



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

Sistema de Control y Protección contra Incendios para el Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Sistemas Embebidos

AUTOR: Javier Andrés Romero Ortiz

TUTOR: Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg.

Ambato - Ecuador

Noviembre - 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA EL HOSPITAL GENERAL DE MACAS EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”, del señor Javier Andrés Romero Ortiz, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Noviembre, 2017

EL TUTOR

Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA EL HOSPITAL GENERAL DE MACAS EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Noviembre, 2017

Javier Andrés Romero Ortiz
CC: 1400516926

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Noviembre, 2017

Javier Andrés Romero Ortiz
CC: 1400516926

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Germán Patricio Encalada Ruiz e Ing. Paulina Ayala, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: "SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA EL HOSPITAL GENERAL DE MACAS EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO", presentado por el señor Javier Andrés Romero Ortiz de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Germán Patricio Encalada Ruiz, M.Sc.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Elizabeth Paulina Ayala Baño, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

ÍNDICE

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO 1	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Delimitación.....	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 2	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes Investigativos.....	5
2.2 Fundamentación Teórica.....	6
2.2.1 Unidad Hospitalaria	6
2.2.2 Teoría del fuego	7
2.2.3 Protección contra incendios	10
2.2.5 Sistema electrónico	14
2.2.6 Microcontrolador	15
2.2.7 Lenguaje de programación	17
2.2.8 Topología de red	19

2.2.9 Comunicación inalámbrica	20
2.2.10 Sistema de alarma	21
2.2.11 Sistema contra incendios	23
2.2.12 Sistema de control automático	28
2.2.13 Válvulas	29
2.2.14 Automatización de accesos	32
2.3 Propuesta de Solución	33
CAPÍTULO 3	34
METODOLOGÍA	34
3.1 Modalidad de la Investigación	34
3.2 Recolección de la Información	34
3.3 Procesamiento y análisis de datos	35
3.4 Desarrollo del proyecto	35
CAPÍTULO 4	36
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	36
Introducción	36
4.1 Factibilidad del proyecto	37
4.1.1 Factibilidad técnica	37
4.1.2 Factibilidad bibliográfica	37
4.1.3 Factibilidad económica	37
4.2 Situación actual del sistema de detección y alarma contra incendios	37
4.2.1 Dispositivos del actual sistema de detección y alarma contra incendios	37
4.2.2 Distribución y modo de operación de dispositivos en el sistema actual	40
4.2.3 Protocolo de comunicación de una emergencia	41
4.2.4 Deficiencias del actual sistema	42
4.3 Requerimientos de la propuesta	44
4.4 Propuesta	44
4.4.1 Diagrama de bloques	45
4.4.2 Detalles de la propuesta	45
4.4.3 Funcionamiento del sistema electrónico	65
4.4.4 Herramientas adicionales	67
4.5 Implementación del sistema	70
4.5.1 Programación del microcontrolador	70
4.5.1 Diagramas del sistema electrónico	72

4.5.2 Ensamblaje del sistema electrónico	74
4.5.3 Diseño de la interfaz de usuario	77
4.5.4 Cableado e instalación de cajetines	80
4.6 Aplicación del sistema y resultados.....	82
Etapa de audio	87
Control de GLP	88
4.7 Presupuesto	89
CAPÍTULO 5	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1 Conclusiones	91
5.2 Recomendaciones	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tetraedro del fuego	8
Figura 2. Adecuación de los extintores según la clase de fuego	9
Figura 3. Clasificación de riesgos del GLP	13
Figura 4. Límites de inflamabilidad en la mezcla AIRE – GLP.....	13
Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema electrónico	14
Figura 6. Topologías de red	19
Figura 7. Sistema de alarma conformado por varios tipos de detectores	22
Figura 8. Panel de control contra incendios	24
Figura 9. Detector de humo	24
Figura 10. Detector de llama SharpEye	25
Figura 11. Estación manual para alarma contra incendios	25
Figura 12. Sirena con luz estroboscópica contra incendios	26
Figura 13. Aspersor de agua contra incendios.....	26
Figura 14. Circuito clase B o detector bifilar.	27
Figura 15. Circuito clase A	27
Figura 16. Elementos de un sistema de control en lazo abierto	28
Figura 17. Diagrama de bloques de un proceso de control automático en lazo cerrado	29
Figura 18. Actuador y cuerpo de una válvula de control	30
Figura 19. Tipos de válvulas de control	31
Figura 20. Dispositivos del sistema de detección y alarma contra incendios	38
Figura 21. Topología mixta aplicada al sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas	41
Figura 22. Diagrama de bloques del Sistema de Control y Protección contra Incendios	45
Figura 23. Diseño del circuito pulsador adaptado a la estación manual	47
Figura 24. Diagrama del circuito pulsador adaptado a la estación manual	48
Figura 25. Amplificador de audio basado en el integrado LM386	49
Figura 26. Diagrama de flujo para la adquisición y procesamiento de datos para la activación de las sirenas de alerta.	51
Figura 27. a) Concentrador de GLP. b) Manómetro y válvula de primera etapa.....	54

Figura 28. Válvula de segunda etapa	54
Figura 29. Diagrama de la instalación de GLP	55
Figura 30. Diagrama de flujo para la adquisición, procesamiento de datos y la activación automática o manual de la válvula solenoide	56
Figura 31. Gráfica de sensibilidad característica del sensor MQ-2	58
Figura 32. Gráfica ratio resistiva vs concentración de GLP para el sensor MQ-2.....	59
Figura 33. Registros del sensor MQ-2 bajo un ambiente saturado de GLP	60
Figura 34. Registros del sensor MQ-2 en unidades ppm	61
Figura 35. a) Acceso a hospitalización. b) Dimensiones del acceso.....	61
Figura 36. Dimensiones del acceso equipado con el sistema VISTA SL	62
Figura 37. Ejemplo de la instalación de un sistema VISTA SL	63
Figura 38. a) Programador UNIPRO. b) Diagrama de pulsadores y switches del sistema VISTA SL.	63
Figura 39. a) Vista frontal del conector db9 hembra. b) socket de 5,5 x 2,1mm	64
Figura 40. Diagrama de la etapa de monitoreo de los cajetines	65
Figura 41. Diagrama de la etapa de monitoreo de las estaciones manuales	65
Figura 42. Diagrama de la etapa de control del GLP	66
Figura 43. Diagrama de la etapa de automatización del acceso a hospitalización	66
Figura 44. Entorno gráfico del Arduino IDE.....	67
Figura 45. Entorno gráfico de Loquendo TTS	68
Figura 46. Entorno gráfico de Wav Sample Rate Convert	68
Figura 47. Entorno gráfico de PCB Wizard	69
Figura 48. Entorno gráfico de App Inventor	69
Figura 49. Pseudocódigo para el método denominado readBoxStatus	70
Figura 50. Pseudocódigo para el método denominado checkForClient	71
Figura 51. Pseudocódigo para el método denominado readMQ2	71
Figura 52. Diagrama eléctrico del Sistema de Control y Protección contra Incendios	72
Figura 53. Diagrama P&ID de las etapas de control del GLP y automatización del acceso	72
Figura 54. Diagrama de entradas del Sistema de Control y Protección contra Incendios	73
Figura 55. Diagrama de salidas del Sistema de Control y Protección contra Incendios	73
Figura 56. Módulo Principal ensamblado	74

Figura 57. Vista frontal del Módulo Principal.....	74
Figura 58. Vista lateral del Módulo Principal	75
Figura 59. Módulo Remoto ensamblado	76
Figura 60. a) Vista frontal del Módulo Remoto. b) Vista posterior del Módulo Remoto	76
Figura 61. Panel de monitoreo visualizada en un navegador web	77
Figura 62. Notificación de fuga de gas	78
Figura 63. Panel de monitoreo y control del sistema	78
Figura 64. Historial global de alarmas del sistema	79
Figura 65. Diagrama de flujo para la gestión de alarmas en la interfaz de usuario	80
Figura 66. Tendido del cable en las instalaciones del Hospital General de Macas.....	81
Figura 67. Instalación de los cajetines de vidrio.....	81
Figura 68. Cableado de pulsadores en los cajetines y estaciones manuales	82
Figura 69. Historial de alarmas y gráficas de monitoreo del sistema implementado.....	83
Figura 70. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Control y Protección contra Incendios....	86
Figura 71. Comparación de los intervalos de tiempo registrados para cada sistema	87
Figura 72. Amplificador de audio basado en el integrado LM386	88
Figura 73. Pruebas de funcionamiento para la etapa de control del GLP	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las redes en base a su alcance	20
Tabla 2. Descripción general de las revisiones del estándar 802.11	21
Tabla 3. Recomendaciones y aplicaciones para cada tipo de válvula	32
Tabla 4. Características de la estación central FDP-7024	38
Tabla 5. Características del detector de humo fotoeléctricos D7050TH	39
Tabla 6. Características de la estación manual FMM-7045	39
Tabla 7. Características del sistema SS-P de sirena con luz estroboscópica	40
Tabla 8. Cantidad total de dispositivos que integran el sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas.....	41
Tabla 9. Registro de alarmas del sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas	43
Tabla 10. Comparativa de módulos de comunicación compatibles con la central FPD-7024.....	46
Tabla 11. Comparativa de dispositivos de hardware libre considerados.....	52
Tabla 12. Características de la válvula solenoide ASCO 8214G020	55
Tabla 13. Características del sensor MQ-2	57
Tabla 14. Valores de sensibilidad del sensor MQ-2 para GLP	58
Tabla 15. Características del sistema VISTA SL-211	62
Tabla 16. Cantidad de hilos por dispositivo conectado al sistema.....	64
Tabla 17. Distribución de pines para los conectores db9 en el Módulo Principal	75
Tabla 18. Distribución de pines para el conector db9 en el Módulo Remoto y Módulo Principal.	76
Tabla 19. Características técnicas del Módulo Principal y Módulo Remoto	77
Tabla 20. Dimensiones de los tramos de cable UTP.....	81
Tabla 21. Cronograma de actividades para la preparación y cableado de las estaciones manuales.	82
Tabla 22. Intervalos de tiempo registrados con el sistema anterior.	84
Tabla 23. Intervalos de tiempo registrados con el sistema implementado.	85
Tabla 24. Intervalos de tiempo promedio registrados para cada evento evaluado.....	86

GLOSARIO

Comburente: Que provoca o favorece la combustión de otras sustancias.

NFPA: Asociación Nacional de Protección contra Fuego (National Fire Protection Association). Organización Americana fundada en 1896 encargada de crear y mantener las normas y estándares mínimos para la prevención, capacitación e instalación de sistemas contraincendios.

GLP: Gas Licuado de Petróleo. Una mezcla de propano y butano, gases que están presentes en el petróleo crudo y el gas natural. Comúnmente utilizado como combustible doméstico, procesos industriales para calentar y secar productos agrícolas o combustible para generación eléctrica.

FACP: Panel de control para alarmas de fuego (Fire Alarm Control Panel).

IDC: Dispositivos de iniciación de alarma.

NAC: Dispositivos de notificación de alarma.

Partes por millón (ppm): Unidad con la que se mide la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

TLV-TWA: Valor Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo (Threshold Limit Value - Time Weighted Average). Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada laboral normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.

GUI: Interfaz gráfica de usuario (Graphical User Interface).

IDE: Entorno de desarrollo integrado o entorno de desarrollo interactivo (Integrated Development Environment).

RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se desarrolla y construye un Sistema de Control y Protección contra Incendios el cual se adapta y complementa las funciones de un sistema comercial anteriormente implementado en el Hospital General de Macas y cuyo principal objetivo es disminuir los casos de falsas alarmas provocadas por las personas que acuden al hospital e incrementar la eficiencia del personal técnico encargado de supervisarlos.

En primera instancia se analizó las opciones tecnológicas para solucionar el problema y darle al proyecto un valor agregado con la integración de dos etapas. La primera de ellas controla el flujo de gas licuado de petróleo (GLP) al área de cocina del hospital mediante el accionamiento automático de una válvula solenoide que impida su circulación en caso de detectarse una fuga. La segunda etapa controla el funcionamiento de un acceso automatizado al área de hospitalización y permite mantenerlo abierto en caso de requerir una evacuación del personal hospitalario. A continuación, se desarrollaron las etapas del sistema tales como: la etapa de adquisición de datos, encargada de captar las señales provenientes de cada dispositivo que integra el sistema, la etapa de procesamiento de la información y la etapa de interfaz del usuario, encargada de presentar los datos recolectados y procesados mediante un navegador web ejecutado desde un dispositivo móvil o un computador.

Con la implementación y uso del sistema, el personal técnico encargado mejoró su eficiencia en respuesta ante una eventual emergencia, es decir, se redujo el tiempo requerido por el operario para identificar y resolver la situación.

Palabras Clave: Sistema Antincendios, Estación Manual, NFPA, GLP, Válvula Solenoide, Comunicación Wi-Fi,

ABSTRACT

In this research it develops and built a Fire Control and Protection System which adapts and complement the functions of a commercial system previously implemented in Macas's General Hospital and whose main objective is to reduce the cases of false alarms caused by people who go to the hospital and increase the efficiency of the technical staff in charge of supervising it.

First, technological options were analyzed to solve the problem and give an added value to project with the integration of two stages. The first one controls the flow of liquefied petroleum gas (LPG) to the kitchen area of the hospital through the automatic activation of a solenoid valve that prevents its circulation in case to detecting a leak. The second stage controls the functioning of an automated access to the hospitalization area and allows to keep it open in case of requiring an evacuation of the hospital staff. Then, the system stages were developed such as: the data acquisition stage, in charge of capturing the signals coming from each device that integrates the system, the information processing stage and the user interface stage, in charge of present the data collected and processed by a web browser executed from a mobile device or a computer.

With the implementation and use of the system, the technical personnel in charge improved their efficiency in response to an eventual emergency. The time required by the operator to identify and resolve the situation was reduced.

Keywords: Fire System, Manual Station, NFPA, LPG, Solenoid Valve, Wi-Fi Communication.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Control y Protección contra Incendios implementado en el Hospital General de Macas, permite mejorar la eficiencia del personal técnico encargado para responder ante un evento de emergencia ya que se reduce el tiempo requerido para identificar y resolver la situación; además la comunidad hospitalaria y pacientes que acuden al hospital se mantienen informados sobre el correcto uso del sistema con el fin de disminuir al máximo los casos de falsas alarmas. El presente trabajo desarrolla las etapas del sistema que son: la adquisición de datos, procesamiento de la información, visualización de la información y actuadores. Los datos adquiridos provienen de un sistema anteriormente implementado en el establecimiento. El procesamiento de datos se basa en un dispositivo Arduino y la visualización de la información mediante una interfaz ejecutable desde un computador o dispositivo móvil.

El presente proyecto de investigación está compuesto por cinco capítulos descritos a continuación:

Primer Capítulo: Se detalla el problema que posee el actual sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas, la justificación y los objetivos propuestos para el proyecto de investigación.

Segundo Capítulo: Consta de los antecedentes investigativos sobre sistemas contra incendios, su diseño e implementación. Además, se desarrolla el marco teórico basado en el tema de investigación.

Tercer Capítulo: Especifica las diferentes técnicas de investigación a las que se recurrió, la forma de obtención y análisis de la información y finalmente las pautas para el desarrollo del proyecto.

Cuarto Capítulo: Se indica detalladamente el desarrollo del prototipo para el Sistema de Control y Protección contra Incendios.

Quinto Capítulo: Se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo y construcción del Sistema de Control y Protección contra Incendios.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Sistema de Control y Protección contra Incendios para el Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago.

1.2 Planteamiento del Problema

A nivel mundial, todos los aspectos de diseño y construcción de edificios públicos y privados se basan en las normas revisadas por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), la cual se formó en Estados Unidos (E.E.U.U.) con el propósito de normalizar el mercado de sistemas de extinción de incendios. Ya desde 1878, después patentarse la primera alarma electromagnética, en E.E.U.U. se fabricó y empleó la primera rociadora de agua automática integrada a un sistema contra incendios, aplicando principios básicos que actualmente todavía se usan. La revolución tecnológica del siglo XX trajo consigo importantes desarrollos a los sistemas de alarmas antincendios, integrando los primeros detectores de humo y calor hasta que, en los años 2000, llegaron al mercado los primeros sistemas de alarma inalámbricos. [1, 2, 3]

Para la prevención y protección contra incendios, en Ecuador se aplican Acuerdos Ministeriales y Reglamentos Oficiales suscritos por Ministerios como el de Inclusión Económica y Social y el de Bienestar Social respectivamente. Es el Benemérito Cuerpo de Bomberos de cada localidad quienes complementan el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios

vigente en Ecuador desde 2009, aplicándolo a cada tipo de riesgo y basándose en las normas internacionales NFPA. [4]

El Hospital General de Macas es una de las más completas unidades médicas de la región amazónica desde su apertura en mayo de 2010. Ubicado en la ciudad de Macas, el hospital atiende un promedio de 300 personas diarias en consulta externa y tiene capacidad de 70 camas. [5] El establecimiento cuenta con un sistema de detección y alarma contra incendios bajo la supervisión del Cuerpo de Bomberos de Macas el cual, con el paso del tiempo, ha revelado varias deficiencias según lo informado y constatado por el personal técnico de la institución. De entre los principales problemas se destaca el de control y monitoreo de ciertos dispositivos que integran el sistema, ya que numerosos casos de falsas alarmas se han producido debido a su incorrecta manipulación por parte de personas que acuden al hospital. En varias ocasiones el sistema ha puesto innecesariamente en alerta a todo el personal hospitalario, provocando molestias, una notable pérdida de tiempo y más importante aún, interrumpiendo los procedimientos médicos y consecuentemente exponiendo el bienestar de los pacientes. Debido a los múltiples precedentes de falsas alarmas y en caso de producirse un evento real de incendio, los operadores del sistema podrían entrar en confusión y entorpecer el accionar del Cuerpo de Bomberos de Macas a quienes les tomaría de 5 a 10 minutos movilizarse hasta el hospital, tomando en cuenta que se encuentra aproximadamente a 3 km de distancia y dependiendo de la densidad de tránsito vehicular al momento del incidente. Adicionalmente, el hospital dispone de una locación donde se almacenan gases inflamables los cuales podrían empeorar la situación, ya que no existe un método de control que impida su circulación durante un eventual incendio.

1.3 Delimitación

Área académica: Física y Electrónica

Línea de investigación: Sistemas Electrónicos

Sublínea de investigación: Sistemas Embebidos

Delimitación Espacial: La investigación se aplicó en el Hospital General de Macas localizado en Macas, provincia de Morona Santiago.

Delimitación Temporal: La investigación se desarrolló en el período abril 2016 – septiembre 2017 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Justificación

En Ecuador existen precedentes de incendios en instalaciones hospitalarias que han puesto en peligro a las personas que allí se encontraban, reportando daños en la infraestructura y provocando cuantiosas pérdidas económicas. Es así que surge la necesidad de desarrollar un Sistema de Control y Protección contra Incendios que permita al Hospital General de Macas disponer de una herramienta electrónica que pueda ser adaptada al actual sistema de detección y alarma contra incendios del establecimiento y mejorar el monitoreo de las alarmas. [6, 7, 8, 9]

El presente proyecto investigativo podrá ser considerado como elemento complementario al sistema de detección y alarma contra incendios actualmente instalado en el hospital, ya que, entre otros factores, hará uso de tecnología inalámbrica para monitorear los dispositivos que lo conforman. Por tanto, el proyecto fomentará al estudio de sistemas electrónicos de control, profundizando en la investigación de sistemas embebidos o de aplicación domótica.

La importancia de la propuesta radica en su objetivo primordial que es disminuir los tiempos de respuesta ante un eventual incendio, minimizando daños en infraestructura y, ante todo, resguardando el bienestar físico del personal interno y pacientes que acuden al hospital, sin mencionar el ahorro de recursos al personal técnico del hospital y Cuerpo de Bomberos de Macas.

El principal beneficiario será el Hospital General de Macas, el equipo de médicos e ingenieros de la institución y principalmente pacientes y usuarios que diariamente acuden al hospital, brindándoles una atención de calidad. De igual manera, el Cuerpo de Bomberos de Macas se verá favorecido pues el sistema propuesto permitirá que desempeñen su labor profesional de manera eficiente y confiable.

Considerando que la tecnología a emplearse en el diseño e implementación se encuentra disponible a nivel nacional y como estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato que cuenta con las competencias formativas necesarias, la realización del presente trabajo de investigación es viable tanto técnica como económicamente.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema electrónico de control para la monitorización de alarmas y protección contra incendios del Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación del actual Sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas.
- Diseñar una interfaz mediante hardware y software libre adaptada al actual sistema de detección y alarma contra incendios para el monitoreo de las alarmas.
- Diseñar un sistema electrónico de protección que controle la circulación de inflamables a la vez que automatiza los accesos del hospital para la evacuación de personal y pacientes.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Recurriendo a los repositorios universitarios se ha encontrado que hasta la fecha se han presentado múltiples trabajos investigativos que exploran el tema de un sistema contra incendios en interiores aplicado a establecimientos privados. La mayoría de estos se centran principalmente en una evaluación de riesgos, procedimientos de seguridad según normas NFPA, sistemas hidráulicos y sistemas electromecánicos necesarios para extinguir un incendio.

En 2013, Flor María Bósquez diseñó un sistema contra incendios para la empresa Adelca C.A. ubicada en la vía Alóag, Sto. Domingo, tomando como base la normativa internacional NFPA. La alta concentración de chatarra en el establecimiento y principalmente la ausencia de un sistema antincendios son motivos por los cuales se desarrolla el proyecto. La autora toma como referencia sus conocimientos en el área industrial para elaborar su propuesta; describe la situación actual de la empresa, diseña el sistema, analiza y evalúa el proyecto para finalmente proyectar un presupuesto necesario para una futura implementación. [10]

Blum, Salazar y Hacay en 2011 rediseñaron el sistema de prevención y protección de incendios para una fábrica procesadora de alimentos de Guayaquil. Los autores hacen hincapié en las normas NFPA para evaluar los riesgos del establecimiento. Después de identificar las áreas más inseguras, rediseñan el actual sistema estimando costos necesarios para una posterior implementación. [11]

En 2016, Guido Yungán Pintag diseñó un sistema de detección y alarma contra incendios para la empresa Axxis Hospital S.A. de la ciudad de Quito basado en el Reglamento de Prevención

Mitigación y Protección contra Incendios e integrando un control de acceso de puertas automático. El autor determina los dispositivos que intervienen en este tipo de sistemas y que cumplen con el reglamento nacional previamente analizado para finalmente desarrollar un plan básico de evacuación hospitalaria y presentar un presupuesto referencial para su implementación. [12]

Roberto Torres en 2011 presenta el análisis, diseño y desarrollo virtual en 3D de los sistemas de detección y extinción de incendios para la terminal de GLP Oyambaro en el que, al igual que los anteriores proyectos, toman en cuenta las normas nacionales e internacionales dando gran importancia al estudio de riesgos desarrollado mediante el método Purl. Su principal aporte a destacar es el diseño del sistema que cuenta con dispositivos electrónicos especializados contra incendios (SCI) además de una HMI para el monitoreo y control. Para mejorar la visualización de la interfaz, se hace un levantamiento de información en 3D animado virtualmente que representa el funcionamiento del sistema. Al final evalúa su propuesta comparando resultados y eficacia con respecto al sistema antincendios vigente y en cumplimiento de las normas y reglamentos. [13]

En 2016, Pareja, Mallorquín, Ayala y Arrúa diseñan un prototipo de sistema de monitoreo y control para detección de incendios capaz de identificar, alertar e inclusive extinguir la presencia de un incendio. El prototipo es controlado mediante una aplicación online que posibilita monitorear remotamente el estado de las dependencias de una residencia en la Ciudad del Este, Paraguay. El proyecto aborda las etapas de: diseño, implementación y pruebas de funcionamiento, demostrando el correcto y confiable funcionamiento del sistema. [14]

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Unidad Hospitalaria

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la unidad hospitalaria es una institución sanitaria que dispone de personal médico, profesionales organizados e instalaciones que ofrecen servicios médicos y de enfermería a los pacientes. Como lo establece el Reglamento General Ecuatoriano de Licenciamiento en los Establecimientos de Salud, las unidades hospitalarias se

clasifican según su disponibilidad de recursos y organización de servicios; así se tienen Unidades Ambulatorias y Unidades de Internación.

Los tipos de establecimientos de salud, codificados de acuerdo a su capacidad resolutive, nivel de atención, complejidad de recursos y subsector de origen serán: Unidades Ambulatorias Públicas, Ambulatorias Privadas, Unidades de Internación Públicas y de Internación Privadas.

Centrándose principalmente en los establecimientos de internación públicos se encuentran definidas las diferentes tipologías: Hospital Básico, Hospital General, Hospital Especializado, Hospital de Especialidades.

Hospital General.- El Hospital General es un establecimiento público o privado de internación que presta servicios de diagnóstico y tratamiento clínico y quirúrgico diferenciado en las especialidades básicas y sus subespecialidades a pacientes de mediano riesgo utilizando recursos para procedimientos de mediana o alta complejidad. Un Hospital General dispone de 50 a 99 camas hospitalarias censables según el Reglamento de Licenciamiento en Establecimientos de Salud. La División Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública del Ecuador señala que un Hospital General provee al menos los servicios básicos de: clínica médica, cirugía, obstetricia y pediatría, además de un número variable de servicios especializados.

Espacio Hospitalario.- El Espacio Hospitalario es el área útil y el equipamiento que dispone una unidad hospitalaria. La construcción de un centro hospitalario puede ser considerada como la más compleja de todas debido a las actividades que en él se desarrollan; tiene un uso residencial, sanitario y en algunos casos, de investigación y uso docente. [15, 16]

2.2.2 Teoría del fuego

El fuego es el conjunto de calor y luz producidos por la combustión producto de una reacción química de oxidación que supone la generación de llamas y la emanación de vapor de agua y dióxido de carbono. Existen cuatro elementos que al combinarse pueden producir fuego como se ilustra en la Figura 1 y se detalla a continuación.



Figura 1. Tetraedro del fuego. Fuente: http://www.uupload.ir/files/zptr_fire-tetrahedron-_D9%87%D8%B1%D9%85_%D8%A2%D8%AA%D8%B4.png

- **Combustible.-** El combustible es una sustancia que es capaz de arder o arde con facilidad. Se lo puede evidenciar en estado sólido, líquido o gaseoso.
- **Comburente.-** El comburente es aquella que favorece la combustión de otras sustancias. Normalmente el oxígeno es el comburente más común que inicia la reacción.
- **Calor.-** El calor es el tipo de energía requerida para que el combustible y comburente generen una reacción en un tiempo y espacio determinado.
- **Reacción en cadena.-** La reacción en cadena se refiere a aquel factor de realimentación que produce la combustión al desprender calor y transmitirlo nuevamente al combustible.

Los tipos de fuego son clasificados según al material inflamable que lo produce. La norma NFPA 10 indica que se tienen varios tipos de fuego que son:

- **Clase A.-** El fuego Clase A es aquel que se produce por materiales combustibles comunes como: madera, tela, papel, caucho o plásticos.
- **Clase B.-** El fuego Clase B es aquel que se produce por: líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes o gases inflamables.
- **Clase C.-** El fuego Clase C es aquel que involucra equipos eléctricos energizados.
- **Clase D.-** El fuego Clase D es aquel que se produce por metales combustibles como: magnesio, titanio, circonio, sodio, litio o potasio.
- **Clase K.-** El fuego Clase K es aquel que involucra combustibles de cocina como: aceites, grasas vegetales o grasas animales.

La protección contra incendios y la clasificación del fuego están asociados al principio fundamental de Riesgo. El riesgo es la posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufran perjuicios o daños. La norma NFPA 10 clasifica los riesgos de incendio de acuerdo a la cantidad de materiales inflamables concentrados en espacios exteriores e interiores y son:

- **Riesgo ligero de incendio.-** El riesgo ligero de incendio se produce cuando la cantidad de combustible clase B concentrado en un área no supera el galón.
- **Riesgo ordinario de incendio.-** El riesgo ordinario de incendio se produce cuando el total de materiales combustibles clase B concentrados en un área es de entre 1 y 5 galones.
- **Riesgo extra de incendio.-** El riesgo extra de incendio se produce cuando la cantidad de materiales combustibles clase B concentrados en un área supera los 5 galones y al mismo tiempo existe gran concentración de combustibles clase A. [17]

Los agentes extintores son aquellas sustancias que, gracias a sus propiedades físicas o químicas, se emplean para sofocar el fuego. Su grado de efectividad y limitación ante cada tipo de fuego se detalla en la Figura 2. Estas sustancias pueden estar en estado líquido, sólido o gaseoso. Los agentes más utilizados en la extinción de incendios son:

CLASES DE FUEGOS		ELEMENTOS EXTINTORES								
		AGUA	AIFF	ANHIDRIDO CARBONICO	POLVO ABC	POLVO BC	HCFC 123	POLVO SECO	WATER MIST	WET CHEMICAL
	Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).	SI Acción de enfriamiento	SI Enfría y sofoca	NO No apaga fuegos profundos	SI Se funde sobre los elementos	NO No es específico para este uso	SI Absorbe el calor	NO No es específico para este uso	SI Absorbe el calor	SI Absorbe el calor
	Líquidos inflamables (naftas, alcoholes y otros).	NO Esparea el combustible	SI Sofoca por medio de película de espumígeno	SI Sofoca por desplazar el oxígeno	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Rompe la cadena de combustión
	Equipos energizados eléctricamente.	NO Conduce la electricidad	NO Conduce la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	NO No es específico para este uso	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad
	Metales combustibles (aluminio, magnesio).	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Es necesario utilizar el polvo adecuado para	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso

Figura 2. Adecuación de los extintores según la clase de fuego. Fuente: <http://k46.kn3.net/taringa/8/8/2/D/C/7/Jonna087/702.jpg>

- **Agua.-** El agua utiliza el principio de enfriamiento del material en combustión para sofocar las llamas. Por su abundancia, es el más común en procesos de extinción de fuego.

- **Solución espumosa.-** La solución espumosa impide el paso de oxígeno que avivan las llamas y efectúa un ligero enfriamiento sobre la zona afectada por el fuego.
- **Dióxido de carbono (CO₂).**- El CO₂ es almacenado bajo presión en extintores portátiles. Aplica un efecto sofocante a las llamas y un ligero enfriamiento de la zona afectada. Las normativas NFPA indican que no debe usarse en áreas con poca ventilación para evitar la asfixia del usuario.
- **Polvo químico seco.-** El polvo químico es una mezcla incombustible de productos finamente pulverizados tales como: bicarbonato de sodio, bentonita, silicato de sodio, entre otros. Actúa formando una capa sobre las llamas y las extingue por ahogamiento. [18]

2.2.3 Protección contra incendios

La protección contra incendios es el conjunto de normas aplicadas en el diseño y construcción de establecimientos públicos o privados para protegerlos contra el fuego. La finalidad de estas normas son las siguientes:

- Salvar vidas humanas.
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Procurar que las actividades en el inmueble puedan reanudarse en el menor tiempo posible.

Preservar el bienestar humano es el principal propósito de las normativas mientras que los otros dos objetivos los imponen las compañías de seguros contra incendios.

Las medidas fundamentales contra incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- **Medidas antincendios pasivas.-** Las medidas pasivas intervienen en primera instancia en la construcción del establecimiento, de tal manera que se facilite la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio mediante caminos, pasillos y escaleras de suficiente amplitud, y en segundo lugar, retardando y confinando la acción del fuego, evitando que se extienda.
- **Medidas antincendios activas.-** Las medidas activas fundamentalmente se ponen en práctica durante el incendio. Estas medidas pueden evidenciarse en: sistemas de detección, sistemas de alarma, señalización de emergencias y sistemas de extinción de fuego. [19]

La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) es una organización fundada en Estados Unidos en 1896 la cual se encargada de crear y mantener las normas para la prevención contra incendios, normas de capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendios. Muchos estados, gobiernos locales e incluso nacionales alrededor de todo el mundo incorporan las normas y códigos elaborados por la NFPA en sus propias legislaciones, ya sea literalmente o con pequeñas modificaciones. Incluso en los casos en que no es requisito de ley, la aplicación de las normas NFPA son generalmente tomadas como referencia a nivel profesional.

Algunos de las normas más conocidas y utilizadas en el mundo son:

- **NFPA 10.-** Es la norma para extintores portátiles contra incendios. Aplicado a la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos extintores portátiles.
- **NFPA 30.-** Es la norma que codifica líquidos inflamables y combustibles. Norma nacional para el etiquetado, manejo y supervisión de líquidos inflamables y combustibles.
- **NFPA 58.-** Es la norma para el manejo y codificación del gas licuado de petróleo.
- **NFPA 70.-** Es la norma más que expone la forma apropiada en instalación de sistemas eléctricos. Se la conoce también como el código eléctrico nacional (NEC®).
- **NFPA 72.-** Es la norma que establece los requerimientos mínimos para instalar inspeccionar, probar y dar mantenimiento a los sistemas de alarma contra incendios.
- **NFPA 101.-** Es la norma que establece los requisitos mínimos para el diseño, operación y mantenimiento de estructuras o establecimientos seguros contra incendios. Se la conoce también como el código de seguridad humana.
- **NFPA 170.-** Es la norma para los símbolos de seguridad contra el fuego. Estandariza los símbolos usados en la representación de riesgos asociados con el fuego. [20]

De entre las normas más conocida cabe destacar la NFPA 10 y NFPA 72, las cuales sirven de base para la selección, instalación, inspección y mantenimiento de dispositivos pertenecientes a un sistema contra incendios. La supervisión de los sistemas de alarma contra incendios se basa en la norma NFPA 72 que, entre otros puntos, señala varios fundamentos para la instalación de los dispositivos que conforma el sistema, define los parámetros para su clasificación y montaje en sitios domiciliarios, predios protegidos y estaciones de supervisión. La norma especifica tópicos tales como:

- Montaje, distribución, clasificación y características de los detectores de humo, calor y llama de acuerdo a la forma, superficie y altura del techo en que serán instalados.
- Montaje y distribución de dispositivos iniciadores de alarma de accionamiento manual.
- Montaje y distribución de dispositivos de notificación de incendio.
- Audibilidad y visibilidad de dispositivos de notificación de incendio.
- Procedimiento de inspección, ensayo y mantenimiento del sistema de alarma. [21]

En 2009 el Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador considera la necesidad de establecer normas técnicas y medidas de seguridad contra incendios mediante un nuevo y actualizado reglamento. En abril de ese mismo año el Ministerio expide el "Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios" considerando los criterios técnicos aplicados a las diferentes realidades locales del país. Este reglamento aplica para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse o ser modificadas, sean públicas, privadas o mixtas y cuyas actividades conlleven la concentración de público, procesos industriales, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro. Aquellas actividades que no constan en el reglamento se someten al criterio técnico profesional del Cuerpo de Bomberos de su jurisdicción. El reglamento especifica tópicos tales como:

- Accesibilidad y medios de egreso en edificaciones.
- Ubicación de extintores de fuego portátiles, señalización e iluminación para la evacuación.
- Características de las fuentes de agua tales como: cantidad de reserva exclusiva, presión necesaria para extinguir el fuego, ubicación de hidrantes y rociadores de agua.
- Instalación y diseño del sistema eléctrico y del sistema de operación con GLP. [22]

En la protección contra incendios interviene también el factor combustible. La codificación, etiquetado y supervisión de líquidos inflamables se basa en la norma NFPA 30, sin embargo, para el manejo específico del gas licuado de petróleo, se hace referencia a normas nacionales e internacionales como: NTE INEN 2266, NTE INEN 2288 y NFPA 58 que en conjunto establecen las propiedades inflamables del gas. La Figura 3. Ilustra la clasificación de riesgos del GLP mediante el rombo NFPA 704.

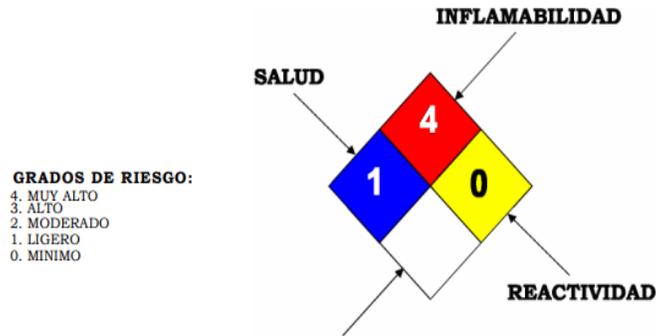


Figura 3. Clasificación de riesgos del GLP. [23]

La Figura 4 muestra los porcentajes de la mezcla AIRE – GLP en que existe riesgo explosivo. La Zona A y B representan mezclas inferiores al 1,8% y superiores al 9,3% de gas licuado que en condiciones ideales de homogeneidad no explotará aún en presencia de una fuente de ignición.

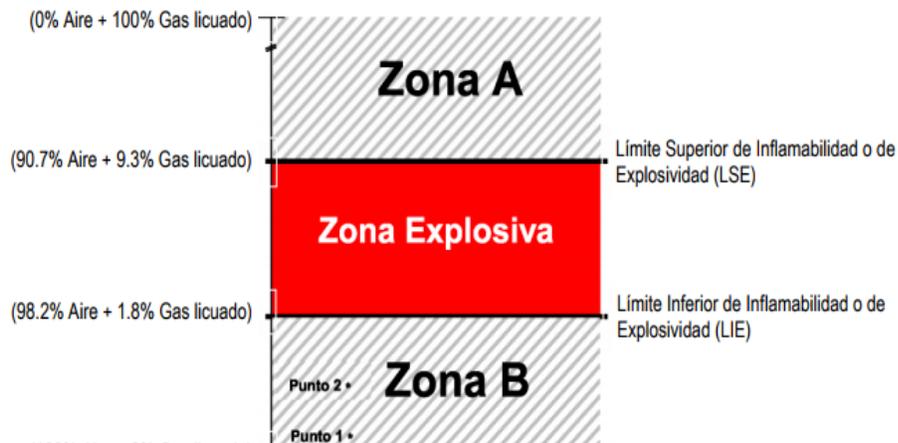


Figura 4. Límites de inflamabilidad en la mezcla AIRE – GLP. [24]

Cabe mencionar que a nivel práctico se deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión. [24, 25, 26, 27] De igual manera, en la práctica existen valores máximos permisibles para la seguridad del operador. Las normativas indican que el valor límite permisible de exposición durante una jornada promedio de trabajo de 8 horas (TLV -TWA) es de 1000 ppm. [24, 28, 29]

2.2.5 Sistema electrónico

Un sistema electrónico, como indica la Figura 5, es un conjunto de sensores, circuitería de procesamiento y control, actuadores y fuente de alimentación que interactúan entre sí para llevar a cabo una función previamente determinada por el usuario.

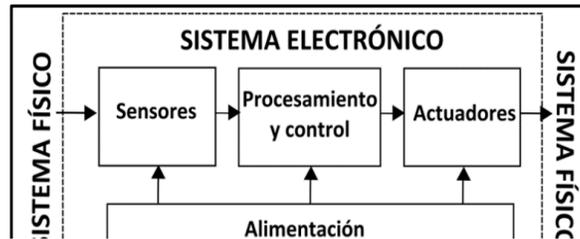


Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema electrónico. [30]

Los elementos que conforman un sistema electrónico se detallan a continuación:

- **Sensores.-** Los sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica que puede ser procesada por la circuitería interna de control.
- **Circuitos internos.-** Los circuitos internos procesan la señal eléctrica de acuerdo a lo que se haya previsto en su diseño. La manipulación de dicha señal dependerá tanto del diseño de hardware y del conjunto lógico de instrucciones que se han programado.
- **Actuadores.-** Los actuadores transforman la señal eléctrica, previamente procesada por la circuitería interna, en energía que actúa directamente sobre el mundo físico externo.
- **Fuente de alimentación.-** La fuente de alimentación proporciona la energía eléctrica necesaria para que el sistema realice el proceso de adquisición y procesamiento de la información. [30]

Para que los sensores, circuitos y actuadores que integran un sistema electrónico trabajen de forma conjunta, es necesario que estén conectados a través de una red interna. Esta red, sea cableada o inalámbrica, suele dividirse en otros tipos de redes según los dispositivos que se interconecten y las aplicaciones que vayan a ofrecer; se tienen así los siguientes sistemas:

- **Sistema centralizado.-** El sistema centralizado es aquel que dispone de un controlador central que recibe los datos de múltiples sensores. Una vez procesada la información, el

controlador genera las órdenes para los actuadores. La interconexión de elementos es de tipo estrella y en su centro se encuentra la unidad de control central. Este sistema no establece comunicación directa entre sensores y actuadores.

- **Sistema distribuido.-** El sistema distribuido es aquel que no posee la figura del controlador central, sino que la capacidad de procesamiento del sistema está distribuida en todos los módulos sean estos sensores o actuadores. Cada elemento dispone de la capacidad para tratar la información que recibe y actuar en consecuencia de forma autónoma para lo cual es necesario un protocolo de comunicación. [31]

2.2.6 Microcontrolador

El microcontrolador es un dispositivo electrónico que posee una unidad central de proceso o CPU, memoria, entradas y salidas. Está orientado a cumplir tareas específicas, acorde a la programación que le haya sido asignada.

Las características generales de un microcontrolador son:

- Bajo coste.
- Pequeño tamaño.
- Amplio campo aplicativo. (electrodomésticos, alarmas, autos, etc.) [32]

Los principales elementos del microcontrolador se describen a continuación:

CPU.- La CPU es el elemento esencial del microcontrolador, es quien determina sus características tanto a nivel físico como lógico y más importante aún, es el encargado de procesar la información que llega a sus entradas y ejecuta una acción en sus salidas en base a las instrucciones programadas, es decir cumple tareas específicas [33]

Memoria.- La memoria de un microcontrolador es un circuito lógico que almacena datos y variables necesarias para ejecutar las instrucciones programadas. Es un conjunto de celdas o locaciones virtuales donde se almacenan cierta cantidad de bits. Existen dos tipos de memoria:

- **Memoria no volátil.-** La memoria no volátil es conocida también como memoria de programa, porque en ella se almacena el conjunto de instrucciones de la aplicación a realizarse. Puede ser ROM, EPROM, EEPROM.

- **Memoria volátil.-** La memoria volátil es llamada también memoria de datos y es la encargada de guardar información acerca de cambios que se producen en la ejecución del programa.

Entradas y salidas.- Las entradas y salidas (input/output) de un microcontrolador permiten intercambiar información entre su estructura interna y los elementos exteriores conectados al mismo. [32, 33]

Modos de comunicación.- Un microcontrolador posee varias formas de comunicación con otros dispositivos entre las cuales se tiene:

- **Comunicación serial (UART/USART).-** La Comunicación asíncrona (UART) y la comunicación síncrona/asíncrona (USART) es aquella cuya función principal es manejar las interrupciones que se dan en el puerto serie que conecta a dos microcontroladores y convertir los datos transmitidos originalmente de formato paralelo a formato serie para que puedan ser receptados e interpretados.
- **Universal Serial Bus (USB).-** El USB consiste en una norma para el bus periférico desarrollada por industrias de computadoras y telecomunicaciones como: Compaq, HewlettPackard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC y Philips orientado a la comunicación de sistemas embebidos.
- **I2C.-** El I2C es una interfaz serie de dos hilos que permite configuraciones de comunicación maestro – esclavo a bajo costo sin requerir mayor velocidad de transmisión.
- **SPI.-** El SPI es una interfaz serie síncrona que utiliza comunicación full-dúplex. Permite configuraciones maestro – esclavo con requerimientos de gran ancho de banda para mayor velocidad de transmisión. [33, 34]

Los microcontroladores tienen varios fabricantes, algunos de ellos son: Motorola, Texas Instruments, Zilog, Toshiba, Intel y Microchip; este último distribuye dispositivos de 8, 16 y 32 bits, a bajo costo y fácil programación, por lo que tiene gran cobertura en el mercado a nivel mundial. Microchip ofrece varias gamas de microcontroladores tales como:

- **Gama baja.-** La gama baja maneja instrucciones de 12 bits, 32 registros de la memoria RAM. Es de tamaño reducido, porque posee 8 pines. [35, 36]

- **Gama media.-** La gama media cuenta con 128 registros de la memoria RAM, maneja interrupciones y el número de pines van desde 18 a 68. Tiene 35 instrucciones de 14 bits.
- **Gama alta.-** La gama alta tienen 58 instrucciones de 16 bits, posee entre 40 a 84 pines y maneja un sistema de gestión de interrupciones avanzada. Cuenta con 32K octetos en la memoria de programa y 902 octetos en la memoria de datos.
- **Gama mejorada.-** La gama mejorada ofrece mayor velocidad de procesamiento que las gamas anteriores, cuya memoria de programa tiene 64K octetos, el número de terminales que poseen van entre 18 y 84. [35]

2.2.7 Lenguaje de programación

Un lenguaje de programación es aquella estructura con base sintáctica y semántica que imparte distintas instrucciones a un programa de computadora, en otras palabras, es un conjunto limitado de palabras y símbolos que representan procedimientos, cálculos, decisiones y otras operaciones que pueden ejecutar una computadora. [37, 38]

La clasificación más común para los lenguajes de programación es la que los divide en lenguajes de bajo y de alto nivel. Los lenguajes de programación de bajo nivel fueron los primeros que surgieron y se llaman así porque están directamente relacionados con el hardware del computador, es decir, el usuario introduce una serie de códigos numéricos que la máquina va a interpretar como instrucciones. El uso de este lenguaje implica que el programador debe conocer el funcionamiento de la máquina al más bajo nivel. Posteriormente, los lenguajes de alto nivel aparecieron con el primer compilador de FORTRAN (FORMula TRANslation), que facilita la labor a los programadores traduciendo un lenguaje de fórmulas al lenguaje ensamblador y, por consiguiente, al lenguaje de máquina. Los tipos de lenguaje de programación se clasifican comúnmente en:

- **Lenguaje de máquina.-** El lenguaje máquina es aquel que consta de cadenas de números binarios (ceros y unos) y es el único que "entienden" directamente los procesadores. Todas las instrucciones programadas en lenguaje de máquina tienen dos partes. La primera es el comando u operación, que dice a la computadora cuál es la función que va a realizar. La segunda parte de la instrucción es el operando, que indica a la computadora dónde hallar o almacenar los datos y otras instrucciones que se van a manipular.

- **Lenguaje ensamblador.-** El lenguaje ensamblador es aquel que hace uso de códigos nemotécnicos para las operaciones y direcciones simbólicas, en otras palabras se sustituyeron los códigos de operaciones numéricos del lenguaje de máquina por símbolos alfabéticos con el fin de mejorar el proceso de creación de programas. Estos programas de ensamble, o ensamblador, también permite a la computadora convertir las instrucciones en lenguaje ensamblador desarrollado por el programador en su propio código de máquina.
- **Lenguaje de alto nivel.-** El lenguaje de alto nivel es aquel que producen una cantidad variable de instrucciones en lenguaje de máquina por cada instrucción del programa fuente, en otras palabras, por una sola “macroinstrucción” se producen varias líneas de código en lenguaje de máquina. Por ejemplo, cuando el programador escribe "ABRIR ARCHIVO", el programa traductor produce una serie detallada de instrucciones en lenguaje de máquina previamente transcritas. Así, ya no es necesario escribir una instrucción por cada operación de máquina realizada.
- **Lenguaje de programación imperativo.-** Los lenguajes imperativos son aquellos en los cuales se le ordena a la computadora cómo realizar una tarea siguiendo una serie de pasos o instrucciones, por ejemplo: paso 1: solicitar número, paso 2: multiplicar número por dos, paso 3: imprimir resultado de la operación, etc. Son considerados lenguajes imperativos a: BASIC, C, C++, Java, Clipper, Dbase, C#, PHP, entre otros.
- **Lenguaje de programación declarativo.-** Los lenguajes declarativos son aquellos en los cuales se le indica a la computadora qué es lo que se desea obtener o qué es lo que se está buscando, por ejemplo: Obtener los nombres de todos alumnos que tengan más de 18 años. Eso se puede lograr con un lenguaje declarativo como: PROLOG, SQL, HTML, WSDL, XML.

Los lenguajes de programación más populares de la actualidad son: Java, C, C++, Python y C#. Así lo asegura el Índice TIOBE basado en diversas variables tales como: número de ingenieros calificados en determinado lenguaje, cantidad de búsquedas online sobre dicho lenguaje, demanda en cursos de capacitación, etc. [37, 39]

2.2.8 Topología de red

La topología de una red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación. También es considerado un método para conectar sistemas y equipos según la forma que adopte dicha interconexión, como se aprecia en la Figura 6.



Figura 6. Topologías de red. a) Topología Anillo. b) Topología Bus. c) Topología Estrella. d) Topología mixta. [40]

La topología de red la determina únicamente la configuración de las conexiones entre sistemas o equipos, pero la distancia entre nodos, interconexiones físicas, tasas de transmisión y tipos de señales no pertenecen a la topología de la red, aunque pueden verse afectados por la misma.

Entre las topologías de red más utilizadas se tiene:

- **Topología estrella.-** La topología estrella es la conexión utilizada por los sistemas centralizados donde existe solo un controlador sobre el que pasa toda la información.
- **Topología anillo.-** La topología anillo es aquella en la que cada dispositivo tiene una única conexión de entrada y otra de salida, es decir, tienen un receptor y un transmisor de tal forma que el dispositivo queda conectado a otros dos formando un anillo.
- **Topología bus.-** La topología bus es aquella que se caracteriza por tener un solo canal de comunicaciones denominado bus o troncal al cual se conectan los dispositivos de forma que estos compartan el mismo canal para comunicarse entre sí.
- **Topología mixta o híbrida.-** La topología mixta es aquella en la que se aplica una combinación entre alguna de las otras topologías. Principalmente podemos encontrar dos topologías mixtas: Estrella/Bus y Estrella/Anillo. La gran ventaja de esta topología es que, si uno de los nodos falla, no afecta al resto de la red. Es por eso que raras veces se diseñan una red utilizando un solo tipo de topología. [40]

2.2.9 Comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica es aquella que permite la transmisión y recepción de información mediante la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio entre el emisor y el receptor. En este caso, los elementos físicos están presentes únicamente en los dispositivos emisores y receptores de la señal, es decir, las antenas de computadoras portátiles, teléfonos móviles, entre otros.

Una red inalámbrica se clasifica según el alcance y tecnología que usa, tal como indica la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las redes en base a su alcance. [41]

CLASIFICACIÓN DE LAS REDES SEGÚN SU ALCANCE			
SIGLAS	DENOMINACIÓN	TECNOLOGÍA	ESTÁNDAR
WPAN	Wireless Personal Area Network	Bluetooth, ZigBee	IEEE 802.15.1 IEEE 802.15.4
WLAN	Wireless Local Area Network	Wi-Fi	IEEE 802.11x
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network	WiMAX	IEEE 802.16
WWAN	Wireless Wide Area Network	GSM	IEEE 802.20

Estándar IEEE 802.11.- El Estándar IEEE 802.11 opera en la banda de 2,4 GHz y especifica velocidades de transmisión de 1Mbps y 2Mbps dependiendo de la distancia emisor/receptor y las condiciones del canal. El estándar utiliza el protocolo de Múltiple Acceso por Detección de Portadora Evitando Colisiones (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA) como método de acceso. En principio presentó dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas lo cual fue corregido en las siguientes revisiones:

- **Estándar IEEE 802.11b.-** El Estándar IEEE 802.11b fue ratificada en 1999 y tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps. Utiliza el mismo método de acceso definido en el estándar original, CSMA/CA. El estándar 802.11b opera en la banda de 2,4 GHz.
- **Estándar IEEE 802.11a.-** El Estándar IEEE 802.11a fue ratificado en 1999 pero comercializado desde el 2001. Opera en la banda de 5 GHz y alcanza velocidades de hasta 54 Mbps debido principalmente a la utilización del método de Acceso Múltiple por

División de Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM) con 52 subportadoras.

- **Estándar IEEE 802.11g.** El Estándar 802.11g se ratificó en 2003. Opera en la banda de 2,4 GHz a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps que en promedio es de 22 Mbps de velocidad real de transferencia y aplica el tipo de modulación OFDM.
- **Estándar IEEE 802.11n.** El Estándar IEEE 802.11n es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11 para mejorar significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores, (802.11b y 802.11g) con un incremento significativo en la velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps. El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE en 2009. [41, 42]

La Tabla 2 muestra un resumen de las características que presenta cada una de las revisiones del estándar 802.11 anteriormente descritas.

Tabla 2. Descripción general de las revisiones del estándar 802.11. [41]

	802.11	802.11b	802.11a	802.11g
BANDA	2,4 GHz	2,4 GHz	5,8 GHz	2,4 GHz
VELOCIDAD TX	1,2 Mbps	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5.5, 6, 9,11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
MODULACIÓN	DHSS, FHSS	DHSS	OFDM	OFDM
COMPATIBILIDAD	-	802.11	Con ninguno	802.11 y 802.11b

2.2.10 Sistema de alarma

Un sistema de alarma es un elemento de seguridad pasiva, lo que significa que no evitan una situación anormal pero sí son capaces de advertir de ella, cumpliendo así su función de alertar al usuario sobre problemas tales como:

- El desbordamiento de fluidos en un proceso industrial.
- La intrusión de personas a lugares no permitidos.
- La presencia de agentes tóxicos en el ambiente.
- Un conato de incendio.

Los sistemas de alarmas son capaces acortar el tiempo de respuesta del usuario en función del problema que se presente con el objetivo de reducir pérdidas económicas y humanas. Un sistema de alarma se compone de varios dispositivos conectados a una central procesadora y estos son:

- **La central procesadora del sistema.-** La central procesadora es la que albergan la placa base, la fuente de alimentación y la memoria central. Es la que recepta las señales que los sensores emiten y actúa en consecuencia, disparando la alarma o comunicándose con el servicio de monitoreo por medio de un transmisor de radio, modem TCP/IP o GPRS.
- **El gabinete de sirena.-** El gabinete de sirena es el elemento más visible desde el exterior del inmueble protegido. Puede tener diferentes sistemas luminosos que funcionan en conjunto con la disuasión sonora. El montaje de una sirena en exteriores es opcional, sin embargo, en interiores resulta obligatorio.
- **Los detectores/sensores.-** Los detectores o sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica. De acuerdo al tipo de problema que el sistema monitoriza, existen diferentes tipos de sensores tales como: detector de movimiento, detector magnético, sensores inerciales o sísmicos, sensores de humo, detectores de fuego entre otros. Como se aprecia en la Figura 7, todos los sensores y actuadores son conectados a la central procesadora. [43]

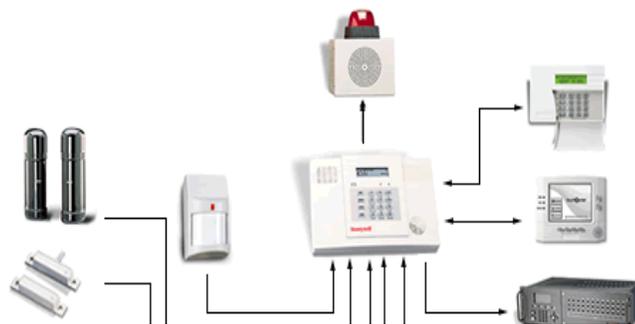


Figura 7. Sistema de alarma conformado por varios tipos de detectores. Fuente: http://1.bp.blogspot.com/-iXwywz1kt8o/UDenAH0RgjI/AAAAAAAAAVM/E2yO7_gUgS0/s1600/alarmas_roboto.gif

2.2.11 Sistema contra incendios

Un sistema de alarma de incendios es aquel que está diseñado para detectar la presencia no deseada de fuego mediante la supervisión de cambios ambientales asociados con la combustión de materiales. El objetivo de un sistema contra incendios es el de informar a los servicios de emergencia locales, preparar los sistemas destinados a controlar la propagación del fuego y humo y alertar al personal del establecimiento para proceder a evacuarlo de ser necesario. Los sistemas de alarma contra incendios pueden ser clasificados según su configuración y la tecnología que utiliza de forma que se tienen los siguientes tipos de sistemas:

- **Sistema de detección convencional.-** Los sistemas de detección convencional son aquellos cuyas instalaciones son concebidas para una máxima duración y mínimo mantenimiento. En caso de incendio, el sistema únicamente señala la zona en conflicto, mas no la ubicación exacta del detector o sensor que la provocó. Asimismo, en un sistema de detección analógico se pueden integrar centrales de detección convencional o de extinción automática del fuego mediante gas o agua, lo que hace de este sistema el más completo en cuanto a sistemas de detección de incendios se refiere.
- **Sistemas de detección y alarma.-** Los sistemas de detección y alarma tienen por objeto localizar rápidamente el incendio y difundir su información para que el personal calificado proceda con su extinción y la personas en peligro inicien la evacuación.
- **Sistemas de rociadores automáticos.-** Los sistemas de rociadores automáticos desempeñan simultáneamente dos funciones con idéntica eficacia: detección y extinción de incendios.
- **Sistemas con hidrantes.-** Los sistemas con hidrantes son equipos que suministran gran cantidad de agua en poco tiempo. Se conecta y forma parte íntegramente de la red de agua específica de protección contra incendios del establecimiento a proteger.
- **Sistemas con extintores.-** Los sistemas con extintores son los más utilizados a nivel no profesional, por su conveniencia, costo y disponibilidad. Los extintores como dispositivos de control de incendios tienen como base la acción del agente extintor. [44]

Los dispositivos que conforma un sistema contra incendios se dividen en iniciadores de alarma y de notificación de incendio. Estos dispositivos son vinculados a los módulos principales de monitoreo y control para conformar el sistema. Existen varios tipos de dispositivos iniciadores y

de notificación con diferentes características de acuerdo a su aplicación. Algunos de estos dispositivos son diseñados para operar únicamente con una marca específica de centrales de control, pero también existen aquellos de uso general que inclusive operan con otro tipo de sistemas de seguridad. Los dispositivos que comúnmente se usan y los parámetros para su montaje se detallan a continuación:

Panel de control.- El panel de control, ilustrado en la Figura 8, es la parte central del sistema de alarma cuya función es la de identificar y controlar todos los dispositivos conectados al mismo.



Figura 8. Panel de control contra incendios. Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR9q_6JKxv0akQxFZZQ6PS-UWmIxndd_p-ZFNZPmJj2_Nen_r8K

Sensor fotoeléctrico.- El sensor fotoeléctrico, ilustrado en la Figura 9, es un dispositivo que identifica el humo producido por la combustión de materiales mediante una cámara de detección óptica. La norma NFPA 72 indica que su ubicación y espaciamiento debe resultar de una evaluación basada en los criterios de ingeniería. Algunas de las condiciones que se deben considerar incluyen: forma, superficie y altura del techo, altura del techo, características de combustión de materiales presentes en la zona y ventilación del ambiente. [21, 45]



Figura 9. Detector de humo. Fuente <http://geformassolucionesweb.com/siem/wp-content/uploads/2012/10/detHumoo.jpg>

Sensor termovelocimétrico.- El sensor termovelocimétrico o detector de llama, ilustrado en la Figura 10, es adecuado para situaciones en las que no conviene usar detectores de humo y donde no exista riesgo humano. La norma NFPA 72 indica que su ubicación y espaciamiento debe resultar de una evaluación basada en los criterios de ingeniería que tome en cuenta: tamaño de la chispa o

brasa a detectar, combustible involucrado, sensibilidad del detector, campo de visión del detector, distancia entre el incendio y el detector y el tiempo de respuesta requerido. [21, 46]



Figura 10. Detector de llama SharpEye. Fuente http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/7938-2626191.jpg

Estación manual.- La estación manual, ilustrada en la Figura 11, es un dispositivo que permite generar una señal de alarma mediante el accionamiento manual de su mecanismo. Básicamente opera como un interruptor de contacto abierto y muchos incluyen indicativos gráficos para demostrar su funcionamiento. Tiene memoria mecánica, es decir, que una vez activada mantiene su estado hasta que sea reiniciada manualmente y por lo general se requiere de una llave para dicho procedimiento. La norma NFPA 72 indica que la parte operable de cada estación manual de alarma de incendio debe estar a no menos de 3½ pies (1,1 m) y no más de 4½ pies (1,37 m) por encima del nivel del piso y deben distribuirse en la totalidad del área protegida de forma que estén libres de obstrucciones y sean fácilmente accesibles. [21, 47]



Figura 11. Estación manual para alarma contra incendios. Fuente <http://www.frisarsac.com/323/estacion-manual-direccionable-mircom.jpg>

Sirena.- Las sirenas son dispositivos de notificación audible para alarmas de incendio. Su sonido alerta a los usuarios y usualmente es un indicativo para poner en marcha un plan de evacuación. Generalmente permiten configuraciones de volumen. La norma NFPA 72 indica que los niveles sonoros promedio superior a 105 dBA requieren el empleo de uno o varios aparatos de señales visibles.

Luz estroboscópica.- La luz estroboscópica, ilustrada en la Figura 12, es un dispositivo de notificación visual que indica una alarma de incendio. Es especialmente útil en casos de gran concentración de humo y generalmente ayudan en los procedimientos de evacuación indicando las

vías de escape. La norma NFPA 72 indica que la velocidad de intermitencia del dispositivo no debe exceder los dos destellos por segundo (2 Hz) ni ser inferior a un destello por segundo (1 Hz) en todo el rango del voltaje certificado del aparato. [21, 48]



Figura 12. Sirena con luz estroboscópica contra incendios. Fuente https://http2.mlstatic.com/S_652-MEC7115864_4375-O.jpg

Rociadores de agua.- Los rociadores o aspersores de agua, ilustrado en la Figura 13, son un sistema constituido por una red de tuberías y regaderas bajo presión constante de agua o aire para sistemas húmedos o secos respectivamente. La simplicidad de su funcionamiento es un elemento clave en caso de provocarse un incendio ya que el aspersor reúne en un solo elemento la función de detección y extinción de incendios. La Norma NFPA 72 indica que, de existir un sistema de advertencia o notificación, los rociadores deberán ser interconectados de manera que se activen los dispositivos de notificación de alarma del establecimiento en un intervalo de hasta 90 segundos después de iniciado el flujo de agua. [21, 49]



Figura 13. Aspersor de agua contra incendios. Fuente: <http://www.seguridadproteccioncontraincendios.es/imagenes/rociador2.jpg>

La conexión de los sistemas contra incendios comúnmente se lo realiza de dos maneras como se detalla a continuación:

Circuito clase B.- El circuito clase B es una conexión que permite detectar el tipo de fallo que presenta el sistema mediante un corto circuito denominado como: estado de alarma, circuito abierto o condición de falla. Para su detección, el panel emite mínima de entre 8 y 20 mA que circula por todos los dispositivos hasta llegara una resistencia de 2,21 K Ω conectada al extremo de la línea. En caso de que dicha corriente aumente su valor, el panel emite un aviso de alarma, caso contrario, en caso de que disminuya su valor, el panel emite un aviso de falla. En caso de un

circuito abierto, los dispositivos conectados después del punto de donde se originó la apertura quedan desconectados eléctricamente como se ilustra en la Figura 14.

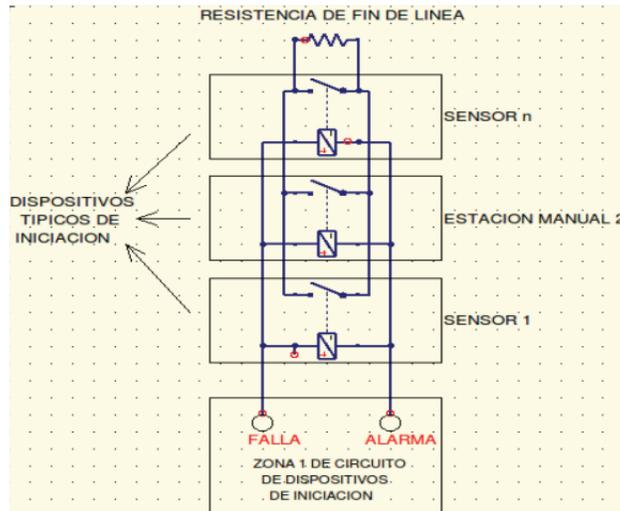


Figura 14. Circuito clase B o detector bifilar. Fuente: Investigador.

Circuito clase A.- El circuito clase A es una conexión similar al circuito clase B. Posee las dos condiciones de estado, pero su principal característica es que la malla de conexión permite que en caso de generarse problemas de conectividad con los dispositivos iniciadores y anunciadores, estos pueden seguir funcionando mediante la integración de dos conductores para que el panel principal supervise la señal de todos los dispositivos. Al igual que los circuitos clase B, la detección de falla se realiza con la medición de la corriente en una resistencia de final de línea. A continuación, la Figura 15 ilustra el funcionamiento del circuito clase A.

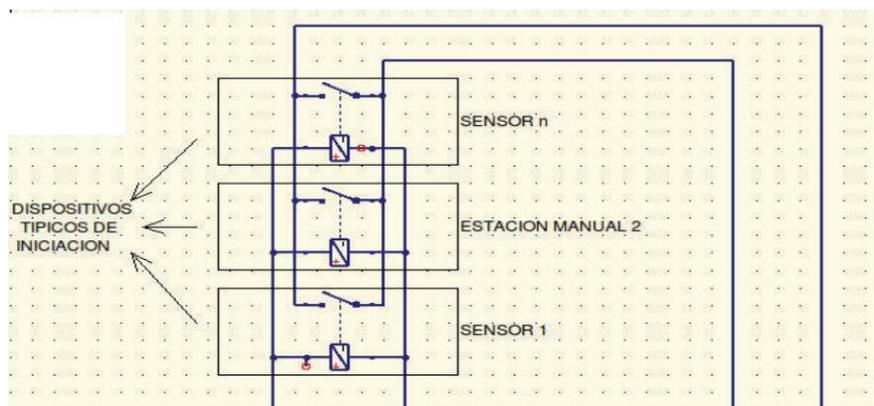


Figura 15. Circuito clase A. Fuente: Investigador.

2.2.12 Sistema de control automático

Un sistema de control automático es aquel que utiliza elementos computarizados electromecánicos para controlar maquinarias o procesos que habitualmente son realizados por operadores humanos.

Un sistema automatizado consta principalmente de dos partes:

- **Parte operativa.** La parte operativa es aquella que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que provocan el movimiento de la máquina y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores: motores, cilindros, compresores, etc y los captadores: fotodiodos, finales de carrera, etc.
- **Parte de mando.** La parte de mando comúnmente es un autómata programable, aunque también en sistemas precarios se hace uso de relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos. El autómata programable debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

Los sistemas de control se dividen en dos clases que son:

Sistema de control en lazo abierto.- Un sistema de control en lazo abierto también denominado sistema no realimentado es aquel que no satisface requerimientos de desempeño críticos por tanto un sistema no complejo, económico pero inexacto. Consta de dos elementos que son: el controlador y el proceso controlado. Como se ilustra en la Figura 16 una señal de entrada r se aplica al controlador, cuya salida u es la señal actuante; la señal actuante controla el proceso de tal forma que la variable controlada y se desempeñe de acuerdo a estándares preestablecidos. El controlador puede ir desde un amplificador, unión mecánica o filtro hasta un microprocesador.

Figura 16. Elementos de un sistema de control en lazo abierto. [50]

Sistema de control en lazo cerrado.- Un sistema de control en lazo cerrado también denominado sistema realimentado es aquel que adapta una conexión desde la salida hacia la entrada del sistema para obtener un control más exacto. La señal controlada y debe ser realimentada y comparada con una entrada de referencia para generar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y la salida para corregir el error. El funcionamiento de un sistema de control realimentado se ilustra en la Figura 17 e inicia con la utilización de captadores o sensores. Se recepta la información sobre el comportamiento de las variables a ser controladas tales como: temperatura, presión, velocidad, espesor o cualquier otra variable física cuantificable. La información receptada se convierte en una señal eléctrica y un computador la compara con un valor de consigna. Si esta señal no concuerda con dicho valor, se genere una señal de control considerada como una nueva instrucción. Esta nueva instrucción acciona el actuador que generalmente son válvulas o motores y que intervienen en el proceso para alterar la señal original aproximándola al valor de consigna. [50, 51]

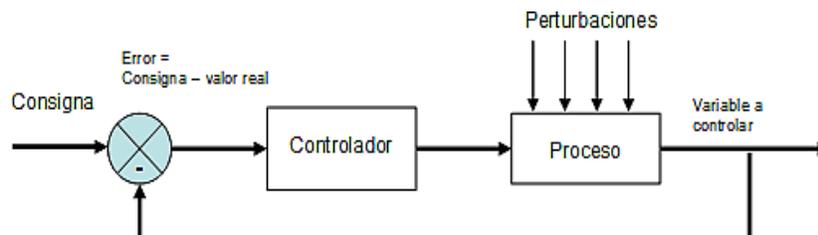


Figura 17. Diagrama de bloques de un proceso de control automático en lazo cerrado. Fuente: http://www.infoagroisp.com/infoagro/riego/images/control_riego_figura6.gif

2.2.13 Válvulas

Una válvula es un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de fluidos mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye uno o más conductos. Sus tamaños según el diámetro van desde una fracción de pulgada hasta poco más de 30ft (9m). Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000lb/in² (140MPa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 815°C (1500°F).

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varía continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada. Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo tal como se ilustra en la Figura 18.

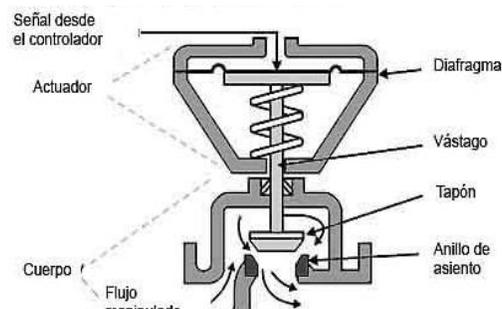


Figura 18. Actuador y cuerpo de una válvula de control. [52, 53]

Las partes de una válvula se detallan a continuación:

- **Actuador.**- El actuador también llamado motor, puede ser accionado de forma neumática, eléctrica o hidráulica. Los más utilizados son neumática y eléctrica debido a su sencillo y rápido accionamiento. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente.
- **Cuerpo de la válvula.**- El cuerpo está provisto principalmente de un obturador o tapón y una serie de accesorios adicionales. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas. El tapón se encarga de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y es accionado en la dirección de su eje mediante un movimiento angular. El vástago es el enlace entre el cuerpo de la válvula y el actuador.

En una electroválvula el solenoide convierte la energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para modificar la posición del vástago. En una válvula neumática, cada valor de presión recibido por dicho dispositivo corresponde a una determinada posición del vástago.

Los tipos de válvulas están destinados a cubrir los cambiantes requisitos de la industria para lo cual se han creado innumerables diseños y variantes conforme se han desarrollado nuevos materiales. Entre las más utilizadas se tienen:

- **Válvula de compuerta.-** La válvula de compuerta es un dispositivo de vueltas múltiples el cual cierra su orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza sobre el asiento.
- **Válvula de globo.-** La válvula de globo es un dispositivo de vueltas múltiples el cual cierra su orificio por medio de un disco o tapón cortando el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.
- **Válvula de bola.-** La válvula de bola es un dispositivo de $\frac{1}{4}$ de vuelta el cual dispone de una esfera que gira entre asientos elásticos, lo cual permite una circulación directa del fluido en la posición abierta y corta su paso cuando la esfera gira 90° .
- **Válvula de apriete.-** La válvula de apriete es un dispositivo de vueltas múltiples el cual cierra su orificio por medio de uno o más elementos flexibles como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre sí para cortar la circulación.
- **Válvula de desahogo.-** La válvula de desahogo es un dispositivo de acción automática para regular la presión soportada. El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y es de lenta apertura conforme aumenta la presión. [52, 53, 54]

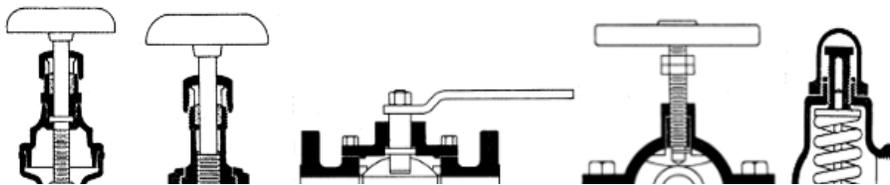


Figura 19. Tipos de válvulas de control. a) Válvula de compuerta. b) Válvula de globo. c) Válvula de bola. d) Válvula de apriete. e) Válvula de desahogo. [53]

La Figura 19 muestra los tipos de válvulas descritos anteriormente y la Tabla 3 detalla sus aplicaciones y recomendaciones.

Tabla 3. Recomendaciones y aplicaciones para cada tipo de válvula. [53]

	RECOMENDADA PARA:	APLICACIONES:
Válvula de compuerta	Servicio de apertura total o cierre total sin estrangulación. Para uso poco frecuente. Para resistencia mínima a la circulación. Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.	Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.
Válvula de globo	Estrangulación o regulación de la circulación. Para accionamiento frecuente. Para cortar el flujo de gases o aire. Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.	Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.
Válvula de bola	Servicio de conducción y corte sin estrangulación. Cuando se requiere apertura rápida. Para temperaturas moderadas. Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.	Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.
Válvula de apriete	Servicio de apertura y cierre. Servicio de estrangulación. Para temperaturas moderadas. Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula. Para servicios que requieren poco mantenimiento.	Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.
Válvula de desahogo	Sistemas en donde se necesita una gama predeterminada de presiones.	Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores.

2.2.14 Automatización de accesos

La automatización de accesos es aquel mecanismo que se basa en el accionamiento de piezas corredizas encargadas de sostener las hojas de las puertas comúnmente confeccionadas en madera, aluminio o cristal templado. El arrastre de dichas piezas corredizas se realiza por medio de una correa dentada de goma, conocida también como correa motriz y generalmente accionada por un motor de 24V. Para que la apertura o cierre de un acceso se realice automáticamente, puede usarse cualquier sensor que posea un contacto abierto de tal forma que el sistema identifique el estado actual del acceso. Los movimientos del mecanismo son controlados por un sistema electrónico que admite ciertas configuraciones, brinda seguridad a los usuarios y evita desajustes del mecanismo.

La automatización de puertas cuenta con niveles de seguridad para evitar lesionar a los transeúntes entre los cuales se tiene:

- **Barrera infrarroja.-** La barrera infrarroja detecta la presencia de una persona que atraviesa el acceso evitando que la puerta se cierre y lesione al transeúnte.
- **Apertura antipánico.-** La apertura antipánico actúa en caso de que algún individuo obstruya el movimiento de las puertas corredizas mientras éstas se cierran.
- **Bloqueo general del sistema.-** El bloqueo del sistema ocurre al producirse alguna falla en el mecanismo de la puerta. [55]

2.3 Propuesta de Solución

La implementación del sistema de control y protección contra incendios en el Hospital General de Macas disminuirá factores de riesgo y mejorará la monitorización de alarmas mediante hardware y software libre para que la atención hospitalaria sea eficiente y confiable, además de colaborar con las labores profesionales del Cuerpo de Bomberos de Macas optimizando tiempo y recursos.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

El presente proyecto se desarrolló utilizando los siguientes tipos de investigación:

Investigación aplicada, porque el objetivo principal fue resolver un problema práctico mediante el diseño e implementación, obteniendo datos comparativos y resultados reales.

Investigación bibliográfica, porque la explicación científica de las variables del proyecto de investigación se realizó basándose en libros, publicaciones y artículos científicos para lo cual se requirió una conexión a internet y consultas en bibliotecas públicas y privadas.

Investigación de campo, porque se apoyó en información proveniente de entrevistas, observación y manipulación directa de los dispositivos con los que actualmente cuenta la institución, lo que permitió plantear la mejor propuesta de solución.

Investigación experimental, porque el desarrollo del proyecto requirió múltiples pruebas operacionales de los dispositivos electrónicos a emplear, recolectando información para corregir errores y pulir defectos.

3.2 Recolección de la Información

La recolección de información se realizó durante las visitas de reconocimiento al hospital, previas al desarrollo del proyecto de investigación mediante métodos de observación y entrevista.

Debido a que fue esencial conocer de primera mano el funcionamiento electrónico del actual sistema, la distribución de dispositivos y su monitoreo, se solicitó información técnica al grupo de

ingenieros del Hospital General de Macas mediante entrevistas, recorridos de observación y manipulación directa del sistema de detección y alarma contra incendios.

3.3 Procesamiento y análisis de datos

Una vez que se ha obtenido la información necesaria para la investigación, esta se procedió a tabular de forma ordenada y sistemática. La información recolectada sirvió de referencia para el diseño del sistema propuesto y su correcto acoplamiento al sistema de detección y alarma contra incendios, siguiendo los parámetros detallados a continuación:

- Revisión de las fuentes bibliográficas tales como: libros, páginas web, tesis, artículos técnicos, y documentos oficiales del Hospital General de Macas.
- Análisis e interpretación de los resultados.

Tras la implementación del presente proyecto, el análisis de los primeros resultados obtenidos permitió detectar errores, verificar omisiones en el código de programación y corregir detalles operativos de forma organizada para lograr optimizar su funcionamiento.

3.4 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se efectuó el siguiente procedimiento:

- Análisis de la situación actual del sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas.
- Determinación del tipo de hardware necesario para el diseño del Sistema de Control y Protección contra Incendios.
- Diseño del sistema electrónico de monitoreo acoplado a la actual infraestructura.
- Diseño del sistema electrónico de control de sustancias inflamables.
- Diseño del sistema electrónico de automatización de accesos en el hospital.
- Determinación del tipo de software necesario.
- Diseño de la interfaz de usuario para monitorear y controlar los dispositivos.
- Acoplamiento del sistema propuesto al sistema de detección y alarma contra incendios.
- Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados para corrección de errores.
- Desarrollo del manual de usuario para facilitar el uso y mantenimiento del sistema.
- Desarrollo del informe final del proyecto.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Introducción

El Hospital General de Macas dispone de un sistema de detección y alarma contra incendios bajo el mando del personal técnico hospitalario y la supervisión del Cuerpo de Bomberos de Macas; debido principalmente a los numerosos casos de falsas alarmas provocados accidentalmente por personas que acuden al establecimiento, desde hace tiempo se ha mantenido latente la opción de renovar las funcionalidades de dicho sistema. En este marco de contrariedades, los problemas técnicos y prácticos que conllevan el mando y supervisión del mismo, han motivado que el personal técnico y administrativo del hospital coincidan en mejorar el sistema de detección y alarma contra incendios como un factor relevante para una atención hospitalaria eficiente y confiable. Por tanto, se propone el diseño del Sistema de Control y Protección contra Incendios con la premisa de facilitar al usuario la función de monitoreo de las alarmas, complementar práctica y tecnológicamente las características del actual sistema sin necesidad de una mayor inversión económica y al mismo tiempo aprovechar la oportunidad para darle al proyecto un valor agregado con la integración de ciertas etapas que exploten la capacidad del hardware y software utilizado.

A continuación, se presenta el desarrollo de la propuesta según lo anterior expuesto.

4.1 Factibilidad del proyecto

A continuación, se detallan los factores que influyen en la factibilidad del proyecto.

4.1.1 Factibilidad técnica

El presente proyecto investigativo es técnicamente factible dado que los equipos y materiales necesarios para su realización se encuentran disponibles en el mercado nacional.

4.1.2 Factibilidad bibliográfica

El presente proyecto se fundamenta también en la disponibilidad de fuentes bibliográficas como libros, revistas técnicas publicaciones y artículos científicos afines al tema, por tanto, es bibliográficamente factible.

4.1.3 Factibilidad económica

El presente proyecto de investigación es económicamente factible puesto que los recursos serán financiados en su totalidad por el investigador.

4.2 Situación actual del sistema de detección y alarma contra incendios

El punto de partida previo al planteamiento de la propuesta es analizar el estado actual del sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas detallado a continuación:

4.2.1 Dispositivos del actual sistema de detección y alarma contra incendios

En su totalidad, los dispositivos electrónicos que integran el sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas pertenecen a la marca BOSCH, una de las muchas empresas del mercado que cuenta con certificación Underwriters Laboratories® (UL). Los equipos que conforman el sistema se ilustran en la Figura 20 y son:

- Central de alarma de incendio FPD -7024.
- Detectores de humo fotoeléctricos D7050.
- Estaciones manuales FMM-7045.
- Sirena con luz estroboscópica de 2 hilos para interiores SS -P.



Figura 20. Dispositivos del sistema de detección y alarma contra incendios. a) Central FPD - 7024. b) Detectores de humo D7050. c) Estaciones manuales FMM-7045. d) Sirena con luz estroboscópica SS - P. [56, 57, 58, 59]

La estación central de alarma de incendio FPD-7024 (FACP) representa el gabinete principal al que se conectan todos los dispositivos iniciadores (IDC) y de notificación (NAC). Una pantalla LCD de 16X2 integrada a la FACP permite visualizar el estado general del sistema y mediante un teclado numérico se programa y configura sus funciones. La estación central soporta 4 sectores lógicos también denominadas Zonas o Loops, es decir, está definida como un sistema no direccionable. Los IDC hacen referencia a los detectores de humo y estaciones manuales mientras que las NAC son las sirenas con luz estroboscópica. Cada Zona soporta hasta 20 IDC y las NAC poseen su propio lazo de conexión. [56]

Las características técnicas de la FACP se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de la estación central FDP-7024. [56]

DATOS ELÉCTRICOS	
Baterías de alimentación	D126 de 12 V, 7 Ah
Corriente (con alarma)	380mA
Corriente (reposo)	200mA
Potencia (primario)	120VCA, 1,2A máximo, 60Hz
Corriente para las IDC	44mA máximo por circuito
Resistencia de líneas IDC	150Ω
Tensión para las IDC	24VCC nominal
Alimentación de las NAC	24 VCC nominal, máximo 4A
CONDICIONES AMBIENTALES	
Humedad relativa	Hasta 95 % sin condensación
Temperatura (en funcionamiento):	0°C a 49°C

Los detectores de humo D7050TH disponen de un LED indicador que destella brevemente cada 6 segundos para verificar que está energizado y funciona correctamente, destella a 1Hz para notificar

problemas de calibración y permanece encendido ante una alarma. Estos dispositivos se encuentran montados al techo en varios puntos del establecimiento e incorpora además un sensor de calor que dispara las alertas del sistema a 57°C. En caso de alarma y para regresar a su estado normal, es necesario introducir el respectivo comando vía teclado numérico en la estación central. [57]

Las características técnicas del detector de humo se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Características del detector de humo fotoeléctricos D7050TH. [57]

DATOS ELÉCTRICOS	
Alimentación	500 μ A nominal máximo 560 μ A en alarma
Interferencias de Radio (RFI)	No se producen alarmas ni alteraciones en el rango de frecuencias críticas de 26 a 950 MHz a 50 v/m
Sensor de calor	Temperatura máxima de 57°C
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (en funcionamiento)	0°C a 38°C

Las estaciones manuales FMM-7045 son dispositivos electromecánicos conectados a la central. Se encuentran instaladas junto a los principales accesos y salidas del establecimiento, permitiendo a las personas activar la alarma en caso de emergencia. Al halar la palanca, esta puede regresar a su posición original únicamente al accionar el mecanismo de liberación mediante la llave maestra custodiada por el personal del Departamento de Mantenimiento. [59]

Las características técnicas de la estación manual FMM-7045 se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de la estación manual FMM-7045. [59]

DATOS ELÉCTRICOS	
Corriente (en alarma o reposo)	0.55 mA
Voltaje nominal	12 VDC
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (en funcionamiento):	0°C a 49°C

El sistema SS-P de sirena con luz estroboscópica son dispositivos de señalización óptica y acústica montados al techo en varios puntos del establecimiento con tres niveles seleccionables de volumen. En estado de alarma la bocina emite un sonido de máximo 88dB y la luz destella a una frecuencia

de 1Hz. Para desactivar la luz destellante y silenciar las bocinas existen dos opciones: ingresar vía teclado al Modo de Silenciado de NAC o reiniciar la estación central. [58]

Las características técnicas de la estación manual FMM-7045 se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Características del sistema SS-P de sirena con luz estroboscópica. [58]

DATOS ELÉCTRICOS	
Corriente en DC (con alto volumen)	147 mA
Corriente en DC (con volumen medio)	144 mA
Corriente en DC (con bajo volumen)	143 mA
Voltaje nominal	12 VDC
Rango de operación	8 V a 17.5 V
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (en funcionamiento):	0°C a 49°C
Humedad relativa	10% a 93% sin condensación

4.2.2 Distribución y modo de operación de dispositivos en el sistema actual

Los IDC están distribuidos en las instalaciones del hospital de tal forma que cubren estratégicamente locaciones con mayor probabilidad de incendio y con mayor afluencia de personal médico y pacientes. De igual manera, se descartan las locaciones propensas a activar constantemente los detectores de humo debido a su alta concentración de gases o polvo.

El sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas es considerado un sistema centralizado de topología híbrida pues sus dispositivos combinan una interconexión de tipo bus/estrella. Los Loops forman una topología bus de dos hilos que a su vez se interconecta a la estación central en forma de estrella. Para el ejemplo de la Figura 21, los Loops 1, 2 y 3 representan las Zonas programadas. En la práctica, cada Zona programada está integrada por varios IDC conectados en serie mediante un circuito clase B también llamado detector bifilar que enlaza con la estación central. La interconexión de dispositivos NAC es independiente de las Zonas programadas pues dispone de un puerto de alimentación separado, en otras palabras, las NAC conforman un Loop independiente.

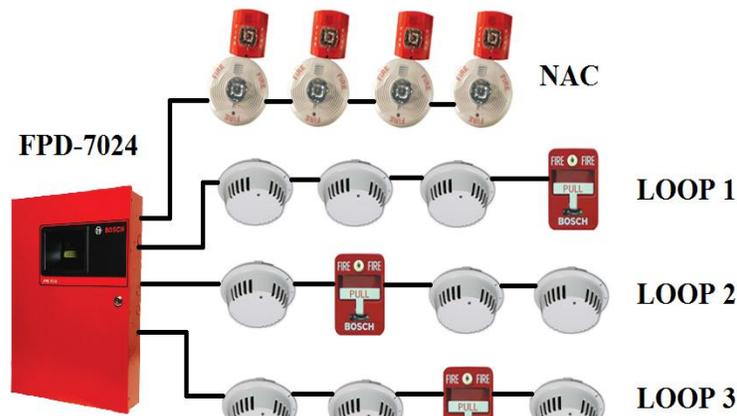


Figura 21. Topología mixta aplicada al sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas. Fuente: Investigador basado en datos recolectados. [56, 57, 58, 59]

El total de dispositivos que integran el sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas se especifica en la Tabla 8 y su ubicación se ilustra en el ANEXO A.

Tabla 8. Cantidad total de dispositivos que integran el sistema de detección y alarma contra incendios en el Hospital General de Macas. Fuente: Investigador basado en datos recolectados.

DISPOSITIVO	CANTIDAD
Detector de humo	35
Sirena/luz estroboscópica	13
Estación manual	7
Panel del sistema	1

4.2.3 Protocolo de comunicación de una emergencia

En caso de alarma y para poder ubicar el sitio en emergencia, es necesario que el operario inspeccione la FACP en donde se puede visualizar el código que identifica a cada Loop. De confirmarse una situación de peligro, los integrantes del Comité Operativo de Emergencia Hospitalaria conformado principalmente por el Gerente del hospital, Director Médico, Jefe de emergencias y Jefe de mantenimiento, evalúan la situación y la clasifican de acuerdo al grado de emergencia detallado en el Plan de Emergencias y Desastres del Hospital General de Macas. Todo el personal hospitalario es informado sobre la situación mediante: radios, celulares y altoparlantes. Cabe mencionar que el Plan de Emergencias contempla el procedimiento a seguir en caso de conmoción social, amenaza interna, amenaza externa, amenaza natural, entre otros. Además, menciona los nombres que conforma los equipos o brigadas de atención médica, triaje, ayuda

psicosocial, seguridad, etc. Finalmente, a cada equipo se le designa su respectiva actividad o tarea y su ubicación dentro del hospital de acuerdo a la identificación de zonas seguras.

Los grados de emergencia detallados en el Plan de Emergencias y Desastres del Hospital son:

- **Grado I.-** El grado I representa un evento, amenaza interna o externa que permite una respuesta rápida, oportuna, e integral por parte del servicio de emergencia del Hospital.
Un ejemplo aplicado al presente proyecto investigativo sería un conato de incendio cuya extensión pueda ser contenida y no supere los 2 m². Este caso puede ser controlado mediante el uso de extintores portátiles.
- **Grado II.-** El grado II representa una presunta amenaza o evento que pueda ocasionar riesgo inminente a la población, pero a la vez, no supera la capacidad de respuesta del servicio de emergencia del Hospital.
Un ejemplo aplicado al presente proyecto investigativo podría ser un eventual incendio cuya extensión no supere los 4 m² y se requiera el uso del sistema de hidrantes y/o la intervención del Cuerpo de Bomberos de Macas.
- **Grado III.-** El grado III representa un evento o amenaza que supera la capacidad operativa servicio de emergencia del Hospital.
Un ejemplo aplicado al presente proyecto investigativo podría ser un incendio cuya extensión supera los 4 m². En este caso, se procede a formar las brigadas para movilizar pacientes, personal médico, administrativo y de servicio hacia las vías de evacuación o zonas seguras. La intervención del Cuerpo de Bomberos de Macas es un factor imperativo.

La voz autorizada para declarar el final de la emergencia en el Hospital General Macas es la del Presidente del Comité Operativo de Emergencia Hospitalaria o en su defecto la del Gerente posterior a la evaluación técnica que realice el Comité Operativo de Emergencias (COE). [60]

4.2.4 Deficiencias del actual sistema

El actual sistema del Hospital permite detectar e informar sobre una situación de peligro, pero ya que las Zonas programadas están integradas por varios IDC, resulta problemático ubicar el punto exacto de la emergencia. En caso de falsa alarma, a más de provocar molestias al personal institucional y hospitalario, el problema son los inconvenientes prácticos que supone el reseteo y puesta a punto del sistema sin mencionar la gran pérdida de tiempo que conllevan el procedimiento

de: consultar el estado de la FACP, trasladarse al lugar del incidente, identificar el dispositivo accionado, la causa de su activación, solucionar el problema y, de ser necesario, retornar a la estación central para resetearla. Este problema se agudiza aún más, si tomamos en cuenta que existen únicamente 3 técnicos capacitados para supervisar el sistema.

Cabe mencionar que, de acuerdo al Registro de actividad del Sistema de Detección y Alarma contra Incendios que lleva el Departamento de Mantenimiento del Hospital, comúnmente se producen falsas alarmas debido a la activación de aquellas estaciones manuales situadas en zonas de aglomeración y al alcance de los pacientes que acuden al hospital quienes, por desinformación o completo desconocimiento, proceden a activarlas deliberadamente. En contraste, los detectores de humo se activan en circunstancias como: detección de una fuente de humo, exceso de polvo ambiental y en casos aislados, por mal funcionamiento del dispositivo. En resumen, los factores que influyen en la problemática son:

- Numerosos casos de falsas alarmas.
- Desinformación de personas que acuden al hospital.
- Tiempo requerido para identificar y solucionar el problema. [61]

Por tanto, como se detalla en la Tabla 9, se puede afirmar que el principal causante de falsas alarmas son las estaciones manuales ubicadas en la Entrada Principal, Laboratorio y Emergencia.

Tabla 9. Registro de alarmas del sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas [61]

EVENTO	UBICACIÓN	FECHA	CAUSA/SOLUCIÓN
Estación manual activada.	Emergencia	02/01/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Detector de humo activado.	Hospitalización	29/01/2016	Exceso de polvo /Limpieza del dispositivo.
Estación manual activada.	Entrada Principal	07/04/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Detector de humo activado.	Hospitalización	18/04/2016	Exceso de polvo /Limpieza del dispositivo.
Estación manual activada.	Entrada Principal	09/08/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Laboratorio	27/08/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Detector de humo activado.	Residencia hombres	30/08/2016	Exceso de polvo /Limpieza del dispositivo.

Estación manual activada.	Laboratorio	05/10/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Entrada Principal	26/10/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Entrada Principal	19/12/2016	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Detector de humo activado.	Gerencia	21/01/2017	Falla del dispositivo/Resetear el sistema.
Estación manual activada.	Laboratorio	13/03/2017	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Entrada Principal	01/05/2017	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Emergencia	31/05/2017	Falsa alarma/Resetear estación manual.
Estación manual activada.	Entrada Principal	19/07/2017	Falsa alarma/Resetear estación manual.

4.3 Requerimientos de la propuesta

Según las deficiencias identificadas en el sistema de detección y alarma contra incendio del Hospital General de Macas y de acuerdo a lo manifestado por el personal técnico del Departamento de Mantenimiento adjunto en el ANEXO B, se determinó los requerimientos que la propuesta debe cumplir y estos son:

- Monitoreo remoto de los dispositivos iniciadores de alarma.
- Opción de controlar el flujo de GLP suministrado al área de cocina del hospital.
- Opción de controlar la apertura automática del acceso al área de hospitalización.

4.4 Propuesta

Acorde a los requerimientos de la propuesta y las deficiencias reveladas en el sistema de detección y alarma contra incendios, se optó por desarrollar un sistema electrónico basado en hardware libre que reciba y procese las señales de estado de cinco estaciones manuales incluyendo las más vulnerables y propensas a generar falsas alarmas como aquellas ubicadas en: Laboratorio, Emergencia y Entrada Principal. La condición lógica que presenten dichas estaciones manuales es reinterpretada como datos que se registran en un servidor web desde el cual un operario pueda monitorearlos mediante una interfaz ejecutada desde un dispositivo móvil o un computador.

El sistema incluirá dos etapas encargadas de controlar los mecanismos de automatización para el flujo de GLP al área de cocina y el acceso al área de hospitalización. Mediante la interfaz, el usuario también tendrá la posibilidad y responsabilidad de accionar dichas etapas independientemente de las condiciones lógicas que presente el sistema a la vez que supervisa el estado de todos los dispositivos.

4.4.1 Diagrama de bloques

El sistema adquiere los datos provenientes del actual sistema de detección y alarma contra incendios. Los datos son procesados por un microcontrolador integrado a un dispositivo de hardware libre y registrados en un servidor web; dicha información se visualiza en una interfaz ejecutada desde un computador o dispositivo móvil. Finalmente, la etapa de actuadores podrá ser controlada de forma automática según los datos registrados, o mediante el operario de forma manual si así lo dispone. El diagrama de bloques se ilustra a continuación en la Figura 22.

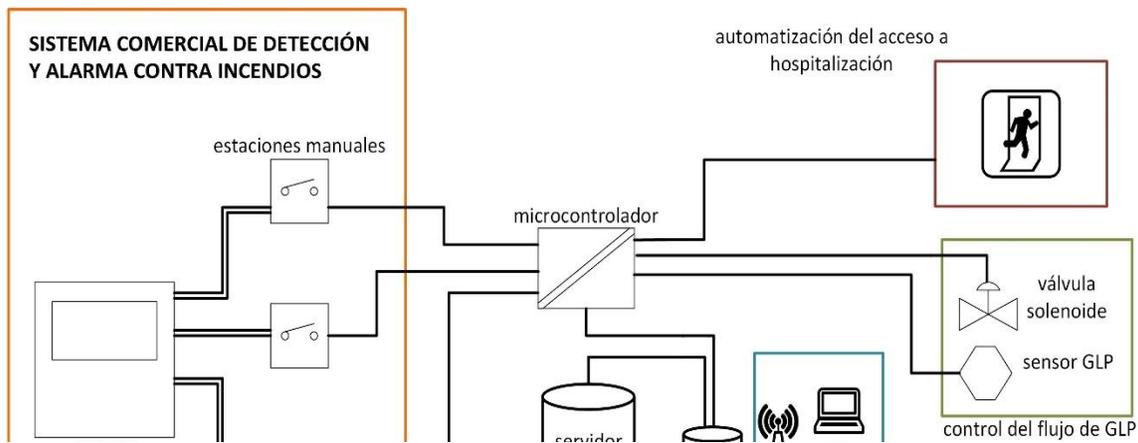


Figura 22. Diagrama de bloques del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Fuente: Investigador. [30]

4.4.2 Detalles de la propuesta

A continuación, se detalla el sistema propuesto en sus etapas de adquisición de datos, procesamiento de la información y actuadores.

Adquisición de datos

Para monitorear el estado lógico de las estaciones manuales se consideró adaptar ciertos módulos de adquisición de datos cuyos detalles y características se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10. Comparativa de módulos de comunicación compatibles con la central FPD-7024. [62, 63, 64]

MÓDULO	Anunciador LED de ocho Zonas D7032	Módulo de interfaz de serie/USB DX4010V2	Módulo de comunicación Ethernet B426
			
Interfaz TX/RX	Ninguna	Serial. RS-232/USB	Ethernet. RJ-45
Requerimiento adicional	Ninguno	Módulo de expansión D7039. Bus de datos, Software de Programación Remota (RPS).	Módulo de expansión D7039. Bus de datos, RPS.
Utilidad	Señalización óptica de Zonas – Loops en conflicto o alerta.	Establece conexión modo serial entre el panel de control y una PC, impresora serie o aplicaciones de otros fabricantes. Permite administrar el sistema.	Comunicación dúplex IPv4 e IPv6. Permite administrar, controlar y programar remotamente el panel de control.
Ventaja	Es posible tomar directamente la señal ON/OFF de los LEDs que representan a cada zona.	Dispone de puertos serie dedicados propiamente para aplicaciones externas para administrar el sistema.	Dispone de un puerto Ethernet dedicado a la administración remota del panel de control.
Desventaja	No aporta ninguna utilidad. No identifica la activación individual de un IDC.	Se requiere analizar la cadena de bits transmitidos por el módulo a través de un RPS.	Se requiere analizar la trama Ethernet que transmite el módulo a través de un RPS.
Precio	22 USD	118 USD	418 USD

Los módulos DX4010V2 y B426 permiten una completa administración remota del sistema, sin embargo, requieren de un Software de Programación Remota (RPS) para establecer comunicación con la estación central lo que implica el uso indispensable de un computador (PC). Con el uso de un RPS se limitaría la utilidad del sistema propuesto y se confinaría su función de monitoreo para el uso de un solo dispositivo o PC. Por otro lado, el anunciador LED D7032 no permite identificar el estado individual de un IDC cumpliendo así la misma función de la FACP, es decir, no aporta ninguna utilidad.

Ya que ninguna de las opciones consideradas cubre satisfactoriamente los requerimientos de la propuesta planteada, sin mencionar que el costo de estos módulos elevaría innecesariamente la inversión económica, se optó por diseñar un circuito basado en la mecánica de un pulsador y la configuración de una resistencia *pull down* adaptado a cada estación manual. El circuito detectará la activación de cada estación manual y operará independientemente de las condiciones lógicas y energéticas de la FACP. A continuación, se procede a realizar los cálculos y determinar los valores de los elementos para el circuito que se muestra en la Figura 23.

Se aplica la ley de Ohm:

$$V = I \times R$$

Ecuación 1

Dónde: V: voltaje [V]
 I: corriente [A]
 R: resistencia [Ω]

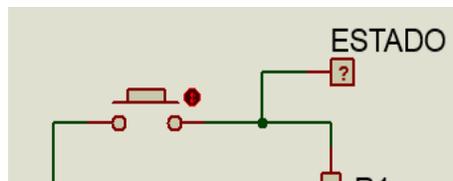


Figura 23. Diseño del circuito pulsador adaptado a la estación manual. Fuente: Investigador.

La caída de voltaje en la resistencia R1 es igual al de la fuente y ya que se ha optado por una resistencia de carga igual a 220 Ω , los valores de la Ecuación 1 pueden ser reemplazados por: $V = 5[V]$ y $R1 = 220[\Omega]$ Al despejar I de la Ecuación 1 y reemplazando los valores de V y $R1$ se obtiene la corriente que circula por el circuito:

$$I = 0.02272[A] = 22.72[mA]$$

Debido a que los valores comerciales de las resistencias poseen una tolerancia de 10% o 5%, la corriente real no será exactamente la calculada.

Para determinar la potencia que soporta la resistencia se aplica la ecuación:

$$P = V \times I$$

Ecuación 2

Dónde: P: potencia [W]

V: voltaje [V]

I: corriente [A]

Al despejar P de la Ecuación 2 y reemplazando los valores V e I calculados anteriormente se obtiene la potencia que soporta la resistencia de carga:

$$P = 5 \times 0.02272 = 0.1136[W]$$

Los valores comerciales de las resistencias admiten potencias que van desde $1[W]$ a $\frac{1}{8}[W]$. Por tanto, finalmente se optó por una resistencia de $\frac{1}{4}[W] = 0.25[W]$.

El funcionamiento del circuito se ilustra en la Figura 24 y se detalla a continuación:

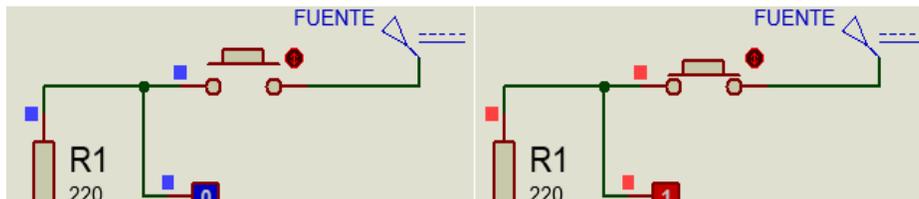


Figura 24. Diagrama del circuito pulsador adaptado a la estación manual. a) Estado 0 lógico/alarma. b) Estado 1 lógico / no alarma. Fuente: Investigador.

- El pulsador se mantiene presionado por el contacto con la palanca de la estación manual siempre y cuando esta se encuentre en su posición normal que indica “NO ALERTA”. Esto

significa que en todo momento la unidad de procesamiento recibe 1 lógico en el puerto de entrada digital.

- Al tirar de la palanca, el pulsador es desactivado e indica una situación de “ALERTA”, en consecuencia, el circuito transmite un 0 lógico a la unidad de procesamiento.

Adicionalmente y para minimizar los casos de falsas alarmas, se implementará un cajetín de vidrio para cubrir la estación manual el cual incorporará la misma mecánica de un pulsador y una resistencia *pull down* que detecte su apertura y cuyo funcionamiento sea idéntico al explicado anteriormente en la Figura 24. En caso de que el cajetín sea abierto, la unidad de procesamiento recibirá un 0 lógico y automáticamente reproducirá un audio a través de un parlante de 8 Ω instalado dentro del mismo cajetín el cual informará: “La estación manual debe ser activada solo en caso de emergencia.”

Para la salida de audio se requerirá implementar una etapa de amplificación dado el caso que la corriente suministrada por la unidad de procesamiento resulta insuficiente como para acoplarla directamente a un parlante. Es así que se ha optado por un circuito basado en el integrado LM386, un amplificador que requiere un bajo voltaje tanto en la alimentación como en la entrada de audio. Al energizar el circuito con 9V, este consume 4mA y se puede obtener hasta 0,5W de potencia en la salida con solo un 0,2% de distorsión armónica.

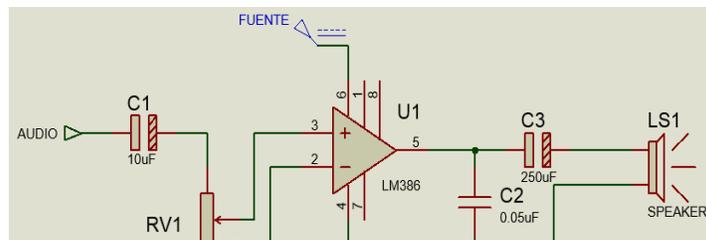


Figura 25. Amplificador de audio basado en el integrado LM386. [65, 66]

El circuito mostrado en la Figura 25 se basa en el integrado LM386 y está configurado con 7 elementos adicionales que son: un capacitor (C1) que elimina la componente continua de la corriente que pudiera provenir de la fuente de audio, un potenciómetro (RV1) que funciona como divisor de tensión y por lo tanto como ajuste de volumen, una red compuesta por un capacitor (C2) y una resistencia (R2) que mejoran la estabilidad del circuito, un capacitor (C3) que elimina la componente continua de la corriente que pudiera generar el circuito integrado y finalmente un parlante de audio (LS1) que emite las ondas sonoras. Además, el circuito integrado dispone de dos pines para modificar su ganancia estándar de 20 (26dB) e incrementarla hasta 200 (46dB) dependiendo del valor de capacitancia conectada entre los pines 1 y 8. Tomando en cuenta que el voltaje de los pines en Arduino es de 5V y la corriente que consume el integrado es de 4mA, se procede a calcular la potencia de entrada en el circuito amplificador aplicando la Ecuación 2.

$$P = 5 \times 0.004 = 0.02[W]$$

Para determinar la potencia que se obtendrá con la implementación del amplificador se aplica la ecuación que relaciona la potencia de salida respecto a la potencia de entrada en un sistema:

$$g_T = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Ecuación 3

Dónde: P_{out} : potencia de salida [W]

P_{in} : potencia de entrada [W]

g_T : ganancia

Al despejar P_{out} de la Ecuación 3 y reemplazando los valores de $g_T = 20$ y $P_{in} = 0.2[W]$ se obtiene la potencia de salida en el circuito amplificador:

$$P_{out} = 20 \times 0.2 = 0.4[W]$$

El diagrama de flujo en la Figura 26 muestra el procedimiento del sistema propuesto y del operario ante una eventual situación de emergencia.

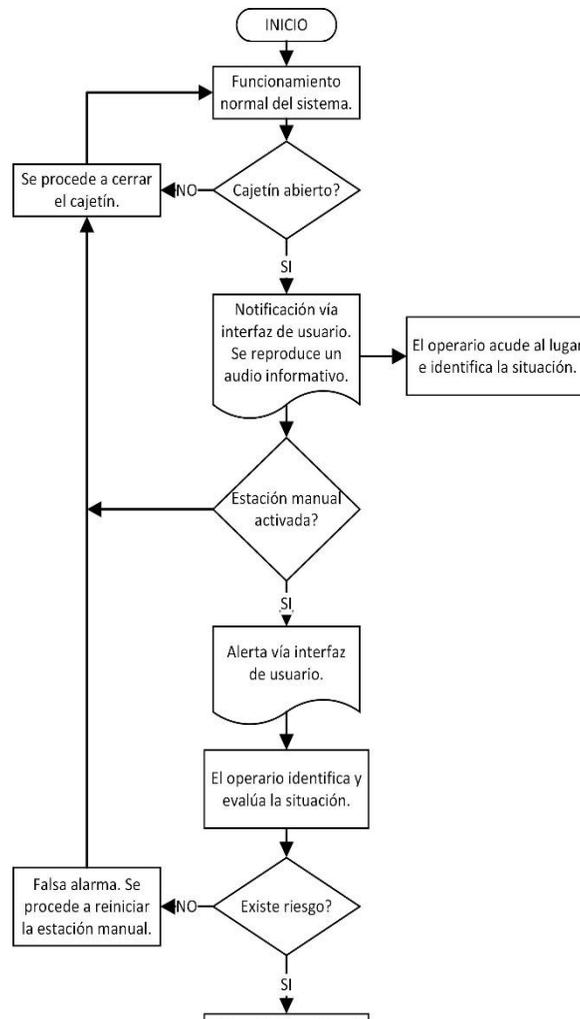


Figura 26. Diagrama de flujo para la adquisición y procesamiento de datos para la activación de las sirenas de alerta. Fuente: Investigador.

A continuación se detalla el diagrama de flujo mostrado en la Figura 26.

- El pulsador instalado en el cajetín detectará su estado. Cuando el cajetín sea abierto, se le notifica al personal técnico mediante la interfaz de usuario al mismo tiempo que se reproduce un audio informativo por medio de un parlante instalado dentro del cajetín.
- El operario del sistema procede a verificar la situación y se encarga de resolverlo.
- El pulsador instalado en la estación manual detectará su estado. Cuando la palanca es halada, se le notifica al personal técnico mediante la interfaz de usuario y se muestra la ubicación de la alarma. La gestión de alarmas se basa en la norma ISA 18.2.

- El operario del sistema procede a evaluar la situación y si realmente existe riesgo, se pone en marcha el Plan de Emergencias y Desastres del Hospital General de Macas, caso contrario, se procede a reiniciar la estación manual y el sistema.

Unidad de procesamiento

Para la etapa de procesamiento de la información se requiere determinar la unidad de hardware libre y su correspondiente microcontrolador que cumpla con las siguientes características:

- Puerto de comunicación integrado o adaptable de Ethernet RJ-45 o Wi-Fi.
- Suficiente capacidad de memoria y velocidad de procesamiento. Al menos 30 KB de memoria ROM y 3 KB de memoria SRAM.
- Suficiente cantidad de pines configurables para la adquisición de datos, conectar las etapas de control y las salidas de audio. Al menos 16 pines de entrada/salida.

Los módulos considerados para el procesamiento de datos se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Comparativa de dispositivos de hardware libre considerados. [67, 68, 69, 70, 71, 72, 73]

MÓDULO	Philips 89C5X	Arduino Mega 2560	Waspote v1.0
			
Microcontrolador	Philips 89C5X	ATmega2560	ATmega1281
Clock Speed	33 KHz	16 MHz	8 MHz
Memoria ROM	4/8/16/32 KB	256 KB	128 KB
Memoria SRAM	256 B	8 KB	8 KB
Interfaz de comunicación	Serial. Ethernet (adaptable).	Ethernet: 10/100mbps. Wi-Fi: 802.11b/g/n (mediante shields adaptables)	Wi-Fi: 802.11b/g/n.
Pines digitales	8 I/O	54 I/O	8 I/O
Utilidad	Puede ser adaptado a cualquier proyecto electrónico a través de su interfaz serial.	Se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios.	Especialmente diseñado para crear Redes Sensoriales Inalámbricas outdoor de larga durabilidad y destinados a ser desplegados en un escenario real.
Precio	3,55 USD	30 USD	245 USD

Finalmente se optó por el módulo Arduino Mega 2560 ya que ninguna de las otras opciones satisface los requerimientos planteados. La cantidad de entradas/salidas (I/O) digitales disponibles en Arduino permiten acondicionar la etapa de adquisición de datos y actuadores. Cabe mencionar que resulta indispensable la adquisición de una shield Ethernet para establecer la comunicación en red con el servidor web. Además, dicha tarjeta de comunicación Ethernet dispone de una ranura para conectar una memoria microSD, ideal para almacenar el archivo de audio informativo que se reproducirá al abrir un cajetín.

Cabe mencionar que las características de la shield Ethernet W5100 exigen que se reserven ciertos pines para su correcto desempeño e intercomunicación con el módulo Arduino los cuales son:

- Los pines 50, 51 y 52 para la comunicación con el módulo W5100 y la microSD mediante el bus SPI. El pin 53 se reserva para el correcto funcionamiento del bus SPI.
- Debido a que el módulo W5100 y la tarjeta SD comparten el bus SPI, sólo uno puede estar activo a la vez. El pin 4 selecciona la microSD y el pin 10 selecciona el módulo W5100.
- El pin 2 para interrupciones. [74]

Por tales motivos se decidió usar los pines 36-45 para recibir las señales de estado provenientes de las estaciones manuales y cajetines. La librería TMRpcm, encargada de procesar el audio en Arduino, detalla específicamente los pines a ocupar para la salida de audio que son: 5, 6 y 11. Por lo tanto, tres de los cinco cajetines incorporarán la etapa de audio. Cabe mencionar que dicha librería exige ciertos parámetros técnicos que debe cumplir el archivo de audio los cuales son:

- Formato del archivo: WAV/PCM.
- Bits por muestra: 8bits.
- Muestras por segundo: máximo 16KHz.
- Canal de audio monoaural.

Control de GLP

Para controlar el flujo de GLP hay que tomar en cuenta que el establecimiento hospitalario posee un depósito donde se almacenan los tanques de GLP a una distancia prudencial fuera de las instalaciones hospitalarias y en cumplimiento con las normativas nacionales como se aprecia en la

Figura 27a. [25, 26] La Figura 27b ilustra las instalaciones en la central de GLP donde se utiliza dos concentradores de cuatro entradas canalizadas hacia un manómetro, ilustrado en la Figura 27c, adaptado previamente a la válvula de primera etapa.



Figura 27. a) Concentrador de GLP. b) Manómetro y válvula de primera etapa. Fuente: Investigador.

Posterior a la válvula de primera etapa, una tubería de cobre canaliza el gas hacia la cocina del hospital. Con un diámetro de 1/2 pulgada, la tubería distribuye el gas a las hornillas de las cocinas no sin antes atravesar la válvula de segunda etapa, mostrada en la Figura 28, la cual podrá ser reemplazada por la electroválvula.



Figura 28. Válvula de segunda etapa. Fuente: Investigador.

Después de que la válvula de control reemplace a la válvula de segunda etapa, la instalación de GLP quedaría modificada de tal forma como se muestra en la Figura 29. Para lo cual, la válvula solenoide debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Dimensión: 1/2'' de diámetro.
- Capacidad de presión soportada: 2,5 bar.
- Seguridad para el manejo de combustibles (explosion proof).
- Modo de operación: Normalmente abierta.

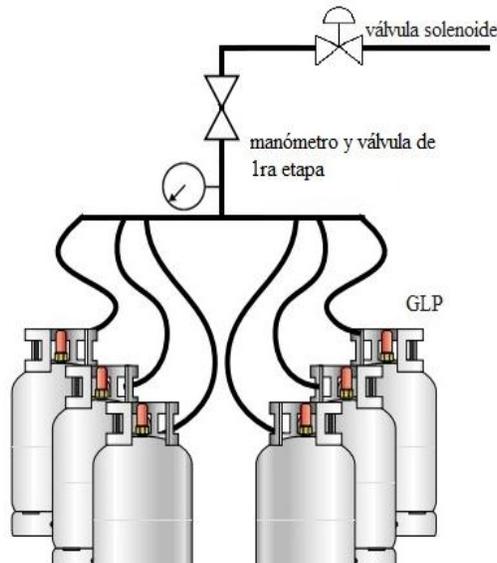


Figura 29. Diagrama de la instalación de GLP. Fuente: Investigador basado en datos recolectados. [75]

Dados los requerimientos del proyecto, se optó por seleccionar la válvula ASCO 8214G020 cuyas características se detallan en la Tabla 12. El control para el flujo de GLP será de tipo ON/OFF y estará bajo la supervisión y responsabilidad del personal técnico encargado del sistema, sin embargo, al detectarse una fuga, se incorpora la posibilidad de que la válvula solenoide sea automáticamente accionada por la unidad de procesamiento.

Tabla 12. Características de la válvula solenoide ASCO 8214G020. [76]

SERIE	ASCO 8214G020
	
Dimensión	1/2''
Material	Aluminio
Modo de operación	Normalmente abierta
Alimentación	120/60, 110/50 AC
Servicio	GLP
Presión diferencial soportada	0,3 bar
Precio	319,28 USD

El diagrama de flujo en la Figura 30 muestra el procedimiento del sistema propuesto y del operario ante la detección de una fuga de gas y se detalla a continuación:

- La electroválvula puede ser accionada de dos formas, de modo automático al detectarse una fuga de GLP o de modo manual por intermedio del operario a través de la interfaz.
- Dado que el solenoide operará normalmente abierto, evitando así inconvenientes en caso de falla, al detectarse una fuga y posterior intervención del flujo de GLP, es indispensable que el operario supervise y de solución a tal eventualidad.

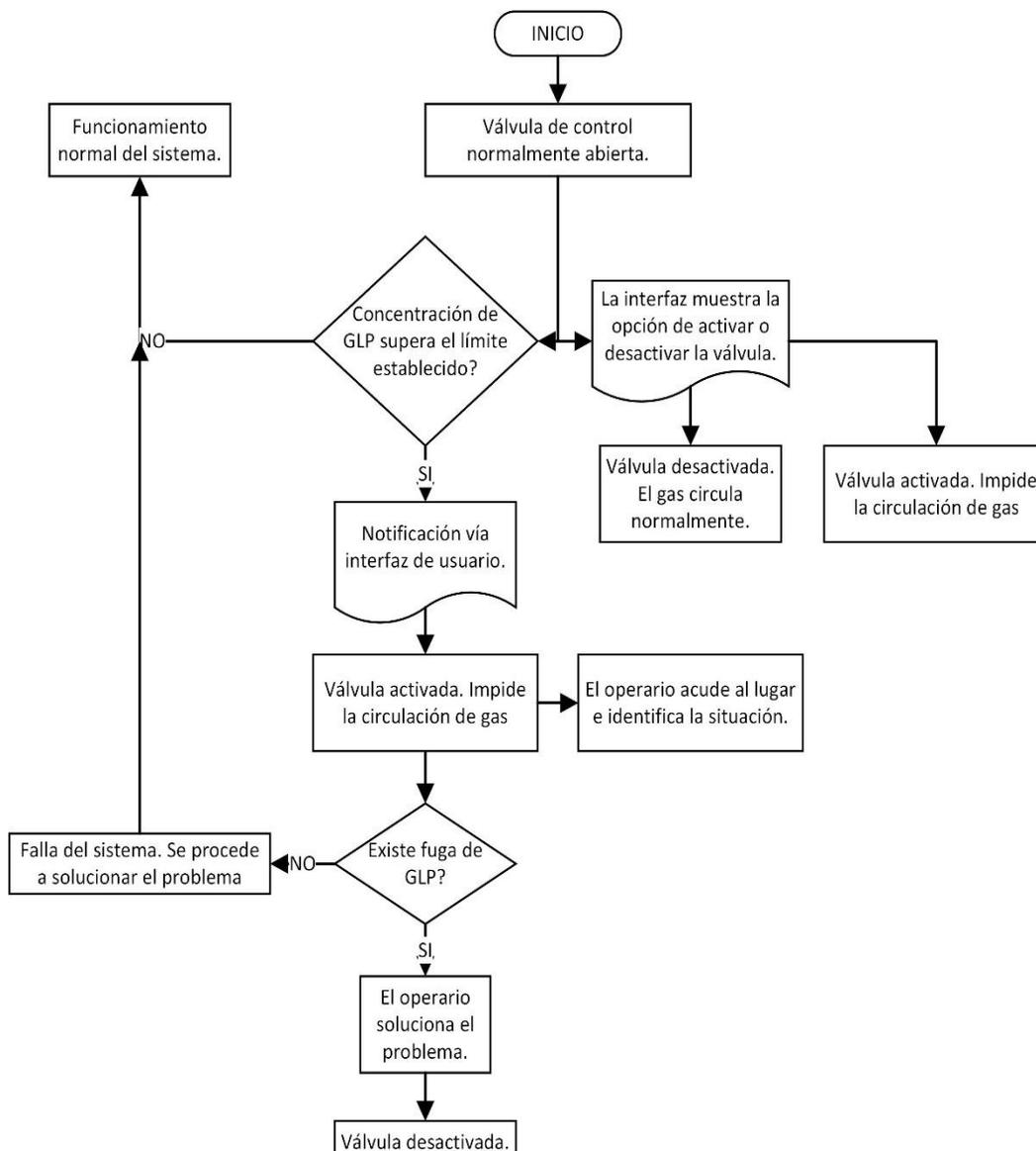


Figura 30. Diagrama de flujo para la adquisición, procesamiento de datos y la activación automática o manual de la válvula solenoide. Fuente: Investigador.

Para detectar una fuga de GLP se toma como referencia las propiedades explosivas del gas y los valores máximos permisibles para la seguridad del operador. normas nacionales como: NTE INEN 2266:2010, NTE INEN 2288:2000 e internacionales como la NFPA 58 establecen que el valor límite permisible de exposición durante una jornada promedio de trabajo de 8 horas (TLV-TWA) es de 1000 ppm [28, 29] y el límite inferior explosivo de GLP en el ambiente es de 1,8 – 2.02% o 18000 – 20200 ppm. [24, 25, 26] Dado el caso de una fuga de GLP, será detectada por el sensor electroquímico MQ-2, detallado en la Tabla 13, el cual varía su resistencia cuando se exponen a determinados gases y está diseñado propiamente para acoplarse al Arduino. Dicho sensor será encapsulado a un módulo que incorpore también un relé para la etapa de potencia relacionada con el control de la válvula solenoide. Los pines del módulo Arduino que controlarán la etapa del GLP serán: 30, para activar o desactivar la electroválvula y A0, para captar la señal analógica del sensor. Los rangos establecidos para activar las notificaciones visuales y/o auditivas son: 0-199 ppm “ESTADO NORMAL”, 200-499 ppm “PRECAUCIÓN” y ≥ 500 ppm “ALERTA”.

Tabla 13. Características del sensor MQ-2. [77]

SERIE	MQ-2
Pines	Alimentación: VCC, GND. D0: salida TTL negada. A0: salida señal analógica.
Rango de medición	200 - 10000 ppm
Alimentación	5V ± 0.1 DC
Consumo	160mA
Resistencia de carga	R_L : ajustable (0-50K Ω)
Sensibilidad	R_S : resistencia de sensado en diferentes gases. R_O : resistencia de sensado en 1000 ppm de H ₂ . Sensibilidad (S): R_S (en aire)/ R_S (en 1000 ppm de isobutano) ≥ 5
Condiciones ambiente de operación	Temperatura: 20°C $\pm 2^\circ$ C Humedad: 65% $\pm 5\%$
Precio	7 USD

Las características sensitivas del sensor MQ-2 están dadas por la gráfica mostrada en la Figura 31.

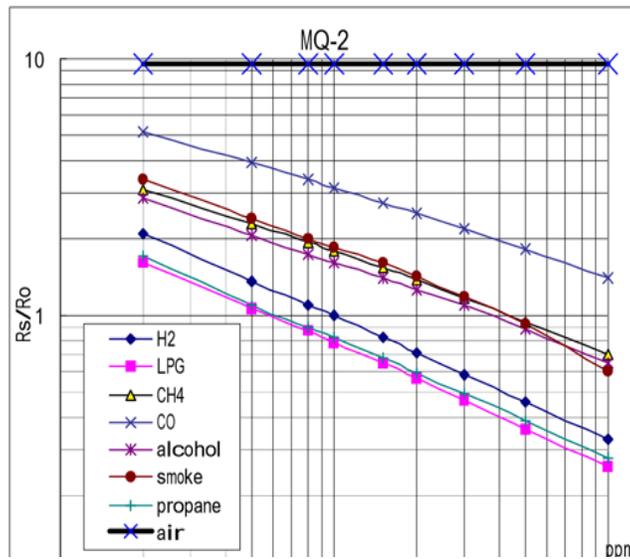


Figura 31. Gráfica de sensibilidad característica del sensor MQ-2. [77]

La curva característica de sensibilidad ilustra la ratio resistiva del sensor (R_s/R_o) vs la concentración de gases en partes por millón (ppm) bajo las condiciones óptimas de temperatura y humedad ambiental. La resistencia del sensor en diferentes gases se representa como R_s y R_o la resistencia del sensor a 1000 ppm de H_2 . Tomando la mayor cantidad de puntos de la Figura 31 se puede obtener los valores de concentración de un gas en ppm. Con los valores de la Tabla 14 se procede a realizar una regresión potencial para determinar la ecuación y poder convertir los valores análogos que arroja el sensor a unidades ppm.

Tabla 14. Valores de sensibilidad del sensor MQ-2 para GLP. [77]

ppm	R_s/R_o	ppm	R_s/R_o
200	1,7	3000	0,48
250	1,55	3500	0,44
300	1,45	4000	0,4
350	1,3	4500	0,37
400	1,2	5000	0,36
500	1,1	5500	0,35
600	1	6000	0,33
700	0,92	7000	0,3
800	0,88	7500	0,29
900	0,82	8000	0,28
1000	0,79	9000	0,275
1500	0,68	10000	0,266
2000	0,58		
2500	0,51		

Mediante Excel se procede a graficar la línea de tendencia y presentar la ecuación del gráfico como se muestra en la Figura 32.

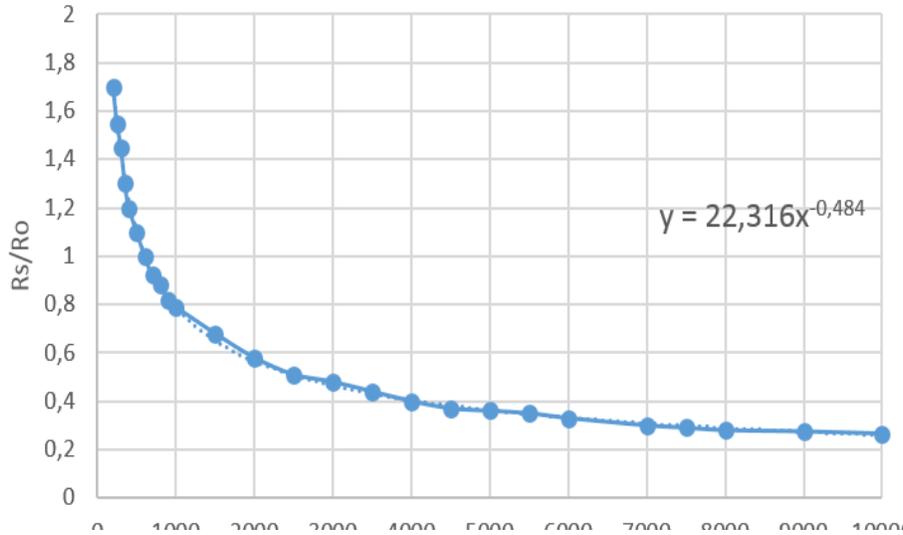


Figura 32. Gráfica ratio resistiva vs concentración de GLP para el sensor MQ-2. Fuente: Investigador.

La ecuación obtenida es:

$$y = 22,31x^{-0,484}$$

Ecuación 4

Donde: y: concentración de gas en el ambiente

x: ratio resistiva del sensor (R_s/R_o).

El valor de R_s se obtiene despejando del divisor de voltaje que forma el sensor con la resistencia de carga R_L . La resistencia de carga es ajustable, pero para una mejor calibración se recomienda tomar un valor de 20Ω . La ecuación del divisor de voltaje es:

$$V = 5 \frac{R_L}{R_s + R_L} [V]$$

Ecuación 5

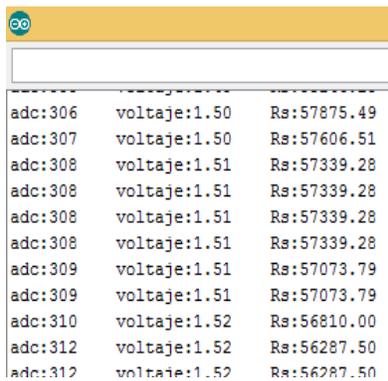
Al despejar de R_s de la Ecuación 5 y reemplazando el valor de $R_L = 20000[\Omega]$ se obtiene la resistencia del sensor al exponerlo a diferentes concentraciones de GLP y de acuerdo a la variación de voltaje que presente el sensor.

Para calibrar el sensor, y tomando en cuenta que el valor de R_S varía según la concentración de gas al que es sensor es expuesto, se procede a hallar el valor aproximado de R_O y así obtener una solución igual de aproximada para la Ecuación 4. Para este procedimiento se hace referencia a la Figura 32, en donde, a mayores concentraciones de GLP, la ratio resistiva (R_S/R_O) tiende a acercarse a un factor de 0,2. Es decir que, para los valores superiores a la máxima concentración que el sensor puede captar, las variaciones del ratio serán mínimas. Basándose en la premisa de que el sensor se satura con 10000 ppm de GLP, se genera un ambiente con la máxima concentración posible de gas y se registra el valor de R_S que corresponda. Posteriormente, para hallar el valor aproximado de R_O bajo aquellas condiciones extremas y tomando como referencia la Tabla 14 se aplica la relación de la ratio resistiva:

$$R_o = \frac{R_s}{0.266}$$

Ecuación 6

El valor de R_S es tomado de entre múltiples muestras que realiza el sensor en un ambiente saturado de GLP. Como se muestra en la Figura 33, las lecturas del sensor son mostradas en el monitor serie del software de programación Arduino y el código de programación aplicado se adjuntan en el ANEXO C.

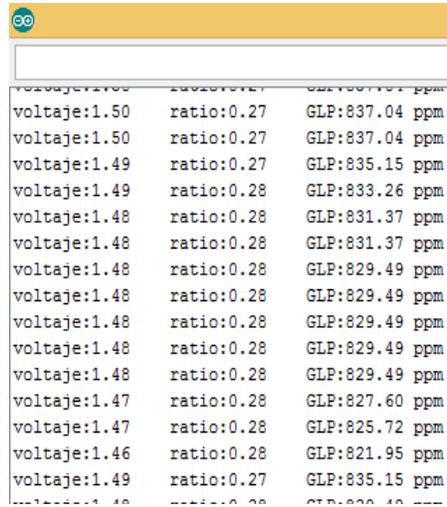


adc:306	voltaje:1.50	Rs:57875.49
adc:307	voltaje:1.50	Rs:57606.51
adc:308	voltaje:1.51	Rs:57339.28
adc:309	voltaje:1.51	Rs:57073.79
adc:309	voltaje:1.51	Rs:57073.79
adc:310	voltaje:1.52	Rs:56810.00
adc:312	voltaje:1.52	Rs:56287.50
adc:312	voltaje:1.52	Rs:56287.50

Figura 33. Registros del sensor MQ-2 bajo un ambiente saturado de GLP. Fuente: Investigador.

El valor de R_S es un promedio de todos los máximos registros que realizó el sensor dando como resultado: $R_S = 56445.67[\Omega]$ Por tanto, aplicando la Ecuación 6 se obtiene: $R_O = 212201.75$ el cual es un valor constante en el sensor y con el que se procede a dar solución a la Ecuación 4. El

código de programación aplicado se adjunta en el ANEXO C y la lecturas del sensor en unidades ppm se muestran en la Figura 34.



voltaje	ratio	GLP
1.50	0.27	837.04 ppm
1.50	0.27	837.04 ppm
1.49	0.27	835.15 ppm
1.49	0.28	833.26 ppm
1.48	0.28	831.37 ppm
1.48	0.28	831.37 ppm
1.48	0.28	829.49 ppm
1.47	0.28	827.60 ppm
1.47	0.28	825.72 ppm
1.46	0.28	821.95 ppm
1.49	0.27	835.15 ppm

Figura 34. Registros del sensor MQ-2 en unidades ppm. Fuente: Investigador.

Acceso automatizado

Para la automatización del acceso al área de hospitalización se ha optado por un sistema de carriles y correderas deslizables para lo cual es primordial considerar las dimensiones del acceso o puerta que va a ser automatizada. La forma y dimensiones del acceso, las cuales se ilustran en la Figura 35a y Figura 35b, permiten adaptar un sistema de puerta peatonal corredera BFT, la cual es una marca especializada en automatización de todo tipo de accesos.



Figura 35. a) Acceso a hospitalización. b) Dimensiones del acceso. Fuente: Investigador.

Entre su gama de productos, BFT dispone de la línea VISTA y específicamente el modelo VISTA SL-211, el cual es un sistema para puertas automáticas correderas con dos hojas móviles. Como

ilustra la Figura 36, este modelo se acopla a las dimensiones del acceso mostradas en la Figura 35b y especifica la longitud de las hojas móviles, paso útil, travesaño, entre otros factores.

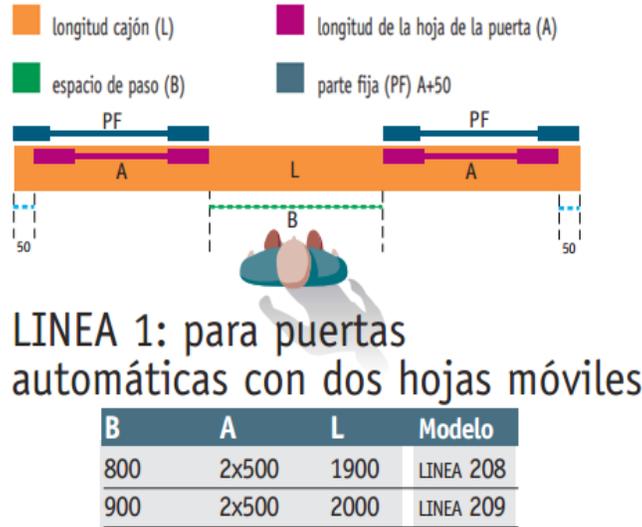


Figura 36. Dimensiones del acceso equipado con el sistema VISTA SL. [78]

Los sistemas VISTA SL presentan varias características técnicas según el modelo elegido y dependen principalmente del peso máximo de las hojas móviles que el sistema vaya a soportar. Las características del modelo VISTA SL-211 se detallan a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15. Características del sistema VISTA SL-211. [79]

Unidad de control	Aria evo	Velocidad de apertura y cierre	Hasta 200 cm/s
Potencia de consumo	230W	Velocidad de acercamiento	5 cm/s (min) 10 cm/s (max)
Alimentación	24V DC	A (ver Figura 36)	2 x 600 mm
Peso soportado (por hoja)	120 Kg (max)	B (ver Figura 36)	1100 mm
Tipo de motor	Dunker	L (ver Figura 36)	2400 mm
Pasaje útil	1100mm		

Siguiendo los pasos del manual de instalación del sistema VISTA SL se obtiene un modelo como el que se ilustra en la Figura 37.

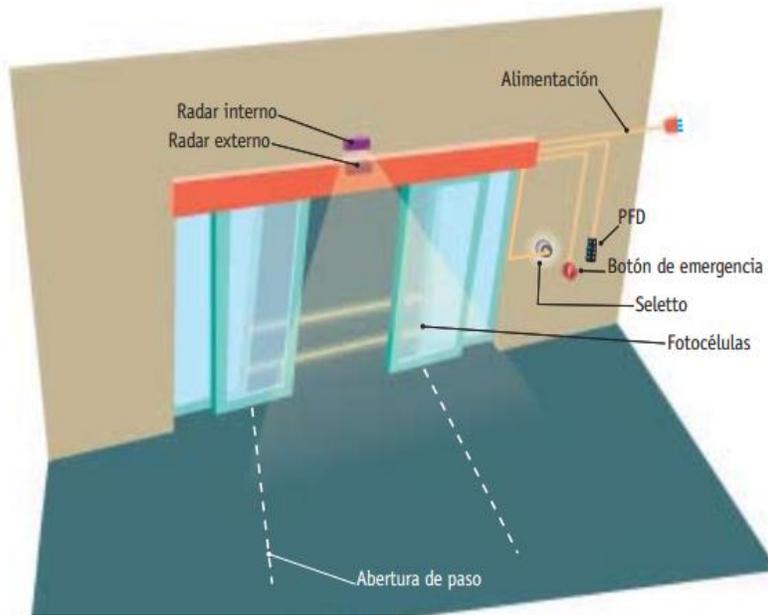


Figura 37. Ejemplo de la instalación de un sistema VISTA SL. [78]

Como se aprecia en la Figura 37, el sistema VISTA SL está integrado por varios dispositivos de control. El programador UNIPRO, ilustrado en la Figura 38a, permite configurar parámetros y lógicas de funcionamiento del sistema. Uno de los modos de operación que puede ser programado es el denominado *Fault Open*, el cual por defecto mantiene abierto el acceso mediante la activación de un switch interno ilustrado en la Figura 38b. Este modo de operación facilita el acoplamiento entre el sistema VISTA SL y el Sistema de Control y Protección contra Incendios de forma que, durante una emergencia, se pueda agilizar un eventual procedimiento de evacuación para el personal del establecimiento hospitalario. El pin 32 del módulo Arduino se utilizará para controlar la etapa de automatización del acceso.



Figura 38. a) Programador UNIPRO. [80] b) Diagrama de pulsadores y switches del sistema VISTA SL. [81]

Conexión de dispositivos

Para el cableado de dispositivos actuadores y de adquisición de datos se optó entre cable de par trenzado sólido sin blindaje (UTP) o cable telefónico. Si bien el cable UTP es mayormente utilizado para redes de datos LAN, su gran ventaja y aplicabilidad para el proyecto es que posee 8 hilos de comunicación, cantidad suficiente para cubrir la conexión de dispositivos y principal motivo por el que se decidió utilizarlo. A continuación, la Tabla 16 detalla el número de hilos necesarios para cada dispositivo conectado a la unidad de procesamiento.

Tabla 16. Cantidad de hilos por dispositivo conectado al sistema. Fuente: Investigador basado en datos recolectados.

DISPOSITIVO	CANTIDAD DE HILOS	DESCRIPCIÓN
Estación manual	6	2 hilos para el parlante. 2 hilos para el pulsador en el cajetín. 2 hilos para el pulsador en la estación manual.
Control de GLP	6	2 hilos para la alimentación del módulo MQ-2. 2 hilos para la alimentación del módulo relé. 1 hilo para transmitir la señal que indica fuga. 1 hilo para accionar el relé.
Automatización del acceso	2	1 hilos para la señal que controla el acceso automático. 1 hilo para conexión a tierra (GND).

Para conectar a la unidad de procesamiento todos los tramos de cable provenientes de cada unidad monitoreada y el módulo para la etapa de control del GLP se optó por utilizar conectores db9, ilustrado en la Figura 39a, debido a que la cantidad de pines que presenta dicho conector cubre satisfactoriamente el número de hilos necesarios para la adquisición de datos y control del actuador. Para la etapa de automatización del acceso se optó por utilizar un socket 5,5 x 2,1mm, ilustrado en la Figura 39b, debido a que es un conector bipolar que cubre satisfactoriamente los requerimientos para el control de dicha etapa.



Figura 39. a) Vista frontal del conector db9 hembra. b) socket de 5,5 x 2,1mm Fuente:
<http://www.betoeletronica.com.br/loja/images/39721.jpg>,
<http://i.ebayimg.com/thumbs/images/g/CpEAAOSwAYtWPZYA/s-1200.jpg>

4.4.3 Funcionamiento del sistema electrónico

Los modos de operación y el funcionamiento de cada etapa del Sistema de Control y Protección contra Incendios se describen a continuación:

Cajetines.- Para monitorear el estado de los cajetines se utilizan pulsadores que envían una señal tipo ON/OFF a las entradas del microcontrolador. En caso de que el cajetín sea abierto, a través de un pequeño parlante se reproduce un audio informativo almacenado en la microSD. A su vez, el usuario es notificado de tal suceso en un computador o dispositivo móvil vía Ethernet o Wi-Fi respectivamente. Este procedimiento se ilustra en la Figura 40.

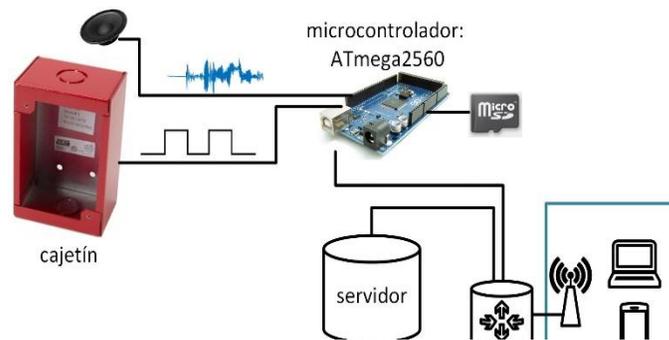


Figura 40. Diagrama de la etapa de monitoreo de los cajetines. Fuente: Investigador basado en [30]

Estaciones manuales.- Para monitorear el estado de las estaciones manuales se utilizan pulsadores que envían una señal tipo ON/OFF a las entradas del microcontrolador. En caso de que la estación manual se active, el usuario es notificado de tal suceso en un computador o dispositivo móvil vía Ethernet o Wi-Fi respectivamente. Este procedimiento se ilustra en la Figura 41.

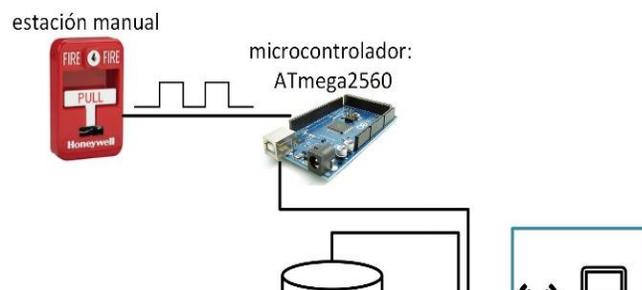


Figura 41. Diagrama de la etapa de monitoreo de las estaciones manuales. Fuente: Investigador basado en [30]

Control de GLP.- Esta etapa controla el flujo del GLP mediante una válvula solenoide cuyo modo de control es de tipo ON/OFF y puede ser accionada de dos formas: automáticamente al detectarse una fuga mediante el sensor MQ-2 o manualmente si así lo dispone el operario. El microcontrolador analiza la señal del sensor y en caso de sobrepasar los límites establecidos, el usuario es notificado de tal suceso. Este procedimiento se ilustra en la Figura 42.

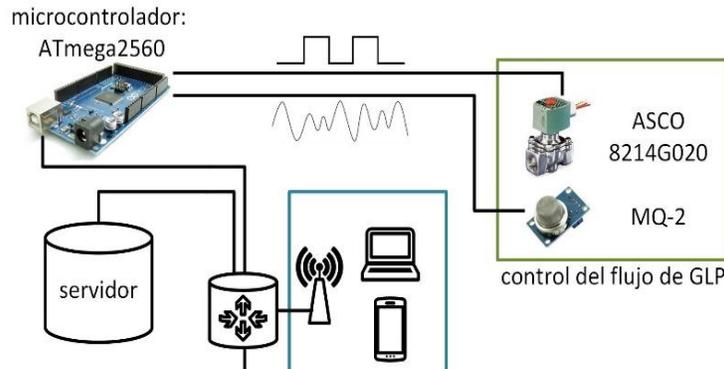


Figura 42. Diagrama de la etapa de control del GLP. Fuente: Investigador basado en [30]

Automatización del acceso a hospitalización.- La etapa de automatización del acceso a hospitalización tiene un modo de control tipo ON/OFF y opera independientemente a las condiciones lógicas que presenta el resto del sistema. Por tanto, esta etapa puede ser controlada únicamente por intermedio de un operario quien, dado un caso de emergencia y si así lo dispone, esté a cargo de enviar una señal de mando para mantener abierto el acceso y facilitar una eventual evacuación del personal hospitalario. Este procedimiento se ilustra en la Figura 43.

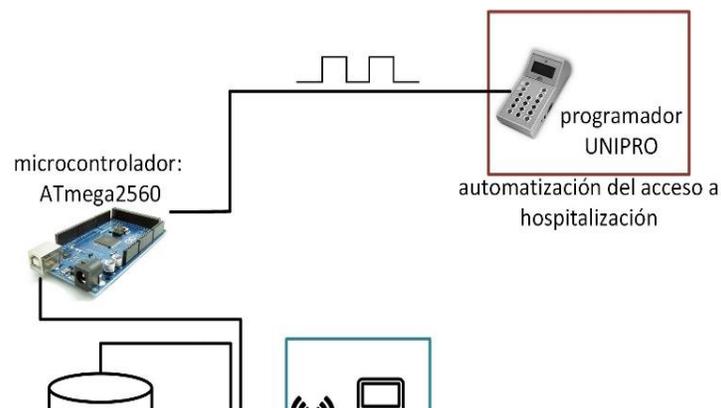


Figura 43. Diagrama de la etapa de automatización del acceso a hospitalización. Fuente: Investigador basado en [30]

4.4.4 Herramientas adicionales

Compilador.- Para el desarrollo y compilación del código de programación del sistema electrónico desarrollado en lenguaje C++ se utilizó el propio software Arduino que consiste en un entorno de desarrollo (IDE), empaquetado como un programa de aplicación; es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

El entorno de trabajo del IDE se ilustra en la Figura 44.

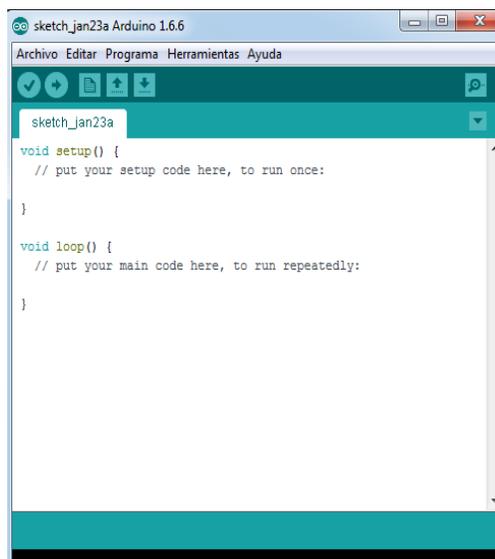


Figura 44. Entorno gráfico del Arduino IDE. Fuente: Arduino IDE Software.

Lenguaje de programación.- Arduino utiliza su propio lenguaje de programación de alto nivel basado en C++. Dicha codificación define: la configuración de la shield Ethernet para la comunicación con el servidor en red local, pines de entrada, pines de salida y proceso de la señal analógica proveniente del sensor de GLP. Las funciones utilizadas en el código de programación para el sistema electrónico se presentan en el ANEXO C.

Grabador de audio.- Para la grabación del audio informativo incorporado al sistema electrónico se utilizó Loquendo TTS, un software sintetizador de voz el cual transforma un texto escrito a audio. Cuenta con una variada gama de voces para seleccionar según se ajuste a la necesidad. Entre otras características ofrece:

- Guardar archivos en formato .wav

- Modificación del timbre y tono de voz.
- Utiliza símbolos expresivos o interrogantes, etc.

En la Figura 45 se ilustra el entorno del software Loquendo TTS.

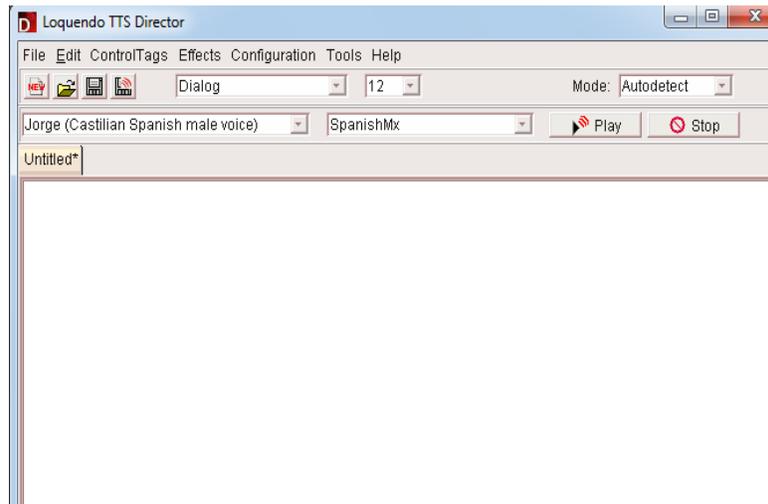


Figura 45. Entorno gráfico de Loquendo TTS. Fuente: Loquendo TTS Director.

Editor de audio.- Dado que las características técnicas del archivo de audio obtenido en Loquendo TTS no cumplen con los requerimientos que exige la librería TMRpcm, la cual se encarga del procesamiento de audio, se optó por utilizar el editor Wav Sample Rate Convert, el cual permite modificar el archivo. La Figura 46 ilustra el entorno del software y muestra los parámetros que el archivo de salida debe tener.

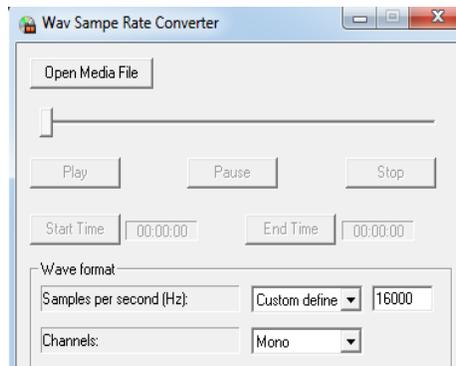


Figura 46. Entorno gráfico de Wav Sample Rate Convert. Fuente: Wav Sample Rate Convert

Diseño de circuitos electrónicos.- Para el diseño de circuitos y posterior traspaso a una placa impresa se utilizó PCB Wizard, un software intuitivo el cual integra gran variedad de librerías con las respectivas medidas para cada elemento electrónico a ocupar. La Figura 47 ilustra el entorno del software. Los diseños de las placas electrónicas del sistema se presentan en el ANEXO D.

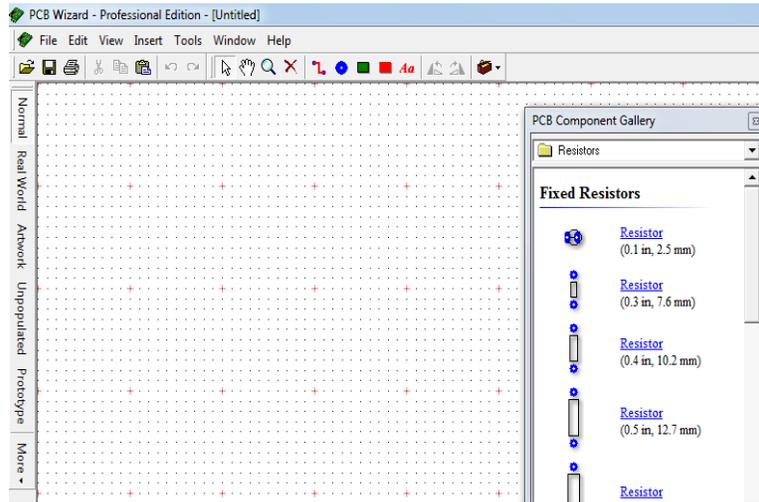


Figura 47. Entorno gráfico de PCB Wizard. Fuente: PCB Wizard

Desarrollo de la aplicación móvil.- App Inventor es una plataforma de Servicios en la Nube (Cloud Computing) gratuita utilizada para el desarrollo de aplicaciones Android. Utiliza bloques en forma de piezas de puzzle para entrelazar las instrucciones del programa las cuales describen el comportamiento de la aplicación para establecer un medio de interacción entre el usuario y el sistema. En la Figura 48 se ilustra el entorno de la plataforma App Inventor

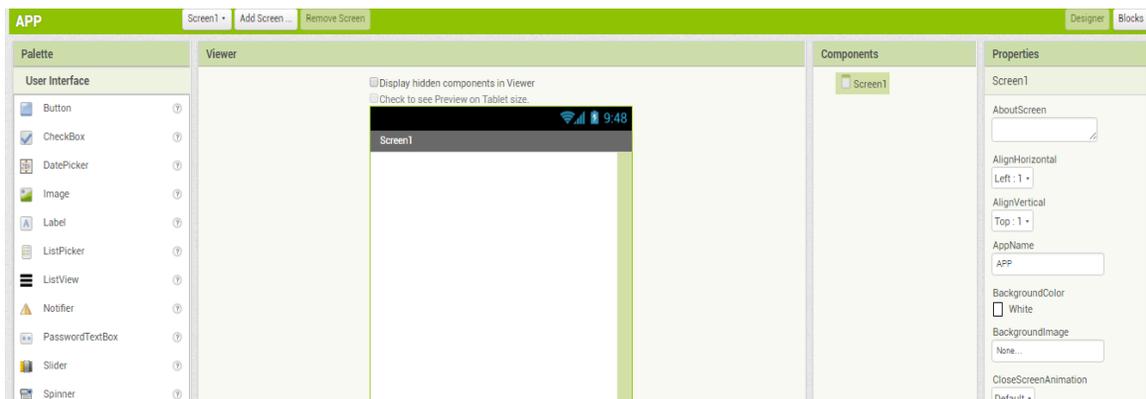


Figura 48. Entorno gráfico de App Inventor. Fuente: <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

4.5 Implementación del sistema

4.5.1 Programación del microcontrolador

El código de programación utilizado para el sistema electrónico está conformado por varios métodos que se explican a continuación mediante diagramas de flujo. Las funciones utilizadas en el código se presentan más a detalle en el ANEXO C.

En primera instancia se ejecutan las configuraciones iniciales contenidas en el método principal *void setup*. Como se ilustra en la Figura 49, el método secundarios *void loop* contiene al denominado método *readBoxStatus*, el cual se encarga de comprobar el estado de los cajetines.

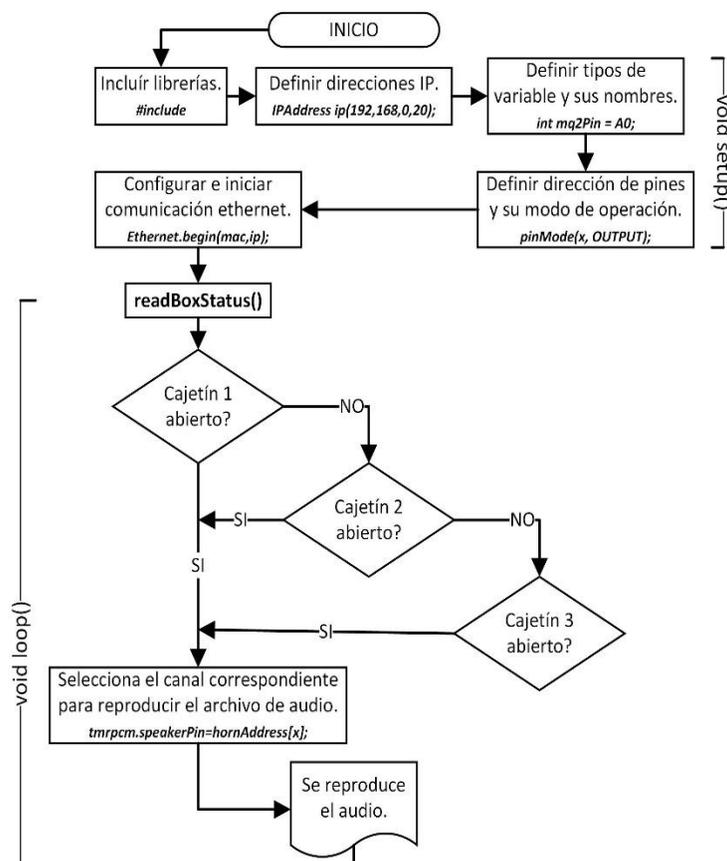


Figura 49. Pseudocódigo para el método denominado *readBoxStatus*. Fuente: Investigador.

La Figura 50 muestra la ejecución del método denominado *checkForClient*, el cual se encarga de recibir y procesar la petición del usuario. Dependiendo de la variable recibida se procede a activar o desactivar la etapa de control de GLP o automatización del acceso.

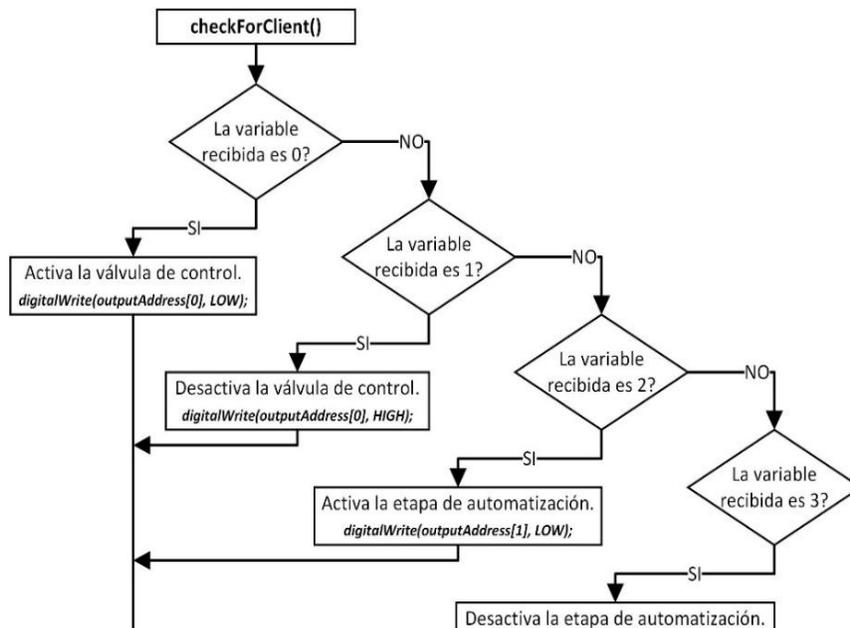


Figura 50. Pseudocódigo para el método denominado checkForClient. Fuente: Investigador

La Figura 51 muestra la ejecución del método denominado *readMQ2*, el cual se encarga de todos los procesos matemáticos que conlleva convertir la señal analógica proveniente del sensor a unidades ppm. Además, hace una comparativa entre el valor sensado y el límite máximo establecido para activar la válvula y detener el flujo de GLP en caso de fuga. Finalmente, se ejecuta el método *readIOSStatus*, el cual se encarga de comprobar el estado de todas las entradas y salidas antes de ser enviadas al servidor mediante el método denominado *connectToServer*.

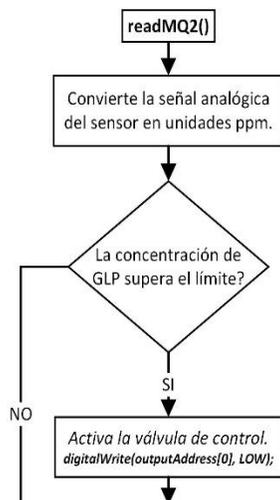


Figura 51. Pseudocódigo para el método denominado readMQ2. Fuente: Investigador

4.5.1 Diagramas del sistema electrónico

Los diseños de las placas electrónicas del sistema fueron desarrollados en el software PCB Wizard y la simulación del sistema en el software Proteus 8 adjuntos en el ANEXO D. La Figura 52 ilustra el diagrama eléctrico del sistema tomando como referencia la norma IEC 60617.

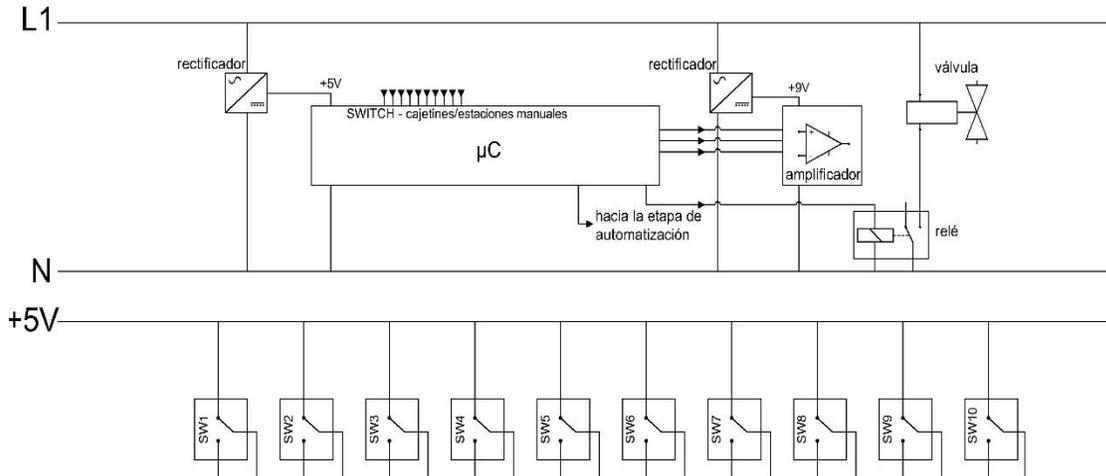


Figura 52. Diagrama eléctrico del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Fuente: Investigador. [82]

La Figura 53 ilustra un diagrama P&ID tomando como referencia la norma ANSI/ISA 5.2 de las etapas de control y automatización.

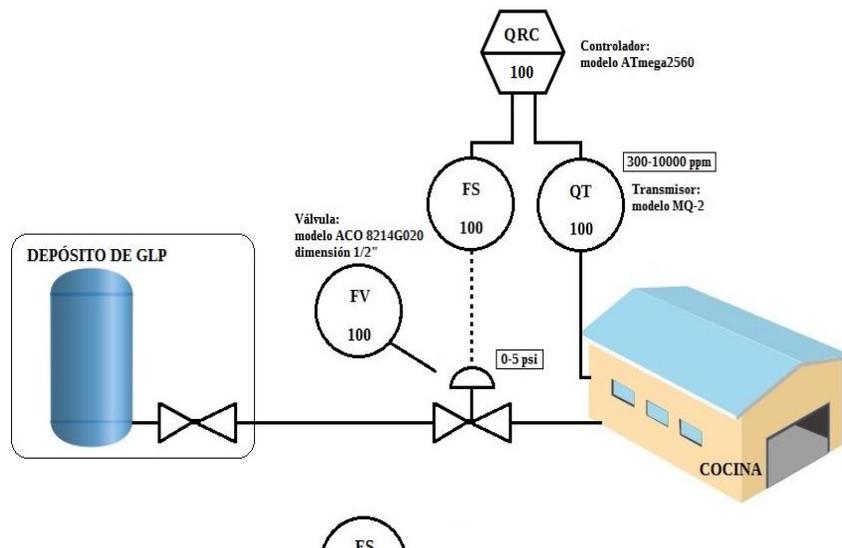


Figura 53. Diagrama P&ID de las etapas de control del GLP y automatización del acceso. Fuente: Investigador. [83]

La Figura 54 muestra a detalle los planos de entradas del sistema.

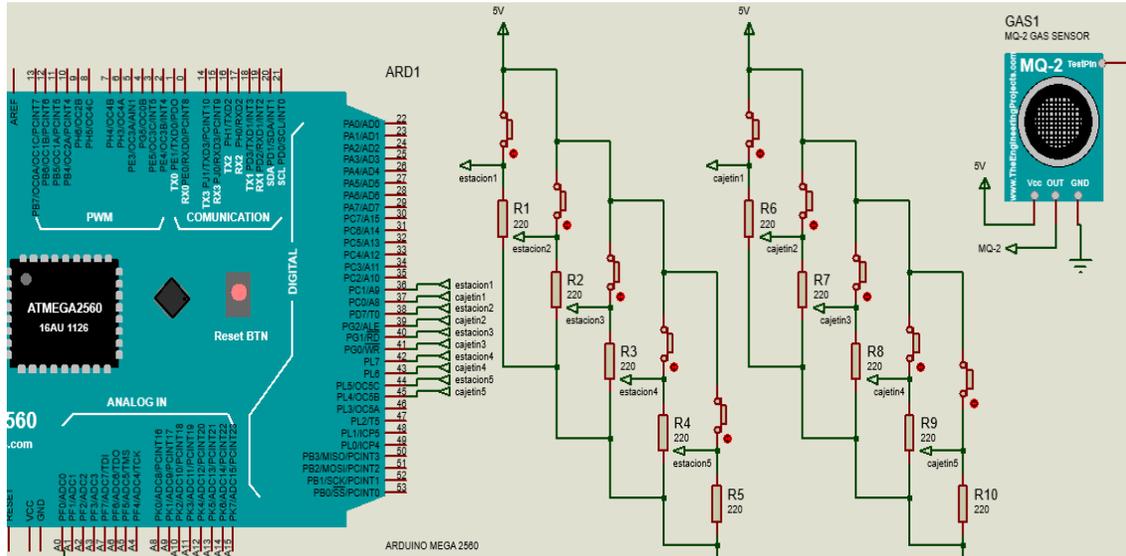


Figura 54. Diagrama de entradas del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Fuente: Investigador.

La Figura 55 muestra a detalle los planos de salidas del sistema.

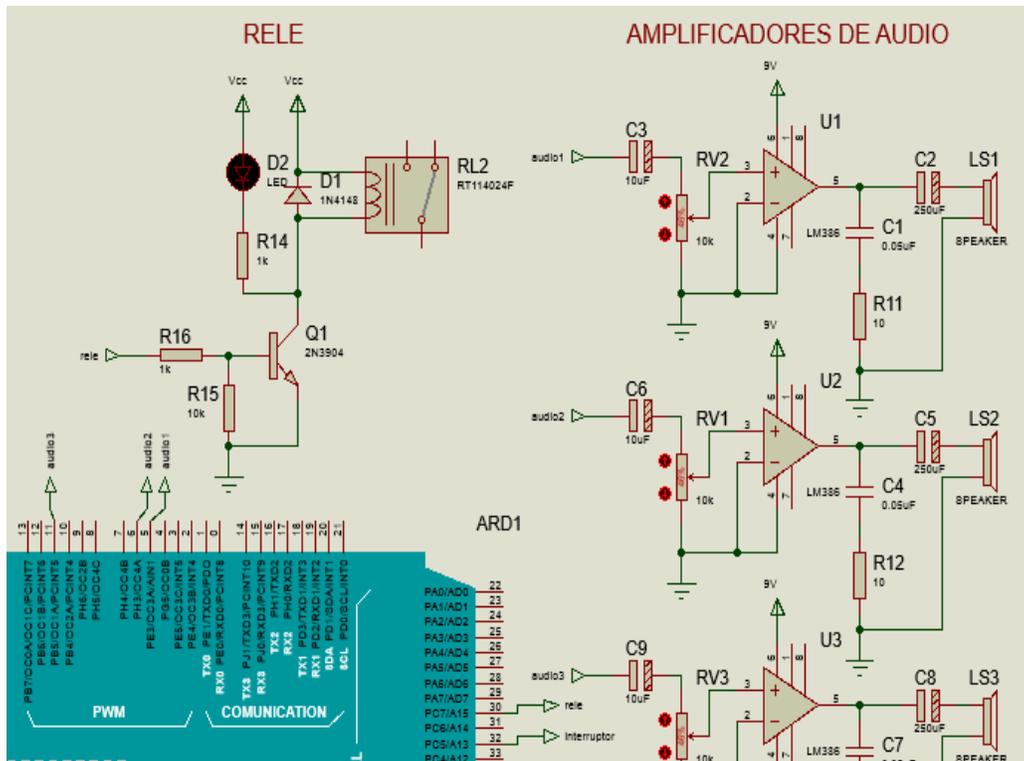


Figura 55. Diagrama de salidas del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Fuente: Investigador.

4.5.2 Ensamblaje del sistema electrónico

El sistema electrónico está integrado por dos unidades denominadas Módulo Principal y Módulo Remoto. Para elaborar el Módulo Principal se utilizó de una caja plástica rectangular la cual contiene a las placas electrónicas y la unidad de procesamiento del sistema. Las dimensiones de la caja son 11 x 11 x 7,5cm y se ilustra en la Figura 56b. En la Figura 56a se ilustra la ubicación de la unidad de procesamiento y placas electrónicas dentro del Módulo Principal.



Figura 56. a) Ubicación de las placas en el Módulo Principal. b) Módulo Principal ensamblado. Fuente: Investigador.

En la parte frontal del Módulo Principal, como se muestra en la Figura 57, se dispone de ciertos conectores de alimentación y comunicación los cuales son:

- USB tipo B hembra para alimentar la unidad de procesamiento.
- Socket de 5,5 x 2,1mm para energizar los amplificadores.
- RJ-45 hembra para la comunicación LAN.



Figura 57. Vista frontal del Módulo Principal. Fuente: Investigador.

En la parte lateral del Módulo Principal, como muestra la Figura 58, se dispone de 6 conectores db9 hembra, un socket de 5,5 x 2,1mm y un conector banana jack. De izquierda a derecha se tienen cinco conectores db9 que monitorean las estaciones manuales y cajetines; el sexto conector db9 controla la etapa del GLP, el socket controla la etapa de automatización y el banana jack es una conexión GND adicional para el sistema.



Figura 58. Vista lateral del Módulo Principal. Fuente: Investigador.

La distribución de pines para los conectores db9 de monitoreo en el Módulo Principal se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17. Distribución de pines para los conectores db9 en el Módulo Principal. Fuente: Investigador

PIN	SEÑAL	PIN	SEÑAL
1	Switch cajetín	6	Conexión (+) del parlante
2	Switch cajetín	7	Conexión (-) del parlante
3	Switch estación manual	8	Sin conexión
4	Switch estación manual	9	Sin conexión
5	Sin conexión		

Para elaborar el Módulo Remoto se utilizó de una caja plástica rectangular la cual contiene el sensor de gas MQ-2 y el relé para acoplar la etapa de potencia. Las dimensiones de la caja son: 5 x 8 x 3,5cm y se muestra en la Figura 59a. En la Figura 59b se ilustra la ubicación del sensor y el relé dentro del Módulo Remoto.



Figura 59. a) Módulo Remoto ensamblado. b) Ubicación de elementos en el Módulo Remoto. Fuente: Investigador

En la parte frontal del Módulo Remoto, como muestra la Figura 60a, se dispone de un relé para acoplar la válvula solenoide que controla el flujo de GLP. En la parte posterior del Módulo Remoto, como se muestra en la Figura 60b, se dispone de un conector db9 hembra para energizar y controlar la etapa del GLP.



Figura 60. a) Vista frontal del Módulo Remoto. b) Vista posterior del Módulo Remoto Fuente: Investigador.

La distribución de pines para el conector db9 del Módulo Remoto y el sexto conector db9 del Módulo Principal se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18. Distribución de pines para el conector db9 en el Módulo Remoto y Módulo Principal. Fuente: Investigador

PIN	SEÑAL	PIN	SEÑAL
1	Alimentación (+) del sensor de gas	6	Señal de control para el relé
2	Alimentación (-) del sensor de gas	7	Señal digital del sensor de gas
3	Alimentación (+) del relé	8	Sin conexión
4	Alimentación (-) del relé	9	Sin conexión
5	Sin conexión		

Las características técnicas del Módulo Principal y Módulo Remoto se resumen en la Tabla 19 y cabe mencionar que, de acuerdo a la norma IEC 60529, ambos módulos no poseen un nivel de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños como polvo o agua. [84]

Tabla 19. Características técnicas del Módulo Principal y Módulo Remoto. Fuente: Investigador

ITEM	DESCRIPCIÓN
Voltaje de alimentación DC para el Módulo Principal	5V/USB.
Voltaje de alimentación DC para los amplificadores del Módulo Principal	9V/socket 5.5 x 2.1mm.
Voltaje de alimentación DC para el Módulo Remoto	5V/db9.
Corriente de consumo del sistema	40mA/pines digitales de Arduino.
	160mA/MQ2.
	36mA/3 amplificadores de audio.
	TOTAL: 236mA
Conexión LAN	Velocidad 10/100Mb.
Nivel de protección. Código IP.	Ninguno

4.5.3 Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario permite intercambiar información entre el sistema y su operario, facilitando así el manejo de sus funciones. Para el presente proyecto, la interfaz se desarrolló tomando como referencia la norma ANSI/ISA 101 y una guía ergonómica de diseño de interfaz de supervisión (GEDIS). [85, 86, 87] Esta interfaz permite al usuario controlar el sistema a través de un navegador web que accede a la dirección IP del servidor desde un computador o un dispositivo móvil. El procedimiento para montar el servidor web se adjunta en el ANEXO E.



Figura 61. Panel de monitoreo visualizada en un navegador web. Fuente: Investigador.

El resultado final son varios paneles a través de los cuales el usuario puede navegar, monitorear y controlar el sistema como por ejemplo el Panel Principal, ilustrado en la Figura 61. La Figura 62 muestra un hipotético caso en el que se ha producido los eventos: fuga de gas y accionamiento de la válvula. En este caso, el sistema controla automáticamente la activación de la válvula e impide el flujo de gas.



Figura 62. Notificación de fuga de gas. Fuente: Investigador

El servidor también permite que el operario visualice el comportamiento de cada dispositivo mediante gráficas de estado como se muestra en la Figura 63.

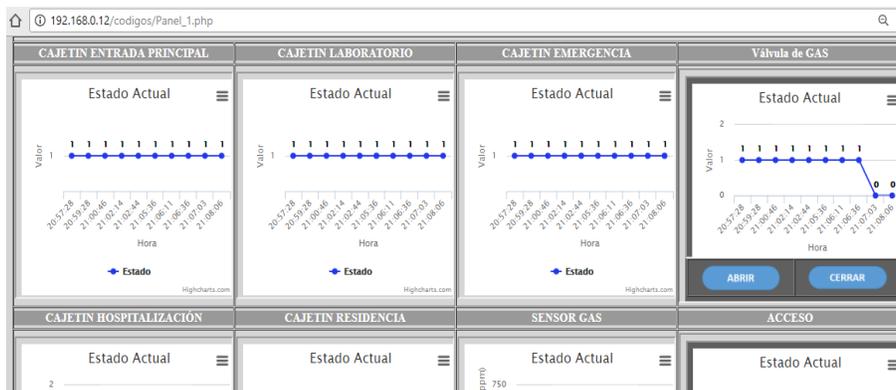


Figura 63. Panel de monitoreo y control del sistema. Fuente: Investigador.

Adicionalmente, el servidor registra y genera un historial de alarmas con fecha y hora del evento para facilitar al usuario una correcta supervisión del sistema. La Figura 64 muestra el historial de alarmas global que genera el sistema.

© 192.168.0.12/codigos/tabla1.php

Historial de Alarmas			
ID	ETIQUETA	ESTADO	FECHA
36	Cajetin Laboratorios	0	2017-10-08 17:43:18
35	Cajetin Entrada Principal	0	2017-10-08 17:42:03
34	GLP	526	2017-10-08 17:34:59
33	GLP	500	2017-10-08 17:33:54
32	GLP	341	2017-10-08 17:33:05
31	GLP	200	2017-10-08 17:30:19
21	GLP	200	2017-10-05 21:15:06

Figura 64. Historial global de alarmas del sistema. Fuente: Investigador.

La función de cada panel y botón que presenta la interfaz se explica más a detalle en el Manual de Usuario adjunto en la sección de Anexos y Apéndices del presente trabajo investigativo. Las funciones utilizadas en el desarrollo de la aplicación para dispositivos móviles se detallan en el ANEXO F. Para la gestión de alarmas en la interfaz de usuario presentada en un dispositivo móvil se toma como referencia la norma ANSI/ISA 18.2 en donde se aplican las siguientes funciones:

- **A: Normal.-** Es el estado normal del sistema, no existe alarma. La función Acknowledge (Ack) indica que los registros de alarmas pasadas han sido reconocidas o admitidas y no afectan al estado actual del sistema.
- **B: UnackAlarm.-** Es el estado inicial cuando se dispara una alarma. La función Ack indica que la alarma en proceso afecta el estado del sistema, por tanto, el evento queda registrado y el operario es notificado de forma visual y/o auditiva. El operario tiene la opción de admitir el estado de alarma, en tal caso, se silencian o desactivan las notificaciones por cierto tiempo hasta solucionar el o los factores que provoca dichas alarmas.

- **C: AckAlarm.-** Es el estado en que el operario ha admitido la alarma y está en proceso de solución. Si el o los factores que provoca las alarmas no se soluciona dentro de cierto tiempo, el sistema vuelve a un estado de alarma (B), caso contrario, el sistema retorna a su estado normal (A).
- **D: RTN UnackAlarm.-** Es el estado en el que el sistema retorna automáticamente a sus condiciones normales (A). También se la conoce como estado de auto reseteo ya que ocurre antes de que el operario admita el estado de alarma o silencie las notificaciones. [88]

La Figura 65 ilustra el procedimiento de gestión de alarmas aplicado en la interfaz de usuario.

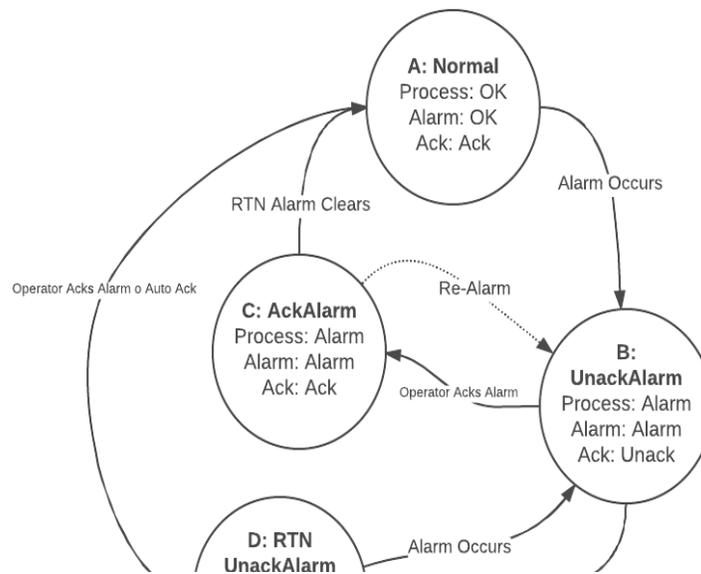


Figura 65. Diagrama de flujo para la gestión de alarmas en la interfaz de usuario. [88]

4.5.4 Cableado e instalación de cajetines

Para monitorear las estaciones manuales, controlar la etapa del GLP y la etapa de automatización, se tendió varios tramos de cable UTP sobre el cielo raso del establecimiento no sin antes determinar sus dimensiones correspondientes. Los tramos se originan en el Módulo Principal, ubicado en el centro de cómputo del Hospital General de Macas, y son dirigidos hacia el Módulo Remoto, etapa de automatización y estaciones manuales monitoreadas.

La Tabla 20 detalla las dimensiones de los tramos de cable UTP. La ubicación de los módulos y estaciones manuales monitoreadas se presentan en el ANEXO G.

Tabla 20. Dimensiones de los tramos de cable UTP.

TRAMO	DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN
1	32 m	Hacia la estación manual ubicada en la Entrada Principal.
2	41 m	Hacia la estación manual ubicada en Laboratorio.
3	55 m	Hacia la estación manual ubicada en Emergencia.
4	42 m	Hacia la estación manual ubicada en Hospitalización.
5	34 m	Hacia la estación manual ubicada en la Residencia.
6	63 m	Hacia el Módulo Remoto ubicado en la Cocina.
7	20 m	Hacia la etapa de automatización del acceso a Hospitalización.

Parte del procedimiento en el tendido de cable sobre el cielo raso del Hospital General de Macas se ilustra en la Figura 66.



Figura 66. Tendido del cable en las instalaciones del Hospital General de Macas. Fuente: Investigador.

La Figura 67 ilustra parte del procedimiento en la instalación de los cajetines de vidrio que cubren a las estaciones manuales.



Figura 67. Instalación de los cajetines de vidrio. Fuente: Investigador.

La Figura 68 ilustra parte del procedimiento en el cableado de los cajetines y estaciones manuales que son monitoreadas por el sistema.



Figura 68. Cableado de pulsadores en los cajetines y estaciones manuales. Fuente: Investigador.

Para el tendido de cable sobre el cielo raso del Hospital General de Macas se cumplió con el cronograma detallado en la Tabla 21.

Tabla 21. Cronograma de actividades para la preparación y cableado de las estaciones manuales.

DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN
30/01/2017	Instalación de los cajetines de vidrio.
31/01/2017	
01/02/2017	Tramo 1: hacia la Entrada Principal. Tramo 2: hacia Laboratorio. Tramo 3: hacia Emergencia.
02/02/2017	Tramo 4: hacia Hospitalización. Tramo 5: hacia Residencia.
03/02/2017	Tramo 6: hacia la Cocina. Tramo 7: hacia el acceso a Hospitalización
04/02/2017	Preparación de las estaciones manuales. Soldadura de pulsadores y parlantes.
06/02/2017	

4.6 Aplicación del sistema y resultados

Después de implementar el Sistema de Control y Protección contra Incendios, se realizaron varias pruebas para comprobar su correcto funcionamiento y cuyos resultados se visualizan en la interfaz de usuario. Como se muestra en la Figura 69, el sistema registra en una base de datos el estado de las estaciones manuales y cajetines para generar las gráficas de monitoreo que visualiza el operario. Para facilitar la supervisión del sistema, se genera una segunda tabla donde se registran eventos anormales, es decir, un historial de alarmas. La Figura 69a, b c y d muestran las gráficas de estado vs tiempo para monitorear el sistema. La Figura 69e y f muestran el historial de alarmas tabulado.

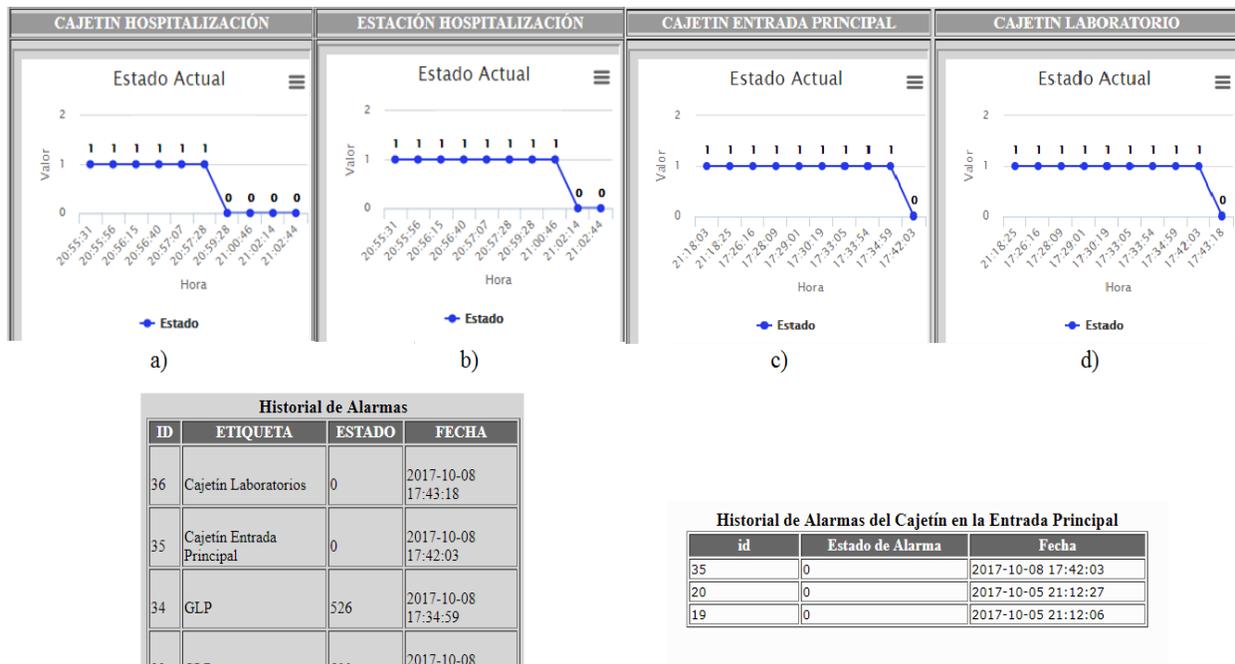


Figura 69. Historial de alarmas y gráficas de monitoreo del sistema implementado. Fuente: Investigador.

Para evaluar la eficiencia del sistema, se registró el tiempo de respuesta de un usuario que utiliza el anterior sistema cuando se presenta una situación de alerta y posteriormente se lo comparó con el tiempo de respuesta de un operario que utiliza el sistema implementado bajo la misma condición. Las características de las pruebas de funcionamiento fueron:

- Los dispositivos de notificación (sirena y luz estroboscópica) del sistema de detección y alarma contra incendios del Hospital General de Macas fueron desactivados para evitar molestias al personal de planta y personal médico del establecimiento.
- Las pruebas y registro de tiempos se realizaron durante los días y horarios con mayor afluencia de pacientes al hospital, es decir, durante el horario de apertura del establecimiento y visitas a hospitalizados. Además, se consideró el supuesto caso en que, al iniciarse la alerta, el operario a cargo del sistema se encuentre en el departamento de mantenimiento del hospital.

En total se evaluaron cinco eventos con los cuales se registraron los tiempos de respuesta del usuario. Para cada evento se optó por activar una estación manual a la vez. La Tabla 22 y Tabla 23 registran los intervalos de tiempo total en segundos que tarda un operario en ser notificado, movilizarse, identificar y solucionar el problema.

Los intervalos de tiempo que registra un usuario que utiliza el anterior sistema se detallan en la Tabla 22.

Tabla 22. Intervalos de tiempo registrados con el sistema anterior.

EVENTO	HORARIO	TIEMPO REGISTRADO (seg)
Accionamiento de la estación manual en la Entrada Principal.	17/04/2017 Lunes 07:00	75
		78
		74
	30/06/2017 Viernes 14:00	70
		71
		79
	30/06/2017 Viernes 14:15	71
		70
Accionamiento de la estación manual en Laboratorio.	17/04/2017 Lunes 14:00	82
		84
		83
	01/07/2017 Sábado 15:00	79
		80
		80
	01/07/2017 Sábado 15:15	79
		78
Accionamiento de la estación manual en Emergencia.	18/04/2017 Martes 07:15	90
		94
		86
	03/07/2017 Lunes 14:00	93
		85
		89
	03/07/2017 Lunes 14:15	86
		88
Accionamiento de la estación manual en Hospitalización.	18/04/2017 Martes 14:15	68
		74
		70
	04/07/2017 Martes 14:30	65
		69
		67
	04/07/2017 Martes 14:45	71
		68
Accionamiento de la estación manual en Residencia.	24/04/2017 Lunes 07:15	48
		46
		42
	05/07/2017 Miércoles 14:00	45
		45
		50
	05/07/2017 Miércoles 14:15	43
		47

Los intervalos de tiempo que registra un usuario que utiliza el sistema implementado se detallan en la Tabla 23.

Tabla 23. Intervalos de tiempo registrados con el sistema implementado.

EVENTO	HORARIO	TIEMPO REGISTRADO (seg)
Accionamiento de la estación manual en la Entrada Principal.	17/04/2017 Lunes 07:15	68
		67
		66
	30/06/2017 Viernes 14:30	68
		69
		65
	30/06/2017 Viernes 14:45	66
		65
Accionamiento de la estación manual en Laboratorio.	17/04/2017 Lunes 14:15	79
		75
		76
	01/07/2017 Sábado 14:30	80
		77
		80
	01/07/2017 Sábado 14:45	77
		78
Accionamiento de la estación manual en Emergencia.	18/04/2017 Martes 07:00	59
		61
		58
	03/07/2017 Lunes 14:30	57
		60
		55
	03/07/2017 Lunes 14:45	59
		55
Accionamiento de la estación manual en Hospitalización.	18/04/2017 Martes 14:00	48
		45
		48
	04/07/2017 Martes 14:00	49
		47
		49
	04/07/2017 Martes 14:15	47
		50
Accionamiento de la estación manual en Residencia.	24/04/2017 Lunes 07:00	24
		24
		27
	05/07/2017 Miércoles 14:30	28
		25
		24
	05/07/2017 Miércoles 14:45	28
		26

Aplicando la media aritmética entre los valores de tiempo registrados se obtiene un tiempo promedio en segundos para cada evento evaluado. Dichos promedios se resumen en la Tabla 24.

Tabla 24. Intervalos de tiempo promedio registrados para cada evento evaluado.

EVENTO	SISTEMA UTILIZADO	TIEMPO PROMEDIO (seg)	DIFERENCIA DE TIEMPO	PORCENTAJE DE MEJORA
Accionamiento de la estación manual en la Entrada Principal.	Sistema Anterior	73,50	6,75 seg.	9,2%
	Sist. Implementado	66,75		
Accionamiento de la estación manual en Laboratorio.	Sistema Anterior	80,63	2,88 seg.	3,5%
	Sist. Implementado	77,75		
Accionamiento de la estación manual en Emergencia.	Sistema Anterior	88,88	30,88 seg.	34,7%
	Sist. Implementado	58,00		
Accionamiento de la estación manual en Hospitalización.	Sistema Anterior	69,00	21,12 seg.	30,6%
	Sist. Implementado	47,88		
Accionamiento de la estación manual en Residencia.	Sistema Anterior	45,75	20,00 seg.	43,7%
	Sist. Implementado	25,75		

Según la diferencia de tiempos promedio registrados para cada sistema, se puede asegurar que un operario que utiliza el sistema implementado mejora su eficiencia en un mínimo de 3,5% y un máximo de 43,7% dependiendo del evento de emergencia suscitado. La Figura 70 muestra parte de los ensayos para comprobar el funcionamiento del sistema implementado y registrar los tiempos de respuesta.



Figura 70. Pruebas de funcionamiento del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Fuente: Investigador.

La Figura 71 es una comparativa del tiempo promedio en segundos que registra un operario al hacer uso de cada sistema.

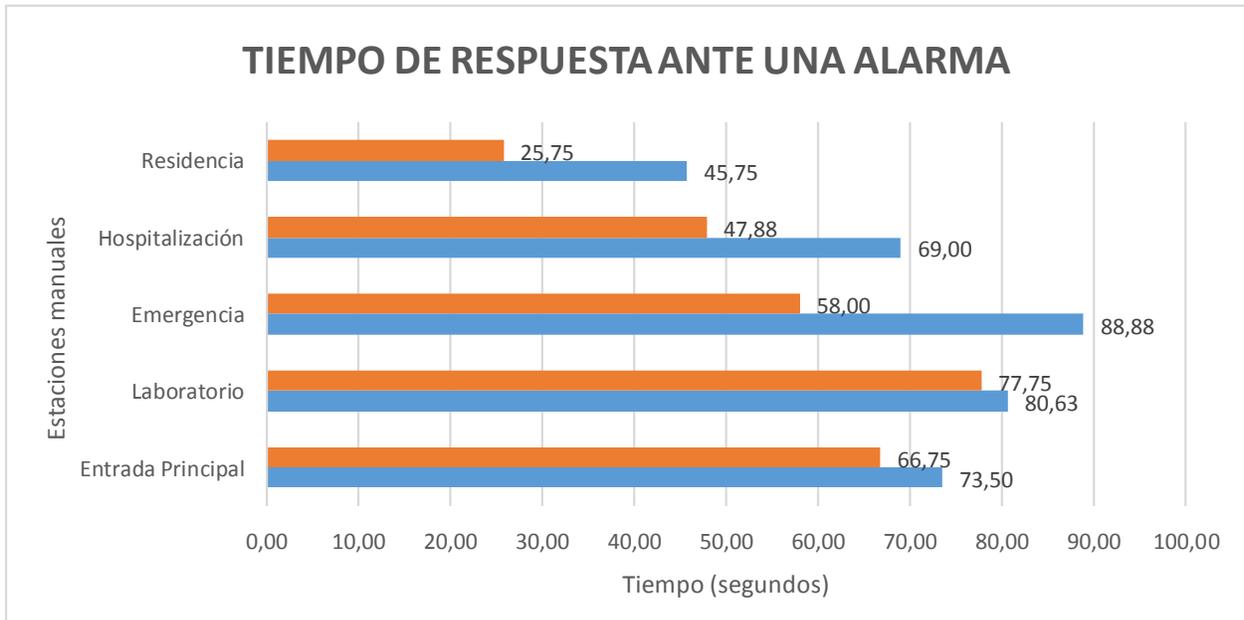


Figura 71. Comparación de los intervalos de tiempo registrados para cada sistema. Fuente: Investigador.

Como se detalla en la Figura 71, el operario que utiliza el sistema implementado requiere un menor intervalo de tiempo para identificar y resolver una situación de emergencia, sin embargo, para el caso en que las estaciones manuales ubicadas en la Entrada Principal y Laboratorio son accionadas, los intervalos de tiempo registrados no varían en gran medida. Esto se debe a que, la ruta recorrida por el usuario para atender una emergencia ubicada en dichos puntos es prácticamente la misma e indiferente al sistema que se ocupe.

Etapas de audio

Las pruebas realizadas para la etapa de audio evidenciaron inconvenientes en la calidad del sonido, el cual se vio afectado por la distancia que separa al circuito amplificador de los parlantes. Las ondas sonoras fueron distorsionadas a tal punto que el usuario no pudo interpretarlas correctamente. Por tales motivos, el circuito amplificador debió ser modificado para aumentar su ganancia. Como se detalla en el datasheet, el integrado LM386 dispone de los pines 1 y 8 entre los cuales se puede conectar un capacitor para modificar su ganancia y elevarla hasta 46dB. Con un capacitor de 10uF conectado entre los pines 1 y 8 se logró incrementar su ganancia en 200. [89, 90]

La Figura 72 ilustra el diagrama modificado del circuito amplificador de audio basado en el integrado LM386.

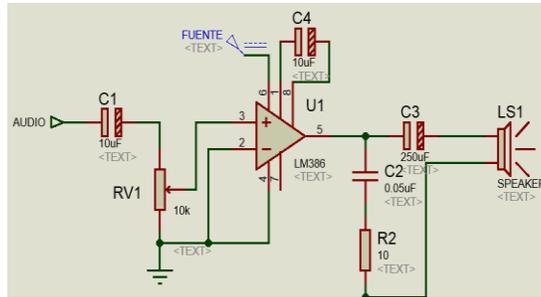


Figura 72. Amplificador de audio basado en el integrado LM386. [89, 90]

Control de GLP

Finalmente, la etapa de control del GLP fue sometida a pruebas de funcionamiento cuyos resultados se visualizaron mediante la interfaz de usuario. Como se muestra en la Figura 73, cuando los valores de concentración de gas sobrepasan los límites establecidos, la válvula se activa automáticamente e impide el flujo de GLP. La Figura 73a muestra un caso en que el nivel de concentración de GLP está sobre el nivel de 200 ppm y la Figura 73b muestra un caso en que el nivel de GLP sobrepasa los 500 ppm. La Figura 73c muestra el historial de alarmas generado por el sensor cuando los niveles de concentración sobrepasan los límites preestablecidos.

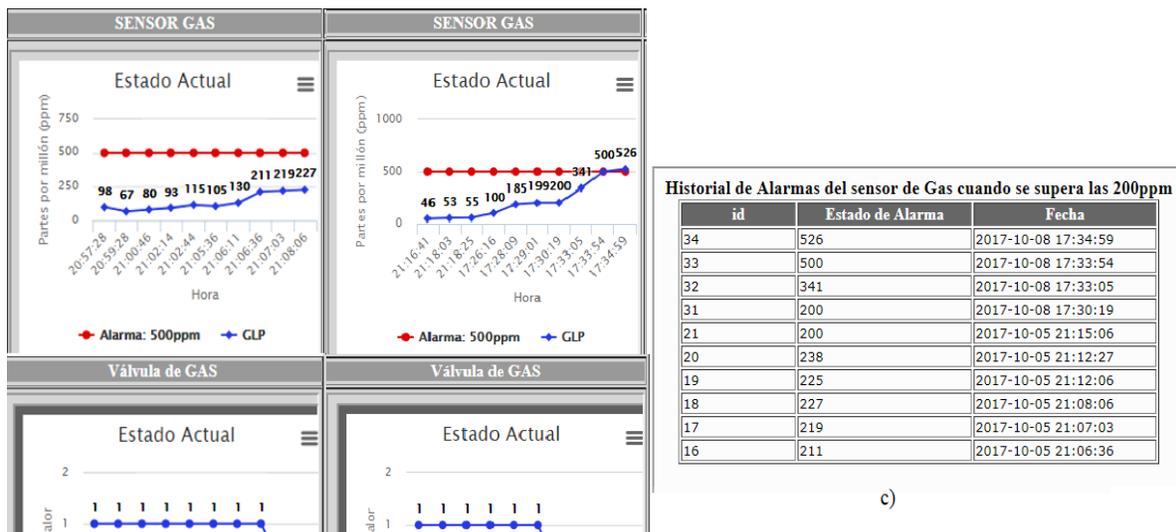


Figura 73. Pruebas de funcionamiento para la etapa de control del GLP. Fuente: Investigador.

En conclusión, el uso del Sistema de Control y Protección contra Incendios otorga al operario una perspectiva general de la situación emergente, sin necesidad de acudir a la estación central para identificar su origen y evaluar el incidente. En consecuencia, se logró agilizar la función del operario y reducir el factor tiempo, el cual es un elemento crítico en caso de una emergencia real.

4.7 Presupuesto

En la Tabla 25 se detalla el presupuesto requerido para el desarrollo del Sistema de Control y Protección contra Incendios, los elementos utilizados y el tiempo invertido en mano de obra.

Tabla 25. Presupuesto.

ITEM	RUBRO	UNID.	CANT.	V. UNIT. (USD)	V. TOTAL (USD)
1	Arduino Mega 2560	c/u	1	30,00	30,00
2	Módulo W5100 (shield ethernet)	c/u	1	20,00	20,00
3	Módulo MQ-2 (sensor de GLP)	c/u	1	7,00	7,00
4	Módulo relé	c/u	1	2,00	2,00
5	Memoria microSD/2GB	c/u	1	3,50	3,50
6	Caja plástica (11 x 11 x 7,5cm)	c/u	1	4,75	4,75
7	Caja plástica (5 x 8 x 3,5cm)	c/u	1	2,25	2,25
8	Resistencia 250Ω, 1/4W	c/u	10	0,12	1,20
9	Circuito integrado LM386	c/u	3	0,35	1,05
10	Parlante de audio 8Ω, 1/2W	c/u	3	1,35	4,05
11	Capacitor electrolítico 10uF	c/u	6	0,15	0,90
12	Capacitor electrolítico 250uF	c/u	3	0,15	0,45
13	Capacitor cerámico 0.05uF	c/u	3	0,12	0,36
14	Resistencia 10Ω, 1/4W	c/u	3	0,12	0,36
15	Potenciómetro 10KΩ	c/u	3	0,35	1,05
16	Espadines hembra	c/u	1	0,50	0,50
17	Espadines macho	c/u	1	0,50	0,50
18	Cable flexible hembra/macho (20cm/40u)	c/u	1	2,50	2,50
19	Cable flexible macho/macho (20cm/40u)	c/u	1	2,50	2,50
20	PCB (10 x 20cm)	c/u	1	1,00	1,00
21	Cloruro férrico 50gr	c/u	1	0,85	0,85
22	Rollo de estaño 0.5mm flux 2%	c/u	1	5,00	5,00
23	Cautín	c/u	1	12,40	12,40
24	Taladro manual	c/u	1	9,00	9,00
25	Conector db9 hembra	c/u	7	0,35	2,45
26	Conector db9 macho	c/u	7	0,35	2,45
27	Tapa de conector db9	c/u	14	0,30	4,20
28	Socket de 5,5 x 2,1mm	c/u	2	0,35	0,70
29	Pernos	c/u	20	0,05	1,00
30	Banana jack	c/u	1	0,25	0,25
31	Adaptador AC/DC 5V USB	c/u	1	2,00	2,00

ITEM	RUBRO	UNID.	CANT.	V. UNIT. (USD)	V. TOTAL (USD)
32	Adaptador AC/DC 9V	c/u	1	5,00	5,00
33	Cajetín de vidrio	c/u	5	15,00	75,00
34	Cable UTP	metro	285	0,56	159,60
35	Implementación del sistema	hora	100	6,74	674,00
SUBTOTAL					1039,82
IMPREVISTOS (10%)					103,98
TOTAL					1143,80

El presupuesto establecido en la Tabla 25, permitió fijar un costo de 1143,80 USD en materiales utilizados para la implementación del Sistema de Control y Protección contra Incendios. Cabe mencionar que el costo unitario hora para la implementación del sistema está referenciado según los Salarios Mínimos Sectoriales dictados por el Ministerio Ecuatoriano del Trabajo a inicios del año 2017, el cual establece un sueldo mensual mínimo de 1078,16 USD para trabajadores en la rama de actividad económica técnica en: informática, telecomunicaciones y tecnología.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La implementación y utilización del Sistema de Control y Protección contra Incendios en el Hospital General de Macas genera una respuesta eficiente por parte del personal técnico a cargo del sistema ante una posible situación de emergencia; además, sus características permiten complementar las funciones del operario de manera que este pueda prever una inminente situación de peligro provocada por una fuga de GLP.
- El Sistema de Control y Protección contra Incendios permite a sus usuarios monitorear el estado de cinco dispositivos iniciadores de alarma, tres de los cuales integran una etapa de audio que brinda información acerca de la correcta manipulación del sistema la cual, en consecuencia, pretende disminuir los imprudentes casos de falsas alarmas.
- La interfaz de usuario desarrollada para dispositivos móviles y navegadores web emula las características de una central antincendios que facilita al operario la gestión, monitoreo y control de los dispositivos que integran el sistema.
- El diseño del Módulo Principal para el Sistema de Control y Protección contra Incendios establece un número máximo de dispositivos a ser controlados y monitoreados, sin embargo, la capacidad que posee la unidad de procesamiento, permite adicionar todo tipo de sensores y actuadores.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda al personal técnico del Hospital General de Macas que periódicamente se supervise la interconexión Wi-Fi del establecimiento, lo cual es un factor clave para la correcta comunicación entre el sistema y la interfaz de usuario, caso contrario, no se tendría una respuesta eficiente del sistema y su operario.
- El circuito amplificador de audio basado en el integrado LM386 permite ciertas configuraciones que incrementan el valor de su ganancia lo cual podría llegar a saturar la capacidad de los altavoces, por tanto, se recomienda usar parlantes cuya potencia soporte correctamente el valor de ganancia generada por el circuito mejorando así la calidad del audio emitido.
- La interfaz de usuario desarrollada para dispositivos móviles engloba todas las funciones del Sistema de Control y Protección contra Incendios, por tanto, se recomienda al personal técnico del Hospital General de Macas tomar como referencia el manual de usuario desarrollado para el presente proyecto el cual detalla todas sus características.
- Para futuros trabajos relacionados con sistemas de control centralizados, se recomienda situar estratégicamente el Módulo Principal, de manera que se requiera una menor extensión de cable para interconectar todos los dispositivos y, por tanto, sirva como base para el desarrollo de una red domótica mejorada.
- Para mejorar la fiabilidad de la etapa de control del GLP se recomienda utilizar un sensor patrón para la calibración del módulo MQ-2. Detectores industriales como el Ventis MX4 cumplen con los requerimientos técnicos necesarios para utilizarse en dicho procedimiento.
- Se recomienda utilizar una unidad de procesamiento que brinde las seguridades necesarias para el manejo de combustibles en situaciones de riesgo. Módulos de hardware libre como el PLC Arduino M-Duino cumple con los requerimientos técnicos para sustituir sin inconvenientes al módulo implementado en el presente trabajo investigativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador. Acuerdo Ministerial 1257. Registro Oficial Suplemento 114. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios. Ecuador, 2009. Capítulo 1, Art. 1.
- [2] J. A. Moncada, “La historia de la ingeniería de protección contra incendios,” en Journal NFPA Latinoamericano. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:00. Disponible en: <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/387-la-historia-de-la-ingenieria-de-proteccion-contra-incendios>.
- [3] J. A. Capote, “La Seguridad Contra Incendios en la Concepción y Diseño de los Edificios Civiles e Industriales,” en Introducción, Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos E.T.S de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Universidad de Cantabria, España, 2011. pp. 1-7. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:05. Disponible en: <http://grupos.unican.es/gidai/web/asignaturas/ISCIE/SCI%20EN%20EDIF%2001.pdf>.
- [4] Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador. Acuerdo Ministerial 1257. Edición Especial N° 114. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios. Ecuador, 2009. Capítulo 1, Art. 2.
- [5] Redacción, “Ministro de Salud inaugura hoy hospital en Macas,” Noticias en línea, marzo 20 de 2011. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:08. Disponible en: http://noticiasenlinea.com.ec/actualidad/1557_ministro-de-salud-inaugura-hoy-hospital-en-macas.html
- [6] Redacción, “NO HAY VÍCTIMAS en incendio de Hospital Ángela Loayza de Ollague,” El Oro Digital, abril 6 de 2016. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:11. Disponible en: <http://www.elorodigital.com/archivos/4255>.
- [7] Redacción, “Incendio en la maternidad Mariana de Jesús, suroeste de Guayaquil,” El Universo, marzo 11 de 2016. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:15. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/03/11/nota/5458326/incendio-maternidad-marianita-jesus-suroeste-guayaquil>
- [8] Redacción, “Bomberos controlaron conato de incendio en el Hospital Guayaquil,” El Comercio, abril 15 de 2015. [online] Visitado por última vez 09/10/2017 11:20. Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/bomberos-conato-incendio-hospital-guayaquil.html>
- [9] Redacción, “Incendio consumió antiguo hospital de Quito,” El Universo, enero 6 de 2004. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:11. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2004/01/06/0001/10/AC86983ACF52436896FBAC101EAAC98A.html>

[10] F. M. Bósquez, "Diseño de un sistema contra incendios en base a la normativa NFPA, para la empresa metalúrgica ecuatoriana Adelca C.A." Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2013. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:18. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/2694>.

[11] J. C. Blum, G. J. Salazar, A. Hacay, "Rediseño del sistema de prevención y protección de incendios para una fábrica procesadora de alimentos," Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingenieros Industriales, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2011. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:20. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16198>

[12] G. A. Yungán, "Diseño de un sistema de detección y alarma contra incendios basado en el reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios para la empresa Axxis Hospital S.A." Trabajo previo a la obtención del Título de Tecnólogo en, Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016. [online] Visitado por última vez 09/10/2017 10:34. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16973>.

[13] R. M. Torres, "Análisis, diseño y desarrollo virtual en 3D de los sistemas de detección y extinción de incendios en las instalaciones del terminal de GLP Oyambaro," Tesis de grado previo a la obtención del Título de, Ingeniero en Electrónica y Control, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:26. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4092>

[14] D. Pareja, M. Mallorquín, K. Ayala, J. Arrúa, "Diseño de un prototipo de sistema de monitoreo y control para detección de incendios," Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Paraguay, 2016. [online] Visitado por última vez 09/10/2017 09:40. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/641>.

[15] Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Acuerdo Ministerial 1032, Registro Oficial 597. Reglamento General Sustitutivo para la Aplicación del Proceso de Licenciamiento en los Establecimientos de Salud. Ecuador, 2011. Capítulo 1, Art. 4, 5, 6, 18.

[16] División Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Manual para la organización de un departamento de estadística y registros médicos en atención ambulatorio y nivel hospitalario. Ecuador, 2002. pp. 48-55.

[17] NFPA 10, Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios, Edición 2007, Capítulo 5.

[18] E. A. Contelles, "Lucha contra incendios" en Emergencias: Aplicaciones básicas para la elaboración de un manual de autoprotección, 2da Ed. Marcombo S. A. España, 2010. pp. 263, 264. [online] Visitado por última vez 17/07/2016 11:20. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=oeA-fgDzIX4C&lp=PA257&ots=MGJvSWLsdg&dq=E.%20A.%20Contelles%2C%20E2%80%9>

CLucha%20contra%20incendios% E2%80%9D&pg=PA263#v=onepage&q=E.%20A.%20Conte
lles,%20% E2%80%9CLucha%20contra%20incendios% E2%80%9D&f=false.

[19] Negocios de Seguridad: Revista líder sobre Empresas, Productos y Servicios de Seguridad. “Acciones adecuadas de protección activa y pasiva en sistemas contra incendio. número 56, Argentina, octubre/noviembre 2010. pp. 56, 68. [online] Visitado por última vez 17/07/2016 11:00. Disponible en: http://www.rnds.com.ar/articulos/014/RNDS_056W.pdf.

[20] N.N. “NFPA,” 2012. [online] Visitado por última vez 13/12/2016 22:32. Disponible en: <http://bomberosdemacas.gob.ec/index.php/normativa/normas-nfpa>.

[21] NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendio, Edición 1996, Capítulo 5, 6 y 7.

[22] Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador. Acuerdo Ministerial 1257. Edición Especial N° 114. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios. Ecuador, 2009. Capítulo 1 y 2.

[23] NFPA 704, Identificación y Rotulado de Productos Peligrosos, Edición 2001.

[24] PEMEX - Gas y Petroquímica Básica, "Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas. Gas Licuado de Petróleo," México, 2007. [online] Visitado por última vez 10/10/2017 22:30. Disponible en: http://www.gas.pemex.com/NR/rdonlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf.

[25] NFPA 58, Código del Gas Licuado de Petróleo, Edición 2004.

[26] NTE INEN 2266:2009, "Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos," Primera Edición, Quito, 2009.

[27] NTE INEN 2288:2000, "Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos," Primera Edición, Quito, 2009.

[28] Occupational Safety and Health Administration, Chemical Sampling Information /L.P.G. [online] Visitado por última vez 10/10/2017 22:40. Disponible en: https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_249630.html

[29] The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards /L.P.G. [online] Visitado por última vez 10/10/2017 22:50. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0524.html>

[30] O. Torres, “Hardware Arduino” en ARDUINO: Curso práctico de formación, Ed. Única, Alfaomega S.A. México, 2013. pp. 61-63.

[31] C. D. Ramirez, R. Sanabria, M. Suarez, “Integración de sensores inalámbricos y domótica,” Monografía para optar al título de Tecnólogo en Electrónica, Corporación Universitaria Minuto de Dios “UNIMINUTO” Girardot, Colombia, 2011. pp. 19-23. [online] Visitado por última vez 16/07/2016 11:27. Disponible en:

http://repository.uniminuto.edu:8080/jspui/bitstream/10656/1785/1/TE_RamirezCarlosDaniel_2011.pdf

[32] D. Benchimol, “Microprocesadores y Microcontroladores” en Microcontroladores, Ed. Única, Fox Andina y DALAGA S.A. Argentina, 2011. pp. 92-94. [online] Visitado por última vez 08/10/2016 22:30. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=nNUeRa78FBUC&lpg=PP1&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

[33] F. E. Valdés, R. P. Areny, “Introducción a los microcontroladores” en Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC, Ed. Única, Marcombo S.A. España, 2007. pp 14, 15. [online] Visitado por última vez 08/10/2016 22:32. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=ODenKGOHMRkC&lpg=PA4&dq=Microcontroladores%20fundamentos%20y%20aplicaciones%20con%20PIC&pg=PA4#v=onepage&q=Microcontroladores:%20fundamentos%20y%20aplicaciones%20con%20PIC&f=false>

[34] D. Benchimol, “Conectividad no inalámbrica” en Microcontroladores: Funcionamiento, programación y usos prácticos, 1ra Ed. Fox Andina y DALAGA S.A. Argentina, 2011. pp. 163. [online] Visitado por última vez 08/10/2016 22:35. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=V1wLsfO1114C&lpg=PA2&dq=Microcontroladores%20benchimol&pg=PA2#v=onepage&q=Microcontroladores%20benchimol&f=false>

[35] E. Mandado, L. Menéndez, L. Fernández, E. López, “Clasificación de los microcontroladores” en Microcontroladores PIC: sistema integrado para el autoaprendizaje, Marcombo S.A. España, 2007. pp. 51-53. [online] Visitado por última vez 08/10/2016 22:38. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=86uGLMp4vgAC&lpg=PP1&dq=Microcontroladores%20PIC%20sistema%20integrado%20para%20el%20autoaprendizaje&pg=PP1#v=onepage&q=Microcontroladores%20PIC:%20sistema%20integrado%20para%20el%20autoaprendizaje&f=false>

[36] F. E. Valdés, R. P. Areny, “Los microcontroladores PIC” en Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC, Ed. Única, Marcombo S.A. España, 2007. pp. 45-53. [online] Visitado por última vez 08/10/2016 22:40. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=ODenKGOHMRkC&lpg=PA4&dq=Microcontroladores%20fundamentos%20y%20aplicaciones%20con%20PIC&pg=PA4#v=onepage&q=Microcontroladores:%20fundamentos%20y%20aplicaciones%20con%20PIC&f=false>

[37] C. B. Cejas, O. G. Crespillo, M. J. Jiménez, C. Ramírez, “Tipos de Lenguajes de Programación,” 2007. Visitado por última vez 20/12/2016 15:25. Disponible en: <https://isactividades.wikispaces.com/Programaci%C3%B3n>

[38] N.N. Lenguaje de programación. [online] Visitado por última vez 20/12/2016 15:17. Disponible en: <http://definicion.de/lenguaje-de-programacion>.

[39] N.N. Los 10 lenguajes de programación más populares en la actualidad, febrero 2016. [online] Visitado por última vez 20/12/2016 16:00. Disponible en:

[http://noticias.universia.com.ar/consejos-profesionales/noticia/2016/02/22/1136443/conoce-
cuales-lenguajes-programacion-populares.html](http://noticias.universia.com.ar/consejos-profesionales/noticia/2016/02/22/1136443/conoce-cuales-lenguajes-programacion-populares.html).

[40] P. J. Meseguer, “Programación de redes de sensores inalámbricos para aplicaciones domóticas,” Proyecto final de carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicación, Corporación Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia, 2007. pp. 30. [online] Visitado por última vez 08/09/2016 14:22. Disponible en: [http://docplayer.es/5180762-
Programacion-de-redes-de-sensores-inalambricas-para-aplicaciones-domoticas.html](http://docplayer.es/5180762-Programacion-de-redes-de-sensores-inalambricas-para-aplicaciones-domoticas.html)

[41] I. Pellejero, F. Andreu, A. Lesta, “Labores de estandarización” en Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN, Ed. Única, Marcombo S.A. España, 2006. pp. 22-24. [online] Visitado por última vez 01/05/2017 14:10. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=k3JuVG2D9lMC&lpg=PA24&dq=.%20Pellejero%2C%20F.%20Andreu%2C%20A.%20Lesta%2C%20en%20Fundamentos%20y%20aplicaciones%20de%20seguridad%20en%20redes%20WLAN&pg=PR4#v=onepage&q=.%20Pellejero,%20F.%20Andreu,%20A.%20Lesta,%20en%20Fundamentos%20y%20aplicaciones%20de%20seguridad%20en%20redes%20WLAN&f=false>

[42] IEEE STANDARDS ASSOCIATION, 802.11: Wireless LANs. [online] Visitado por última vez 15/09/2016 17:22. Disponible en: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>

[43] N.N. “Sistema de Alarma,” en Productos, Se2Tec [online] Visitado por última vez 12/09/2016 15:05. Disponible en: <http://www.setema.net>

[44] GOEXTÍN, S.L. C.I.F. B 92574854 N° R.E.I. 29/30802 Homologación en Sistemas Contra Incendios N° 29/73 ISO 9001:2000 Certificado ENAC 7198.

[45] FIRE-LITE ALARMS, “Low Profile Plug in Photoelectric an Ionization Smoke Detectors,” F-500, 1998.

[46] FIRE-LITE ALARMS, “5600 Series, Mechanical Heat Detector,” Document # DF-52400, 2004.

[47] FIRE-LITE ALARMS, “BG 12 Manual Fire Alarm Pull Stations,” Document # DF-52004:A1, 2008.

[48] FIRE-LITE ALARMS, “SpectrAlert Advance,” DF-52428:A, 2006.

[49] TYCO FIRE PROTECTION PRODUCTS, “Series TYFRB Pendent Sprinkler” PA 19446, 2014.

- [62] BOSCH, D7032 Expansor de Anunciador LED de Ocho Zonas.
- [63] BOSCH, Módulo de interfaz serie/USB DX4010V2.
- [64] BOSCH, B426 Módulo de comunicaciones Ethernet.
- [65] M. J. de Moraes Filho, “AMPLIFICADOR DE USO GERAL COM LM386,” Universidade Federal de Uberlândia, Brasil. [online] Visitado por última vez 07/02/2017 12:25. Disponible en: http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2011/IX_CEEL_029.pdf
- [66] LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier. [online] Visitado por última vez 07/02/2017 12:30. Disponible en: http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/Labs/LM386.pdf
- [67] O. Torres, “Hardware Arduino” en ARDUINO: Curso práctico de formación, Ed. Única, Alfaomega S.A. México, 2013. pp. 102.
- [68] A. García Gonzales, Arduino Mega, 2013. [online] Visitado por última vez 14/12/2016 15:35. Disponible en: <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama>
- [69] Waspnote Technical Guide, 2012. [online] Visitado por última vez 14/12/2016 15:40. Disponible en: http://www.libelium.com/v11-files/documentation/waspnote/waspnote-technical_guide_eng.pdf
- [70] Waspnote 868MHz [online] Visitado por última vez 07/11/2016 14:50. Disponible en: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12046/fichero/4_Capitulo4.pdf
- [71] ¿Qué es Waspnote? [online] Visitado por última vez 07/11/2016 14:55. Disponible en: <https://unpocodejava.wordpress.com/2012/08/21/que-es-waspnote>
- [72] Comandar un PIC a través de Internet [online] Visitado por última vez 14/12/2016 16:00. Disponible en: <http://www.aquihayapuntes.com/indice-practicas-pic-en-c/comandar-un-pic-a-traves-de-internet.html?limitstart=0>
- [73] 80C51 8-bit microcontroller family Datasheet. [online] Visitado por última vez 14/12/2016 16:10. Disponible en: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/philips/P89C51UFAA.pdf>
- [74] Arduino Ethernet Shield Datasheet. [online] Visitado por última vez 18/12/2016 22:10. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/w5100>
- [75] J. López, “Botellas de GLP” en Manual de instalación de GLP, CEPESA ELF GAS S.A. 2001. pp. 45-48. [online] Visitado por última vez 06/01/2017 11:50. Disponible en: <http://trendigas.com/Manual-de-Uso-de-Gas-L.P.pdf>
- [76] ASCO, Gas Shutoff Valves. [online] Visitado por última vez 07/02/2017 12:35. Disponible en: <http://www.asco.com/ASCO%20Asset%20Library/asco-series-214-gas-shutoff-compact-catalog.pdf>

[77] MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas. [online] Visitado por última vez 20/02/2017 23:00. Disponible en: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNS-MQ2/resources/MQ2.pdf>

[78] BFT, LINEA AUTOMATIZACIÓN PARA PUERTAS CORREDERAS. pp. 3-4.

[79] BFT, VISTA SL: LISTA DE PRODUCTOS. [online] Visitado por última vez 24/04/2017 16:32. Disponible en:

http://www.bft-automation.com/es_INT/detalle-de-la-familia/automatismos-para-puertas-correderas-vista-sl

[80] BFT, UNIPRO: PALM-TOP UNIVERSAL PROGRAMMER. [online] Visitado por última vez 1/05/2017 22:15. Disponible en: http://www.bft.cz/privat/navody/ridici_jedn/en/UNIPRO.pdf

[81] BFT, VISTA SL: INSTRUCCIONES DE USO Y DE INSTALACION. Figura Q2. pp. 8 [online] Visitado por última vez 24/04/2017 16:35. Disponible en:

http://www.verrocchio.it/web/images/stories/virtuemart/product/bft/vistaslc/istruzioni_vistaslc_ver4.pdf

[82] IEC 60617, Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams, 1996.

[83] ANSI/ISA-5.1, Instrumentation Symbols and Identification, 2009.

[84] ANSI/IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code), 2da Edición, 2001.

[85] ANSI/ISA-101.01, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems, 2015.

[86] P. Ponsa, M. Díaz, A. Català, "Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión," Universitat Politècnica de Catalunya.

[87] Implementación de interfaces hombre-máquina para centrales de generación eléctrica, Instituto Costarricense de Electricidad, UEN Producción de Electricidad, 2011.

[88] ANSI/ISA-18.2, Management of Alarm Systems for the Process Industries, 2009.

[89] LM386, LOW VOLTAGE AUDIO POWER AMPLIFIER. [online] Visitado por última vez 12/06/2017 10:20. Disponible en: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/413781/UTC/LM386.html>

[90] E. Tolocka, "Amplificador con LM386." 2015. [online] Visitado por última vez 12/06/2017 11:05. Disponible en <http://www.profetolocka.com.ar/2015/10/19/amplificador-con-lm386>

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO B

Extracto de las entrevistas realizadas al Ing. Julio Tierra, Responsable de Mantenimiento del Hospital General de Macas durante julio de 2016.

1. Señor ingeniero, según lo que usted ha podido constatar durante el ejercicio de sus funciones, ¿puede detallar las deficiencias que presenta el Sistema de Detección y Alarma contra Incendios del Hospital y sus posibles causas?

El sistema está debidamente homologado por el cuerpo de bomberos de Macas, quienes periódicamente lo evalúan y supervisan. Sin embargo, en aproximadamente 1 año que llevo en funciones, he podido detectar varias deficiencias como:

- El sistema no permite implementar herramientas tecnológicas, visuales o aditivas, que guíen a los usuarios, pacientes u hospitalizados sobre el uso adecuado del sistema y específicamente de las estaciones manuales. La gran mayoría de personas que acuden al hospital provienen de comunidades indígenas que no dominan el idioma español y esto podría ser un motivo por el cual se ocasionen las falsas alarmas. Promover una campaña que socialice este tipo de información podría ser una posible solución.
- El sistema no permite integrar elementos tecnológicos para monitorear una alarma de forma remota. Dentro del hospital somos 3 técnicos quienes estamos en la obligación de operar y supervisar el sistema y se han suscitado casos de falsas alarmas precisamente en su ausencia.
- Es necesario destinar un espacio de tiempo para que todo el personal del departamento de mantenimiento aplique los conocimientos básicos sobre la forma de operar el sistema. Las funciones del departamento de mantenimiento abarcan gran cantidad de tareas que a veces no se logran concluir durante la jornada laboral
- Un factor que afecta al desempeño del sistema es el mantenimiento de los dispositivos electrónicos, específicamente los detectores de humo, ya que la acumulación de polvo perturba su correcto funcionamiento. El sistema podría adicionar una función que programe e informe al operario el cronograma de mantenimiento para cada detector.
- Algunas áreas del establecimiento hacen uso de ciertos gases como: oxígeno (O₂), óxido nitroso (N₂O), helio (He) y gas licuado de petróleo (GLP) los cuales, en caso de incendio, podrían acrecentar el peligro y empeorar la situación. El sistema de detección y alarma contra incendios no es capaz de detectar una fuga de dichos gases e informar al operario, es decir, opera de forma independiente.
- Uno de los proyectos para el Hospital es la implementación de un sistema de puertas automáticas que faciliten la circulación de pacientes, médicos y enfermeras en el área de hospitalización. El sistema de alarma contra incendios podría trabajar en conjunto con la automatización de accesos para facilitar una eventual evacuación de personas en caso de emergencia.

ANEXO C

El código programado en el Arduino Mega 2560 se detalla a continuación:

1. Primero se incluyen las librerías necesarias y se configura la comunicación Ethernet en donde se define la dirección IP del dispositivo, IP del servidor, dirección MAC y puerto de comunicación.

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <SD.h>
#include <TMRpcm.h>
const int chipSelect = 4;
byte mac[] = {
  0x90, 0xA2, 0xDA, 0x00, 0x7E, 0xAE };
EthernetClient client;
EthernetServer server(80);
IPAddress ip(192,168,0,20);
char serverName[] = "192.168.0.12";
const unsigned long requestInterval = 60000;
unsigned long lastAttemptTime = 0;
```

2. Se definen los pines de entrada/salida. También se declaran variables tipo *int* que registran el estado 1 o 0 para cada entrada/salida y tipo *double* para registrar las muestras del sensor MQ-2.

```
int hornAddress[4] = { 5,6,11 };
int mq2Pin = A0;
int boxAddress[5] = { 37, 39, 41, 43, 45 };
int stationAddress[5] = { 36, 38, 40, 42, 44 };
int outputAddress[2] = { 30, 32 };
double mq2Value;
int c_ep, c_lab, c_emer, c_hosp, c_res,
  s_ep, s_lab, s_emer, s_hosp, s_res,
  valve, acceso, x;
TMRpcm tmrpcm;
```

3. El método principal o *void setup* define la velocidad de comunicación a 9600 baudios, configura los pines anteriormente declarados como entradas (*INPUT*) o salidas (*OUTPUT*) y por último, inicia la comunicación Ethernet con su correspondientes direcciones MAC, IP, Gateway y Subnet.

```

for (int var = 0; var < 5; var++) {
  pinMode(stationAddress[var], INPUT);
  pinMode(boxAddress[var], INPUT);
}
for (int var = 0; var < 2; var++) {
  pinMode(outputAddress[var], OUTPUT);
  digitalWrite(outputAddress[var], HIGH);
}
pinMode(53, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Ethernet.begin(mac,ip);
server.begin();

```

4. *Void loop* es el método secundario que contiene a los métodos *readBoxStatus*, *checkForClient*, *readMQ2*, *readIOStatus* y *connectToServer*.

```

void loop() {
  readBoxStatus();
  checkForClient()
  readMQ2();
  readIOStatus();
  connectToServer(c_ep,c_lab,c_emer,c_hosp,c_res,s_ep,s_lab,s_emer,s_hosp,s_res,valve,acceso,mq2Value);
}

```

5. *readBoxStatus* es el método que verifica el estado del cajetín y de ser necesario, utiliza la librería de audio incluida en un principio.

```

void readBoxStatus(){
  if (digitalRead(boxAddress[0]) == LOW ){
    tmrpcm.speakerPin = hornAddress[0];
    tmrpcm.setVolume(5);
    tmrpcm.play("voz.wav");
    delay(5000);
  }
  if (digitalRead(boxAddress[1]) == LOW ){
    tmrpcm.speakerPin = hornAddress[1];
    tmrpcm.setVolume(5);
    tmrpcm.play("voz.wav");
    delay(5000);
  }
  if (digitalRead(boxAddress[2]) == LOW ){

```

```

    tmrpcm.speakerPin = hornAddress[2];
    tmrpcm.setVolume(5);
    tmrpcm.play("voz.wav");
    delay(5000);
}
else
    tmrpcm.stopPlayback();
}

```

6. El método *checkForClient* utiliza la variable *x* tipo *char* para analizar la petición del usuario. Dicha petición ordena al sistema conmutar el estado a los pines de salida. A su vez, los pines de salida representan a los subsistemas acoplados.

```

void checkForClient(){
    EthernetClient client = server.available();
    if (client){
        x = client.read();
        Serial.println(x);}
    if (x == 48){
        digitalWrite(outputAddress[0], LOW);
        Serial.println("x=0");
    }
    if (x == 49){
        digitalWrite(outputAddress[0], HIGH);
        Serial.println("x=1");
    }
    if (x == 50){
        digitalWrite(outputAddress[1], LOW);
        Serial.println("x=2");
    }
    if (x == 51){
        digitalWrite(outputAddress[1], HIGH);
        Serial.println("x=3");
    }
}
}

```

7. *readMQ2* es el método encargado de convertir las lecturas de voltaje del sensor MQ-2 en unidades ppm.

```

void readMQ2(){
    int adc_mq2 = analogRead(mq2Pin);
    float voltaje = adc_mq2 * (5.0 / 1023.0);
    float Rs = 24700 * ((5 - voltaje) / voltaje);
    float Ro = 56445.66459 / 0.266;
}

```

```

double mq2Value = 22.316 * pow(Rs / Ro, -0.484);
if (mq2Value >= 200){
    digitalWrite(outputAddress[0], LOW);
    Serial.println("FUGA!");
}
}
}

```

8. El método *readIOStatus* se encarga de leer el estado de cada pin de entrada/salida del sistema.

```

void readIOStatus(){
    c_ep = digitalRead(boxAddress[0]);
    c_lab = digitalRead(boxAddress[1]);
    c_emer = digitalRead(boxAddress[2]);
    c_hosp = digitalRead(boxAddress[3]);
    c_res = digitalRead(boxAddress[4]);
    s_ep = digitalRead(stationAddress[0]);
    s_lab = digitalRead(stationAddress[1]);
    s_emer = digitalRead(stationAddress[2]);
    s_hosp = digitalRead(stationAddress[3]);
    s_res = digitalRead(stationAddress[4]);
    valve = digitalRead(outputAddress[0]);
    acceso = digitalRead(outputAddress[1]);
}

```

9. Finalmente se ejecuta el método *connectToServer* el cual se encarga de enviar la información al servidor.

```

void connectToServer(int c_ep,int c_lab,int c_emer,int c_hosp,int c_res,int s_ep,int s_lab,int s_emer ,int s_hosp,int s_res,int valve, int acceso,double mq2Value) {
    Serial.println("conectando al servidor...");
    if (client.connect(serverName, 80)) {
        Serial.println("making HTTP request...");
        client.print("GET /codigos/tabla.php?GLP=");
        client.print(mq2Value);
        client.print("&c_ep=");
        client.print(c_ep);
        client.print("&c_lab=");
        client.print(c_lab);
        client.print("&c_emer=");
        client.print(c_emer);
        client.print("&c_hosp=");
        client.print(c_hosp);
        client.print("&c_res=");
        client.print(c_res);
        client.print("&s_ep=");
    }
}

```

```
client.print(s_ep);
client.print("&s_lab=");
client.print(s_lab);
client.print("&s_emer=");
client.print(s_emer);
client.print("&s_hosp=");
client.print(s_hosp);
client.print("&s_res=");
client.print(s_res);
client.print("&actuador=");
client.print(acceso);
client.print("&valvula=");
client.print(valve);
client.println(" HTTP/1.0");
client.println("HOST: 192.168.0.12");
client.println();
}
lastAttemptTime = millis();
client.stop();
client.flush();
delay(5000);
}
```

ANEXO D

El sistema incluye ciertos módulos prefabricados que son: Arduino Mega, detector MQ-2 y módulo relé. Las etapas restantes del sistema fueron agrupadas en dos placas electrónicas adicionales cuyas funciones son:

1. Adquisición de datos para las ESTACIONES MANUALES y CAJETINES.
2. AMPLIFICADORES DE AUDIO.

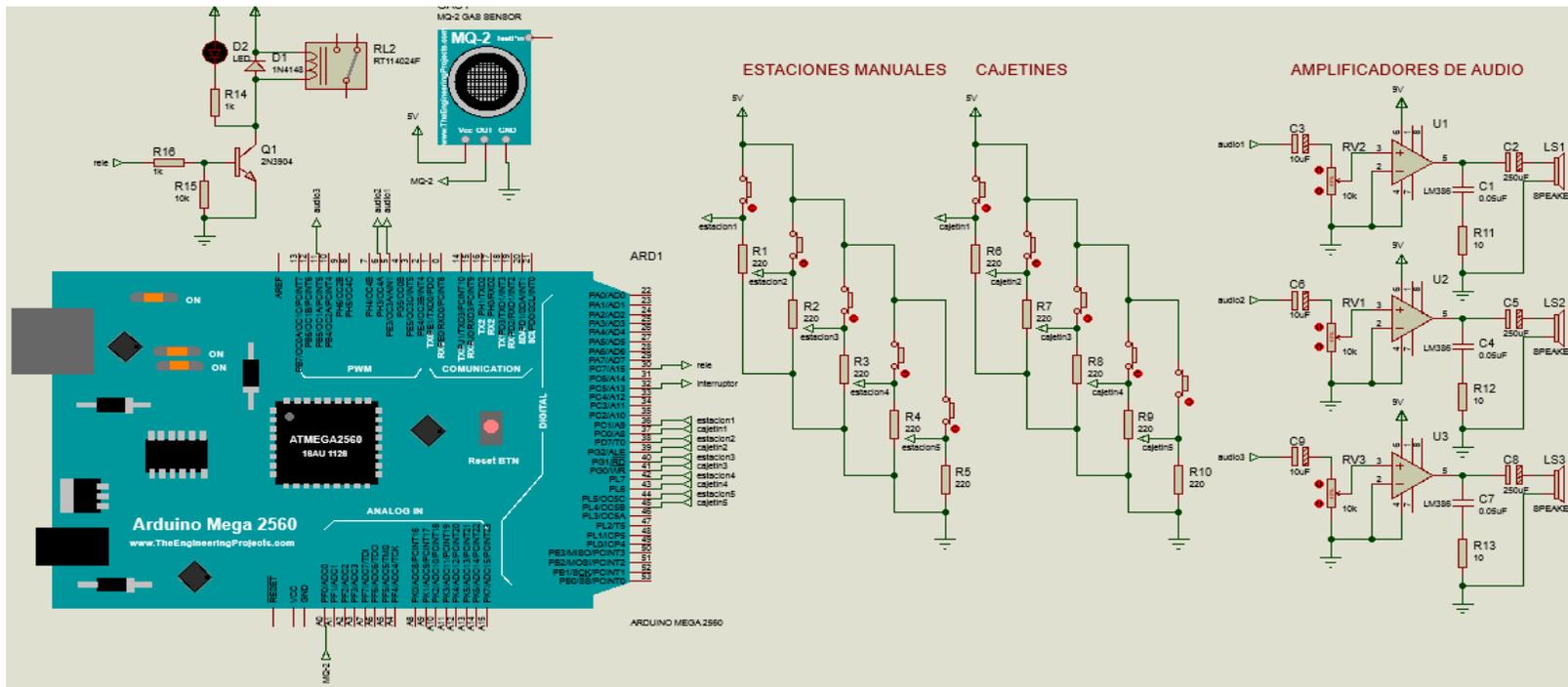


Figura 1. Simulación del sistema electrónico en Proteus.

Para la adquisición de datos se diseñó un circuito de pulsadores con una configuración de resistencia *pull down*. La placa presenta unas dimensiones de 5.5 x 4,5cm y se ilustra en la figura 2.

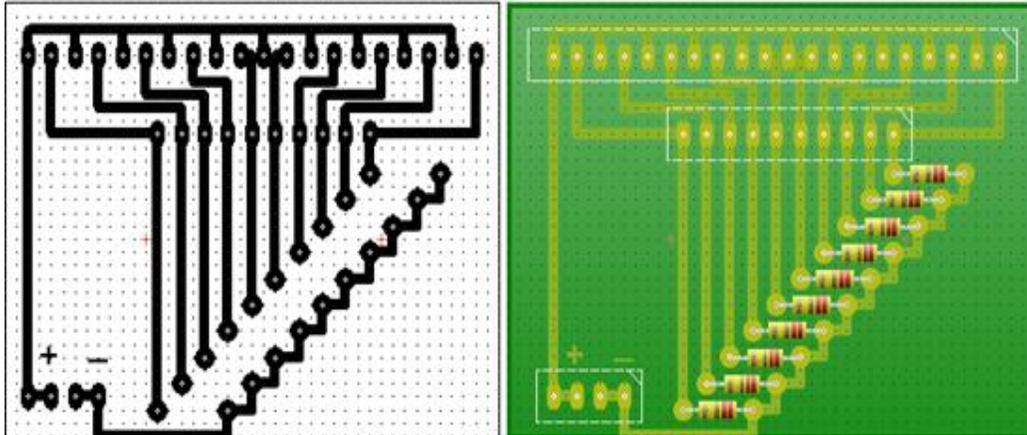


Figura 2. a) Pistas de la placa electrónica de adquisición de datos. b) Placa electrónica de adquisición de datos.

Ya que el sistema integrará un sistema de audio, se diseñó un circuito que integra 3 amplificadores LM386. La placa presenta unas dimensiones de 4,8 x 11,5cm y se ilustra en las figuras 3 y 4.

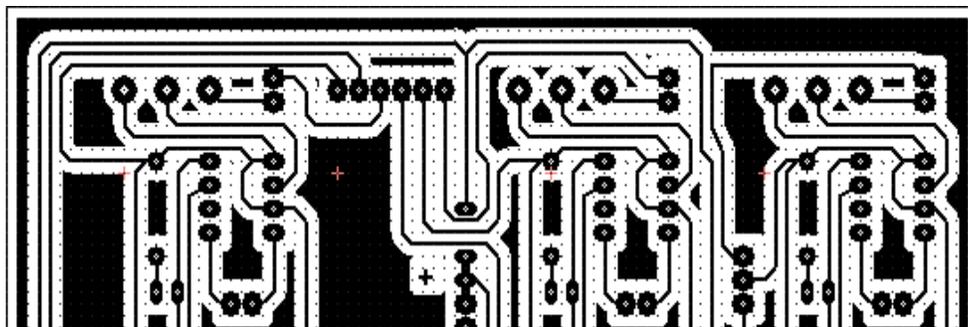


Figura 3. Pistas de la placa electrónica para los amplificadores de audio.

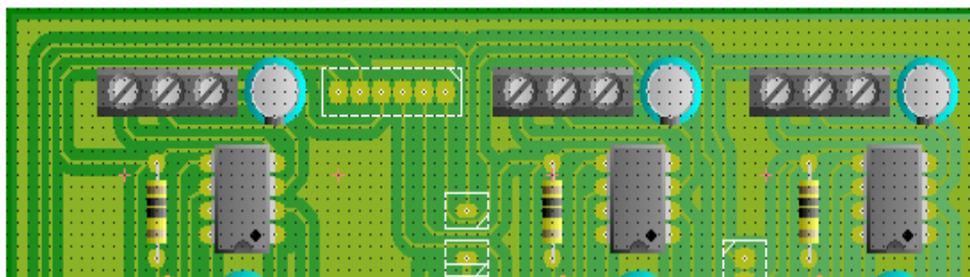


Figura 4. Placa electrónica para los amplificadores de audio.

ANEXO E

A continuación, se presenta el procedimiento para crear el servidor del Sistema de Control y Protección contra Incendios.

1. Se modifica la contraseña del dispositivo.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo passwd pi
Enter new UNIX password:
Retype new UNIX password:
passwd: password updated successfully
pi@raspberrypi:~ $ sudo passwd root
Enter new UNIX password:
Retype new UNIX password:
passwd: password updated successfully
```

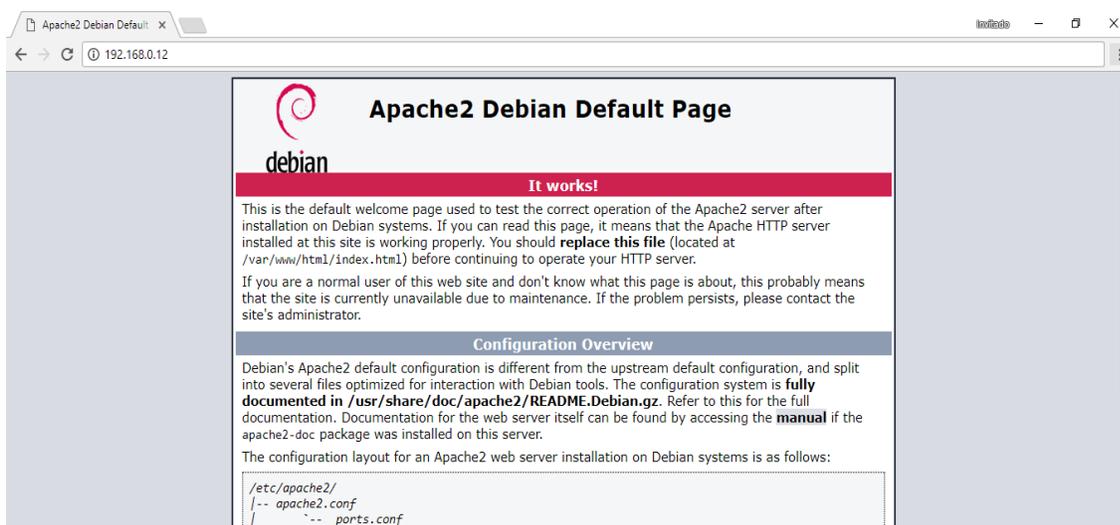
2. Se actualiza los repositorios con los comandos “sudo apt-get update” y “sudo apt-get upgrade”.

```
pi@raspberrypi: ~
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/contrib Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/main Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/main Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/non-free Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/non-free Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/rpi Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/rpi Translation-en
Fetched 9,931 kB in 24s (409 kB/s)
Reading package lists... Done
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
Calculating upgrade... Done
The following packages have been kept back:
  pix-icons pix-plym-splash pixel-wallpaper raspberrypi-ui-mods
The following packages will be upgraded:
  alacarte bind9-host binutils bluez-firmware ca-certificates debconf
  debconf-il8n debconf-utils e2fslibs e2fsprogs firmware-atheros
  firmware-brcm80211 firmware-libertas firmware-ralink firmware-realtek
  girl.2-gdkpixbuf-2.0 git git-core git-man gnupg gpgv gpview
  gstreamer1.0-alsa gstreamer1.0-plugins-bad gstreamer1.0-plugins-base
```

3. Se

```
pi@raspberrypi: ~
Configurando raspi-config (20170307) ...
Procesando disparadores para libc-bin (2.19-18+deb8u7) ...
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install apache2 -y
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes extras:
  apache2-bin apache2-data apache2-utils libapr1 libaprutil1
  libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap liblua5.1-0 ssl-cert
Paquetes sugeridos:
  apache2-doc apache2-suexec-pristine apache2-suexec-custom openssl-blacklist
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
  apache2 apache2-bin apache2-data apache2-utils libapr1 libaprutil1
  libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap liblua5.1-0 ssl-cert
0 actualizados, 10 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
Se necesita descargar 1.750 kB de archivos.
Se utilizarán 5.241 kB de espacio de disco adicional después de esta operación.
Des:1 http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie/main libapr1 armhf 1.5
.1-3 [77,1 kB]
Des:2 http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie/main libaprutil1 armhf
1.5.4-1 [75,9 kB]
Des:3 http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie/main libaprutil1-dbd-s
```

4. Al culminar la instalación de Apache2, desde un navegador ingresamos a la dirección del servidor web donde se muestra lo siguiente:



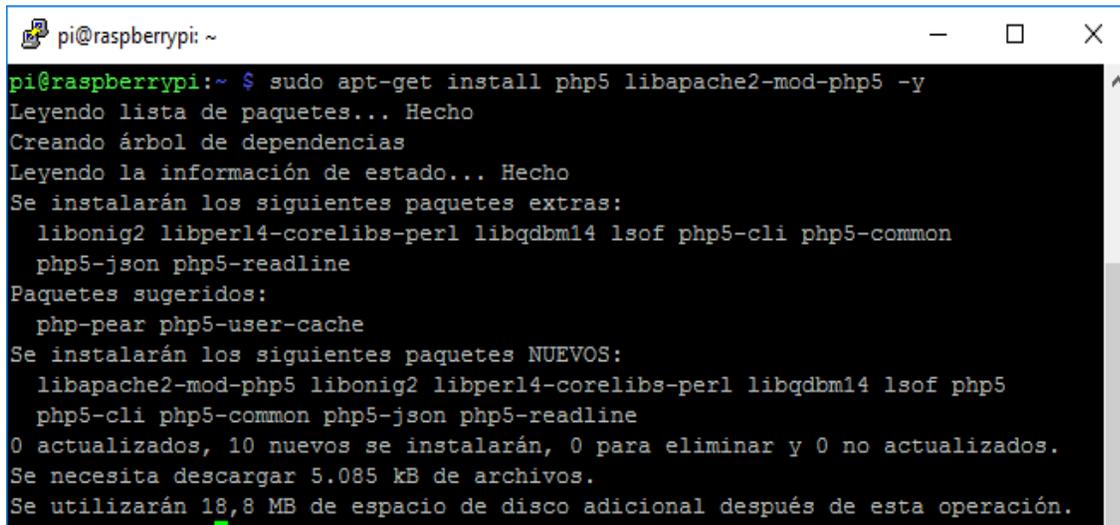
5. El directorio donde se guardan los archivos o páginas que muestra el servidor web es: /var/www/html. En dicho directorio, el archivo “index.html” es la página por default que nos aparece.

```
pi@raspberrypi: /var/www/html
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html
pi@raspberrypi:/var/www/html $ ls -al
total 20
drwxr-xr-x 2 root root 4096 mar 21 19:33 .
drwxr-xr-x 3 root root 4096 mar 21 19:33 ..
-rw-r--r-- 1 root root 10701 mar 21 19:33 index.html
pi@raspberrypi:/var/www/html $
```

```
pi@raspberrypi: /var/www/html
Enabling module env.
Enabling module mime.
Enabling module negotiation.
Enabling module setenvif.
Enabling module filter.
Enabling module deflate.
Enabling module status.
Enabling module reqtimeout.
Enabling conf charset.
Enabling conf localized-error-pages.
Enabling conf other-vhosts-access-log.
Enabling conf security.
Enabling conf serve-cgi-bin.
Enabling site 000-default.
Setting up ssl-cert (1.0.35) ...
Processing triggers for libc-bin (2.19-18+deb8u10) ...
Processing triggers for systemd (215-17+deb8u7) ...
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html/
pi@raspberrypi:/var/www/html $ ls -al
```

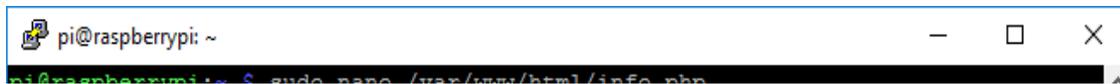
INSTALACIÓN DE PHP

1. Para instalar PHP se ingresa el siguiente código:



```
pi@raspberrypi: ~  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y  
Leyendo lista de paquetes... Hecho  
Creando árbol de dependencias  
Leyendo la información de estado... Hecho  
Se instalarán los siguientes paquetes extras:  
  libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php5-cli php5-common  
  php5-json php5-readline  
Paquetes sugeridos:  
  php-pear php5-user-cache  
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:  
  libapache2-mod-php5 libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php5  
  php5-cli php5-common php5-json php5-readline  
0 actualizados, 10 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.  
Se necesita descargar 5.085 kB de archivos.  
Se utilizarán 18,8 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
```

2. Al finalizar la instalación, se crea el fichero “info.php” en el directorio de la página web mediante el comando:



```
pi@raspberrypi: ~  
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /var/www/html/info.php
```

3. En el fichero “info.php” se inserta el siguiente código php:



```
GNU nano 2.2.6 Fichero: /var/www/html/info.php Modificado
```

4. Al abrir el navegador en la dirección: .../info.php se observa lo siguiente:

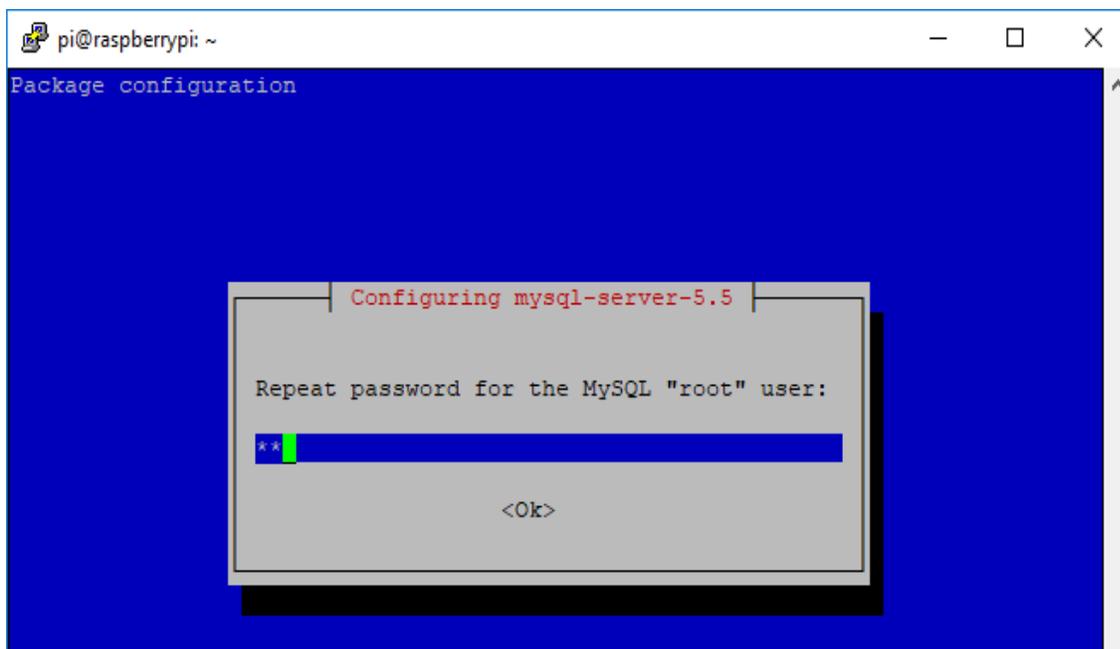
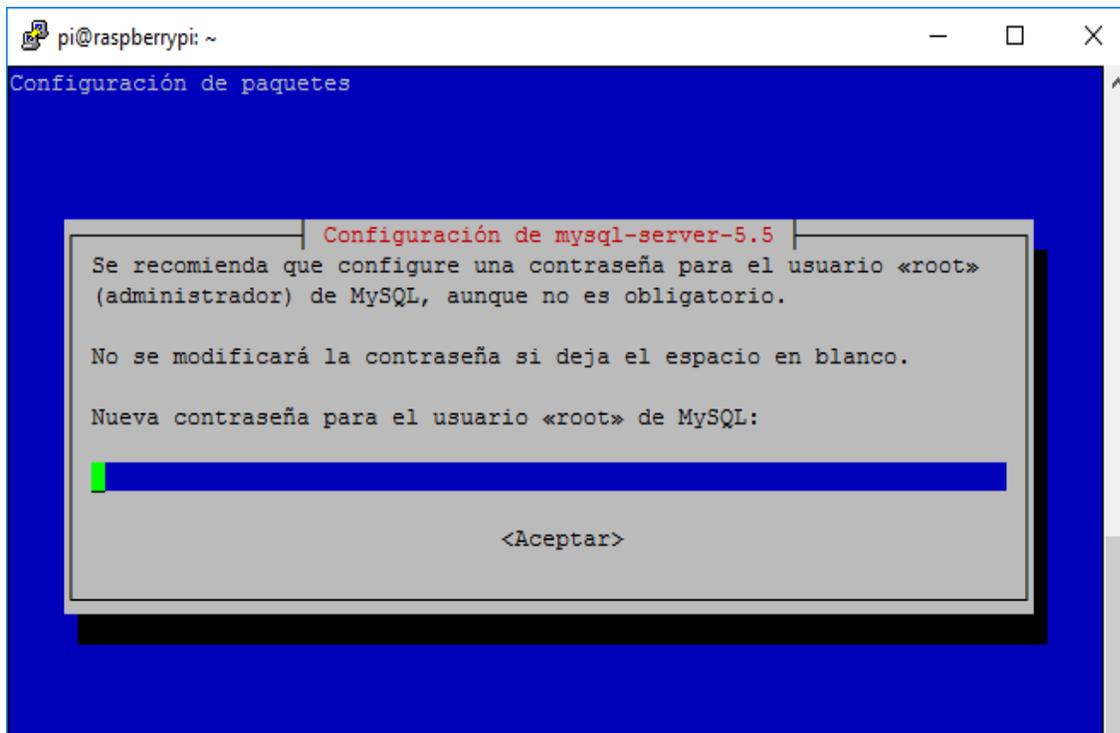
PHP Version 5.6.30-0+deb8u1	
System	Linux raspberrypi 4.9.35-v7+ #1014 SMP Fri Jun 30 14:47:43 BST 2017 armv7l
Build Date	Apr 14 2017 15:27:54
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php5/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php5/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php5/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php5/apache2/conf.d/05-opcache.ini, /etc/php5/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php5/apache2/conf.d/20-json.ini
PHP API	20131106
PHP Extension	20131226
Zend Extension	220131226
Zend Extension Build	API220131226.NTS
PHP Extension Build	API20131226.NTS
Debug Build	no
Thread Safety	disabled
Zend Signal Handling	disabled
Zend Memory Manager	enabled
Zend Multibyte Support	provided by mbstring
IPv6 Support	enabled
DTrace Support	enabled
Registered PHP Streams	https, ftps, compress.zlib, compress.bzip2, php, file, glob, data, http, ftp, phar, zip

INSTALACIÓN DE MySQL

1. Para instalar MySQL se ingresa el siguiente código:

```
pi@raspberrypi: ~  
php5_invoke: Enable module mysql for cli SAPI  
  
Creating config file /etc/php5/mods-available/mysqli.ini with new version  
php5_invoke: Enable module mysqli for apache2 SAPI  
php5_invoke: Enable module mysqli for cli SAPI  
  
Creating config file /etc/php5/mods-available/pdo_mysql.ini with new version  
php5_invoke: Enable module pdo_mysql for apache2 SAPI  
php5_invoke: Enable module pdo_mysql for cli SAPI  
Procesando disparadores para libc-bin (2.19-18+deb8u7) ...  
Procesando disparadores para systemd (215-17+deb8u6) ...  
Procesando disparadores para libapache2-mod-php5 (5.6.29+dfsg-0+deb8u1) ...  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql  
Leyendo lista de paquetes... Hecho  
Creando árbol de dependencias  
Leyendo la información de estado... Hecho  
mysql-server ya está en su versión más reciente.  
php5-mysql ya está en su versión más reciente.  
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
```

2. Se ingresa la contraseña para el usuario “root”. En este caso será “jr”.



3. Se inicia MySQL y se comprueba su funcionamiento.

```
pi@raspberrypi: ~
php5_invoke: Enable module mysqli for cli SAPI

Creating config file /etc/php5/mods-available/pdo_mysql.ini with new version
php5_invoke: Enable module pdo_mysql for apache2 SAPI
php5_invoke: Enable module pdo_mysql for cli SAPI
Processing triggers for libc-bin (2.19-18+deb8u10) ...
Processing triggers for systemd (215-17+deb8u7) ...
Processing triggers for libapache2-mod-php5 (5.6.30+dfsg-0+deb8u1) ...
pi@raspberrypi:~ $ sudo service mysql start
pi@raspberrypi:~ $ mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 43
Server version: 5.5.57-0+deb8u1 (Raspbian)

Copyright (c) 2000, 2017, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

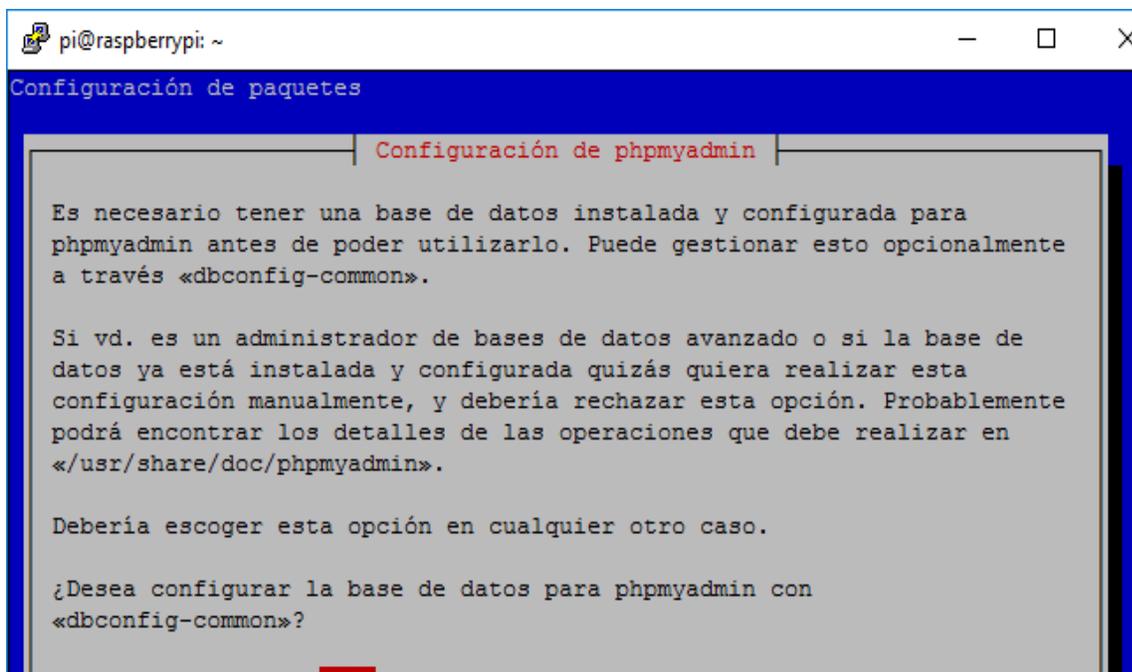
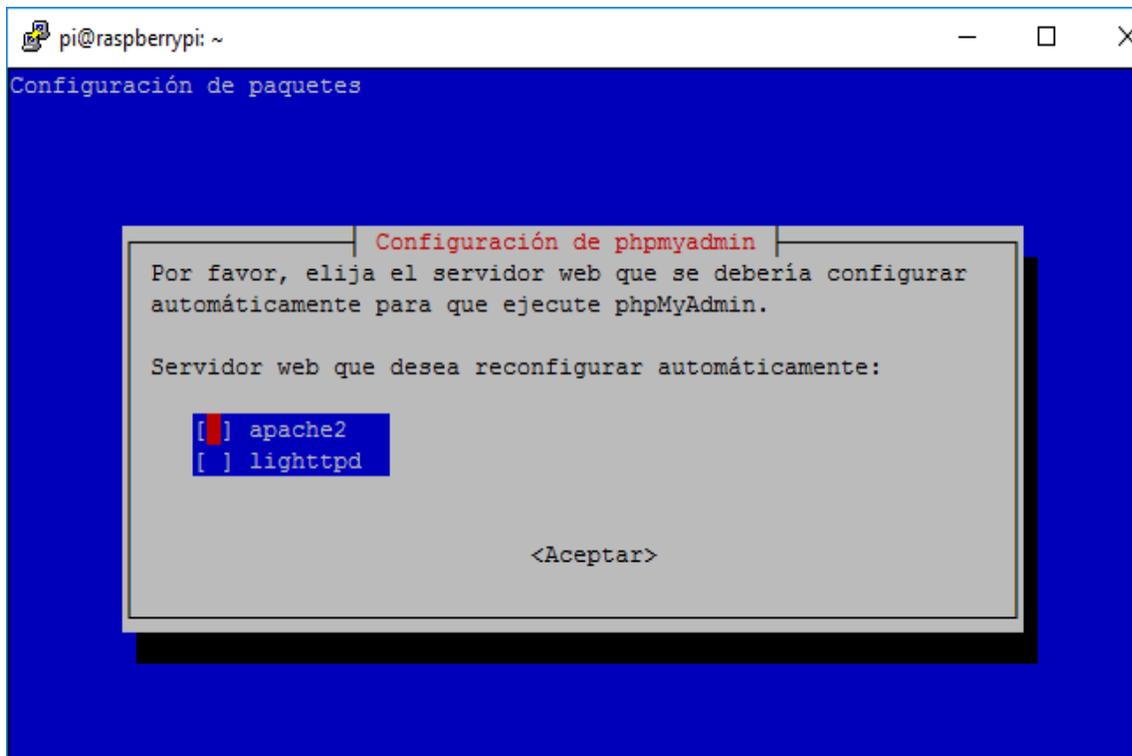
Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.
```

INSTALACIÓN DE PHPMYAdmin

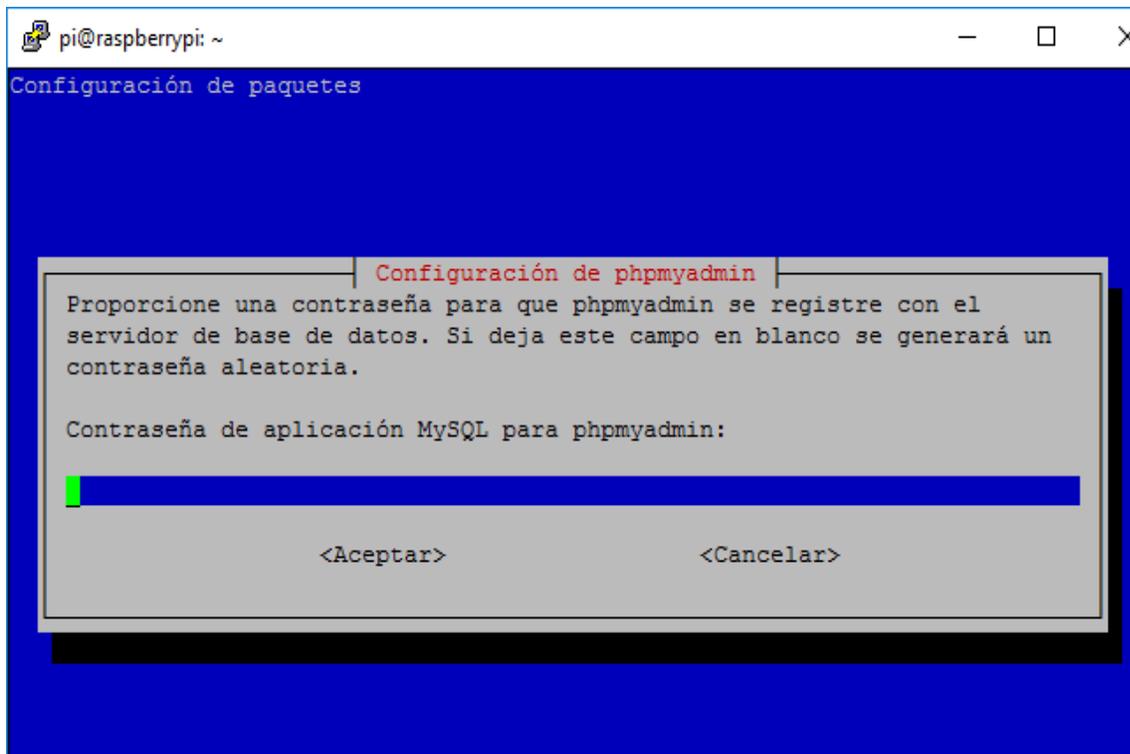
1. Para instalar PHPMYAdmin se ingresa el siguiente código:

```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install phpmysqladmin
```

2. Se realiza las siguientes configuraciones:



3. Se ingresa la contraseña para la aplicación. En este caso será “jr”.



4. Se configura Apache para trabajar con phpMyAdmin ingresando al archivo de configuración de Apache2 y añadiendo el siguiente código al final del fichero:

```
pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6      Fichero: /etc/apache2/apache2.conf      Modificado
#
LogFormat "%v:%p %h %l %u %t \"%r\" %>s %O \"%{Referer}i\" \"%{User-Agent}i\"" $
LogFormat "%h %l %u %t \"%r\" %>s %O \"%{Referer}i\" \"%{User-Agent}i\"" combin$
LogFormat "%h %l %u %t \"%r\" %>s %O" common
LogFormat "%{Referer}i -> %U" referer
LogFormat "%{User-agent}i" agent

# Include of directories ignores editors' and dpkg's backup files,
# see README.Debian for details.

# Include generic snippets of statements
IncludeOptional conf-enabled/*.conf

# Include the virtual host configurations:
IncludeOptional sites-enabled/*.conf

# vim: syntax=apache ts=4 sw=4 sts=4 sr noet
```

5. Se guarda la configuración y se reinicia el servicio de Apache.

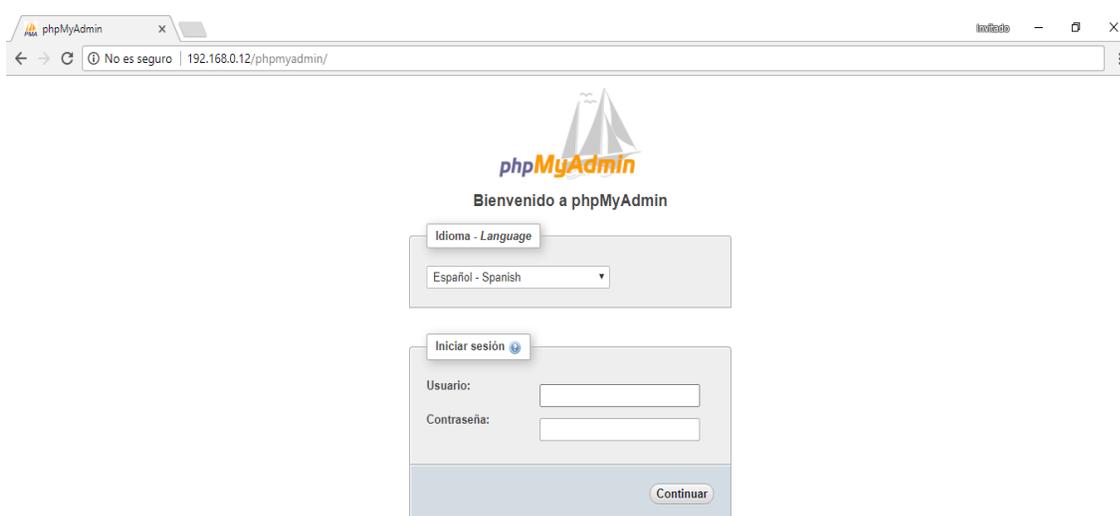
```
pi@raspberrypi: ~
Configurando php5-mcrypt (5.6.29+dfsg-0+deb8u1) ...

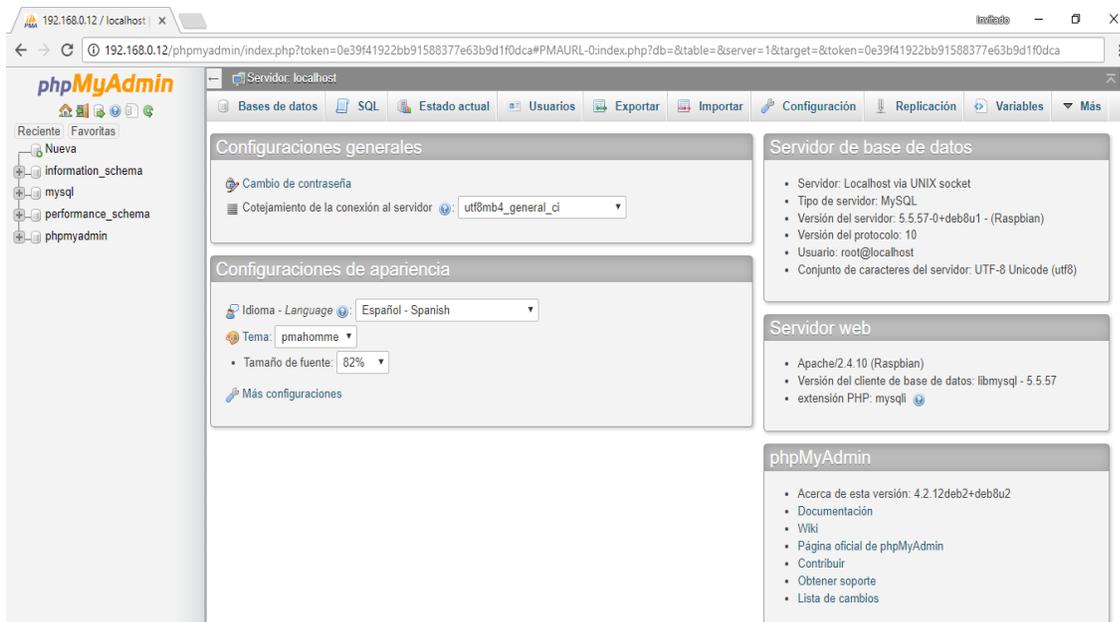
Creating config file /etc/php5/mods-available/mcrypt.ini with new version
php5_invoke: Enable module mcrypt for apache2 SAPI
php5_invoke: Enable module mcrypt for cli SAPI
Configurando phpmyadmin (4:4.2.12-2+deb8u2) ...
dbconfig-common: writing config to /etc/dbconfig-common/phpmyadmin.conf

Creating config file /etc/dbconfig-common/phpmyadmin.conf with new version

Creating config file /etc/phpmyadmin/config-db.php with new version
granting access to database phpmyadmin for phpmyadmin@localhost: success.
verifying access for phpmyadmin@localhost: success.
creating database phpmyadmin: success.
verifying database phpmyadmin exists: success.
populating database via sql... done.
dbconfig-common: flushing administrative password
apache2_invoke: Enable configuration phpmyadmin
Procesando disparadores para libc-bin (2.19-18+deb8u7) ...
Procesando disparadores para libapache2-mod-php5 (5.6.29+dfsg-0+deb8u1) ...
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/apache2/apache2.conf
pi@raspberrypi:~ $ sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

6. Ingresando desde un navegador web a verificar la instalación de phpMyAdmin se observa lo siguiente:





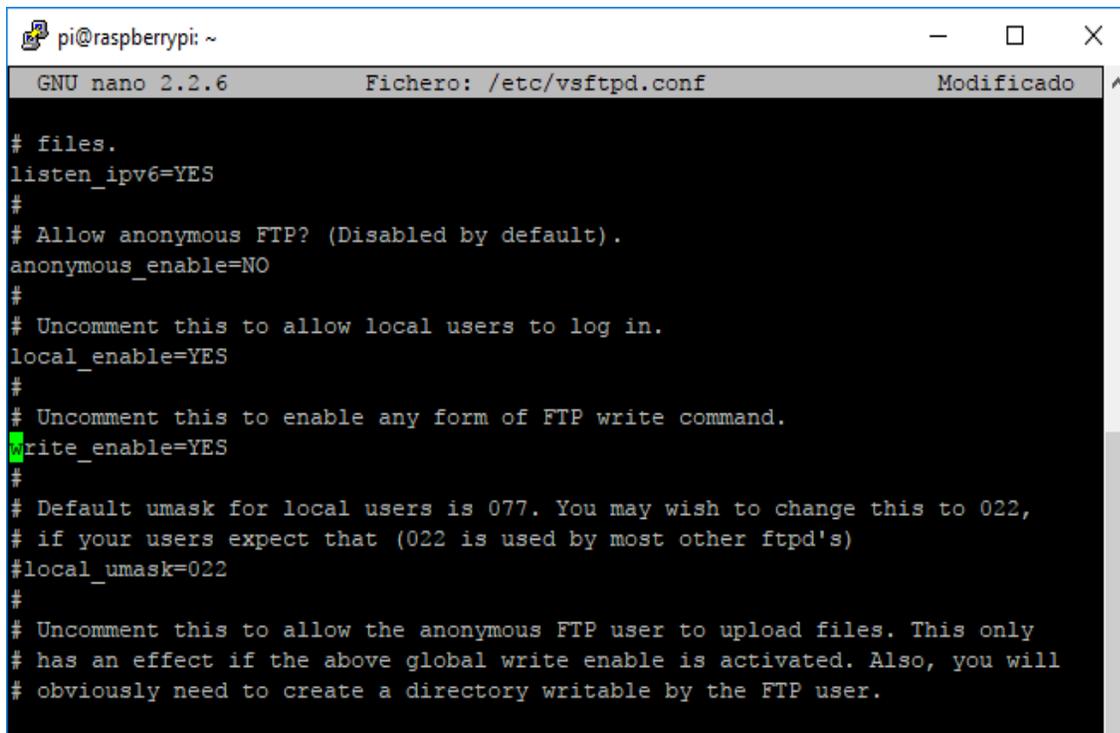
INSTALACIÓN DE FTP

1. Para instalar FTP se ingresa el siguiente código:

```
pi@raspberrypi: ~  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install vsftpd  
Leyendo lista de paquetes... Hecho  
Creando árbol de dependencias  
Leyendo la información de estado... Hecho  
Se instalarán los siguientes paquetes extras:  
  dialog  
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:  
  dialog vsftpd  
0 actualizados, 2 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.  
Se necesita descargar 373 kB de archivos.  
Se utilizarán 1.001 kB de espacio de disco adicional después de esta operación.  
¿Desea continuar? [S/n] s  
Des:1 http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie/main dialog armhf 1.2-  
20140911-1 [233 kB]
```

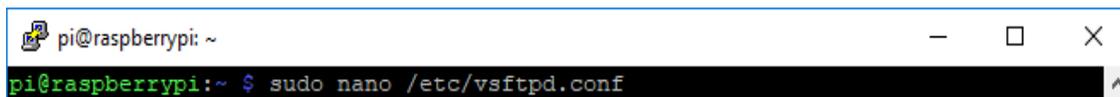
2. Se ingresa al fichero “vsftpd.conf”.

3. Se modifica el fichero “vsftpd.conf”:



```
pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 Fichero: /etc/vsftpd.conf Modificado
# files.
listen_ipv6=YES
#
# Allow anonymous FTP? (Disabled by default).
anonymous_enable=NO
#
# Uncomment this to allow local users to log in.
local_enable=YES
#
# Uncomment this to enable any form of FTP write command.
write_enable=YES
#
# Default umask for local users is 077. You may wish to change this to 022,
# if your users expect that (022 is used by most other ftpd's)
#local_umask=022
#
# Uncomment this to allow the anonymous FTP user to upload files. This only
# has an effect if the above global write enable is activated. Also, you will
# obviously need to create a directory writable by the FTP user.
```

4. Se reinicia el servicio de FTP.



```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/vsftpd.conf
```

5. Se crea una carpeta para cargar la programación del servidor.

```
pi@raspberrypi: /var/www/html
20140911-1 [233 kB]
Get:2 http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie/main vsftpd armhf 3.0.2-17+deb8ul [140 kB]
Fetched 373 kB in 4s (85.8 kB/s)
Preconfiguring packages ...
Selecting previously unselected package dialog.
(Reading database ... 116091 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../dialog_1.2-20140911-1_armhf.deb ...
Unpacking dialog (1.2-20140911-1) ...
Selecting previously unselected package vsftpd.
Preparing to unpack .../vsftpd_3.0.2-17+deb8ul_armhf.deb ...
Unpacking vsftpd (3.0.2-17+deb8ul) ...
Processing triggers for man-db (2.7.5-1~bpo8+1) ...
Processing triggers for systemd (215-17+deb8u7) ...
Setting up dialog (1.2-20140911-1) ...
Setting up vsftpd (3.0.2-17+deb8ul) ...
Processing triggers for systemd (215-17+deb8u7) ...
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /etc/vsftpd.conf
pi@raspberrypi:~ $ sudo service vsftpd restart
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html/
pi@raspberrypi:/var/www/html $ mkdir codigos
mkdir: cannot create directory 'codigos': Permission denied
```

ANEXO F

Las principales instrucciones programadas para la aplicación se detallan a continuación:

1. Al inicializar la pantalla principal de la aplicación se ejecuta la instrucción *Initialize*, mostrado en la figura 1, la cual declara la dirección url de comunicación e interacción. En este caso, la url es la dirección IP del servidor web.

```
when monitoreo .Initialize
do set Web1 .Url to "http://192.168.0.12"
```

Figura 1. Función Initialize.

2. El bloque principal, mostrado en la figura 2, desarrolla la interacción con el servidor utilizando la instrucción *GotText*. Esta instrucción extrae parte del código que utiliza el servidor para construir la página mostrada al usuario y lo compara con un segmento específico de texto. El segmento de texto que se espera obtener indica el estado de las entradas y salidas del sistema. Si el texto extraído coincide con el comparado, se activan las notificaciones.

```
when Web1 .GotText
url responseCode responseType responseContent
do
  if
    contains text get responseContent or contains text get responseContent
    piece "<!estacion 1 ON>" or piece "<!estacion 2 ON>"
  then
    set alarm .Visible to true
    call notif
    call delay
  else
    set alarm .Visible to false
  if
    contains text get responseContent or contains text get responseContent
    piece "<!caja 1 ON>" or piece "<!caja 2 ON>"
  then
    set caution .Visible to true
  else
    set caution .Visible to false
  if
    contains text get responseContent
    piece "<!gas ON>"
  then
    set fuga .Visible to true
```

Figura 2. Función GotText.

3. El evento denominado *notif* dentro del bloque *GotText* contiene ciertas instrucciones que activan las funciones físicas tales como: vibración del dispositivo y audio de los altavoces. Este evento sirve para alertar al usuario sobre un evento de emergencia.

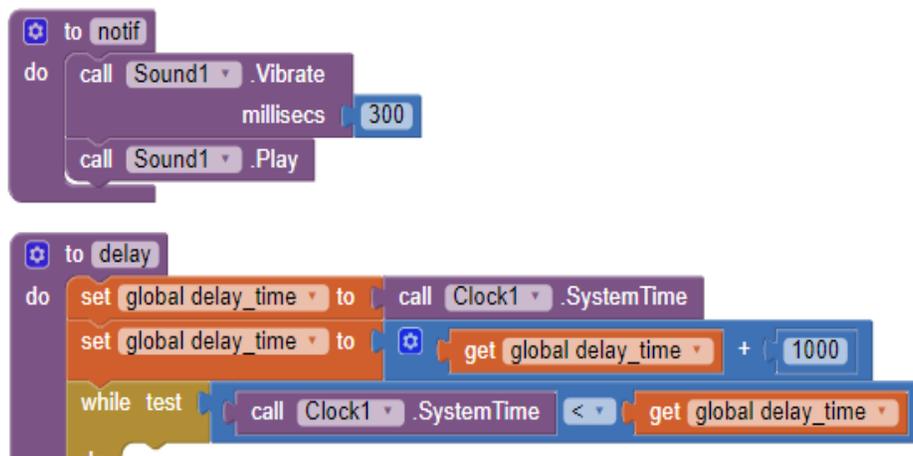


Figura 3. Evento notif para activar las alertas.

4. La instrucción *Click*, mostrada en la figura 4, permite al usuario aplicar la función *Acknowledge* para gestión de alarmas. Se silencian o desactivan las notificaciones y el usuario tiene cierto periodo de tiempo para solucionar el o los factores que provocan dichas alarmas. En este caso se aplica un *delay* de 300000 milisegundos.



Figura 4. Función *Click* para el botón Acknowledge.

ANEXO G