MASCARA ELECTRÓNICA PARA LA PROTECCIÓN Y DETECCIÓN DE HUMOS Y GASES EN SOLDADURA

Jaime Alberto Ramirez Rojas, jaimiros_12@hotmail.com
Luis Eduardo Portillo Betancourt, luixedu2209@hotmail.com
Juan Carlos Chauca Chauca, juankof@hotmail.com

Trabajo de Grado para optar al título de

Tecnólogo en Electrónica Industrial

Director: Julio Fabio De La Cruz Gomez,

Ingeniero Electrónico

Institución Universitaria Antonio José Camacho
Facultad de Ingenierías

Tecnología en Electrónica Industrial
Cali - Colombia
2019

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria Antonio José Camacho para optar al título de Tecnólogo en Electrónica industrial.

_____

Jurado

_____

Jurado

Santiago de Cali, 9 de febrero de 2019

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia en especial a mi madre y mi esposa por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, compañeros y amigos que aportaron a mi formación tanto profesional como ser un mejor ser humano.

Luis Eduardo Portillo Betancourt

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo, la entrega a lo que se quiere lograr y realizar todo trabajo con amor. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez que el esfuerzo de hoy es el éxito de mañana.

Juan Carlos Chacua Chacua

Este proyecto se lo dedico a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes en los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. A mi hermana que siempre me apoyó incondicionalmente en la parte moral y económica para llegar a ser un buen profesional.

Jaime Alberto Ramírez Rojas

Agradecimientos

En el presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, dando motivos y conocimiento para poder llegar con éxito a las metas propuestas. A mi madre la luchadora que siempre me dijo que no me rindiera y a mi esposa por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Luis Eduardo Portillo Betancourt

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo, a mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino y por último a todos los profesores de la universidad por transmitirme todo el conocimiento.

Juan Carlos Chacua Chacua

Primero a Dios por la oportunidad que tuve de llegar a esta universidad. Al grupo de profesores que me ayudaron con mis inquietudes para el desarrollo de este proyecto. A las personas que de una u otra manera me aportaron para el desarrollo del mismo.

Jaime Alberto Ramírez Rojas

Tabla de contenido

1. Resumen 12
2. INTRODUCCIÓN 14
3. OBJETIVOS 15
3.1 Objetivo general 15
3.2 Objetivos específicos 15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16
5. MARCO TEÓRICO 17
5.1 Generalidades sobre las máscaras de protección en soldadura 17
5.1.1. El proceso de soldadura en la industria. 18
5.1.2. Aplicaciones de la soldadura en la industria 19
5.2 Tipos de soldaduras 21
La manera de soldar ha evolucionado con el pasar del tiempo, de igual forma las maneras de realizar este proceso también, es por ello que a continuación se menciona los tipos de soldadura más empleados en la actualidad: 21
5.2.1. Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido 21
5.2.2. Soldadura por Arco Sumergido (SAW): 22
5.2.3. Soldadura oxiacetilénica 23
5.2.4. Soldadura por resistencia 23
5.2.5. Soldadura Metal Gas Inerte (MIG) / Metal Gas Activo (MAG) 24
5.3 Tipos de procesos de soldadura automáticos 25
5.3.1. Proceso MIG MAG automático 25
5.3.2. Proceso MIG MAG robotizado. 26
5.4 Realización del proceso de soldadura manual 27
5.4.1 Equipamiento del operario 28
Protección respiratoria. 29
5.4.2 Procedimientos realizados por el operario al soldar 32
5.4.3. Cuidados del operario al soldar. 33
5.5 Enfermedades producidas por el proceso de soldadura manual 34
5.5.1 Efectos sobre la salud a corto plazo (agudos). 34

5.5.2 Efectos sobre la salud a largo plazo (crónico). 35
5.6 Gases que se producen en el proceso de soldadura 36
5.6.1 Monóxido De Carbono CO 36
5.6.2 Dióxido De Carbono CO2 37
5.6.3 Óxido Nítrico NO 38
5.6.4 Dióxido de Nitrógeno NO2 38
5.7 Máscaras empleadas en el proceso de soldadura 39
5.7.1 Mascara para soldar de mano. 40
5.7.2. Máscara para soldar de cabeza 40
5.7.3. Máscara para soldar fotosensible 41
6. IMPLEMENTACIÓN 42
6.1 Caracterización y Construcción de la Máscara Electrónica de Protección 42
6.1.1 Descripción general de la máscara. 42
6.1.2 Partes y características de la máscara 43
6.1.3 Materiales empleados 45
6.1.4 características. 46
6.1.5 Pasos y Proceso de Construcción. 48
6.2 Implementación electrónica del prototipo de la máscara 53
6.2.1 Descripción general del sistema electrónico. 53
6.2.2 Sistema micro controlado de control. 55
6.2.2.1 Arduino mini pro. 56
6.2.2.2Conexiones y terminales empleados 58
6.2.3 Sensores implementados en la máscara. 60
6.2.3.1Sensor de temperatura DS18B20. 60
6.2.3.2 Sensor MQ-7 para medir monóxido de carbono. 61
6.2.3.3 Sensor MQ-131 para medir óxidos nitrosos. 68
6.2.3.4 Sensor MQ-135 para medir dioxido de carbono. 70
6.2.4 Sistema de alarma 74
6.2.5 Sistema de ventilado 77
6.2.5 Sistema de alimentación. 80
7. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE OPERACIÓN GENERAL DE LA MÁSCARA 81

7.1 Programación del controlador (ventiladores) 83
7.2 Programación de sistema de alarma 85
8. PRUEBAS Y RESULTADOS 86
8.1 Pruebas de funcionamiento de la máscara sin filtros 86
8.1.1 Descripción de la prueba. 86
8.1.2 Resultados de la prueba. 86
8.1.3 Observaciones y conclusiones de la prueba. 86
8.2 Pruebas de funcionamiento de la máscara con filtros 87
8.2.1 Descripción de la prueba. 87
8.2.3 Resultados de la prueba 87
8.2.3 Observaciones y conclusiones de la prueba. 88
8.3 Pruebas realizadas en el sensor de temperatura DS18B20 88
8.3.1 Descripción de la prueba. 88
8.3.2 Resultados de la prueba. 88
8.3.3 Observaciones y conclusiones de la prueba. 89
8.4 Pruebas realizadas en el sensor de gas monóxido de carbono CO MQ-7 90
8.4.1 Descripción de la prueba. 90
8.4.1 Resultados de la prueba 90
8.4.2 Resultado de la prueba. 91
8.5 Pruebas realizadas en el sensor de gas de dióxido de carbono CO_2 MQ-135 92
8.5.1 Descripción de la prueba. 92
8.5.2 Resultados de la prueba. 92
8.5.3 Observaciones y conclusiones de la prueba. 93
8.6 Pruebas realizadas en el sensor de gas de dióxido de carbono NOx MQ-131 94
8.6.1 Descripción de la prueba. 94
8.6.2 Resultados de la prueba. 94
8.6.2 Resultado de la prueba. 95
9. CONCLUSIONES 96
10. BIBLIOGRAFÍA 98
11. ANEXOS 100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Máscara de protección para soldadura. 18
Figura 2. Proceso de soldadura para unir piezas de metal. 19
Figura 3. Trabajo de soldadura en la industria..... 20
Figura 4. Soldadura por arco..... 21
Figura 5. Arco Sumergido..... 22
Figura 6. Trabajo con soldadura oxiacetilénica 23
Figura 7.Esquema de soldadura por resistencia 24
Figura 8. Cómo funciona la soldadura Metal Gas Inerte 25
Figura 9. Proceso automático..... 26
Figura 10. Robots trabajando con soldadura..... 27
Figura 11. Proceso de soldadura 28
Figura 12.Máscara o careta de soldar. 29
Figura 13. Mascarillas respiratorias para humos metálicos o respiradores con filtro..... 29
Figura 14. Tapa oídos de inserción…… ……....30
Figura 15. Guantes de cuero…… ……31
Figura 16. Delantal de cuero..... 31
Figura 17. Procedimientos. 32
Figura 18. Tipos de máscaras..... 41
Figura 19. Prototipo implementado de máscara. 42
Figura 20. Diseño CAD máscara. 43
Figura 21. Diseño y sensores vista frontal. 44
Figura 22. Diseño y sensores vista lateral..... 44
Figura 23. Adquisición de las máscaras, electrónica de soldadura y la antigas..... 48
Figura 24. Acoplamiento de las dos máscaras para formar el prototipo..... 49
Figura 25. Montaje circuito en protoboard (pruebas) 49
Figura 26. Circuito de control terminado..... 50
Figura 27. Batería, carga de alimentación del circuito. 51
Figura 28. Ventiladores, implementados en el circuito. 51
Figura 29. Sensores y leds RGB en funcionamiento 52
Figura 30. Montaje circuital en el prototipo 52
Figura 31. Producto terminado. 53
Figura 32. Ubicación de los componentes electrónicos al nuevo prototipo 54
Figura 33. Esquema del circuito 55
Figura 34. Microcontrolador mini ATmega328P 58

Figura 35. Conexiones del microcontrolador..... 59
Figura 36. Circuito terminado con sus conecciones. 60
Figura 37. Sensor de temperatura. 61
Figura 38. Esquema de los sensores MQ 62
Figura 39. Alimentación MQ7 64
Figura 40. Diodo Led RGB..... 75
Figura 41. Zumbador (buzzer) 76
Figura 42. Esquema alarma auditiva y visual 77
Figura 43.Diagrama del sistema de ventilación:..... 79
Figura 44. Esquema Interface de potencia 80
Figura 45. Prueba del sensor de temperatura DS18B20 88
Figura 46. Variación de la temperatura en el puerto serial 89
Figura 47. Realización de la prueba del sensor MQ-7 90
Figura 48. Lectura del puerto serial del gas CO 91
Figura 49. Prueba realizada para el sensor MQ-135..... 92
Figura 50. Lectura del puerto serial del gas CO2 93
Figura 51. Prueba realizada para el sensor MQ-131..... 94
Figura 52.Lectura del puerto serial del gas NOx 95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Efecto CO----------36
Tabla 2: Efectos del CO2----------37
Tabla 3: Efectos del NO----------38
Tabla 4: Efectos del NO2 ----------39
Tabla 5. Características del nuevo prototipo de la máscara ----------46
Tabla 6. Características del micro controlador----------56
Tabla 7. Resultados de la máscara sin filtros----------86
Tabla 8. Resultados de la máscara con filtros ----------87

LISTA DE GRÁFICAS

Grafica 1. Gráfica del Datasheet MQ-7 65
Grafica 2. Gráfica exponencial CO ppm VS Rs/Ro 66
Grafica 3. Gráfica del Datasheet MQ-131 68
Grafica 4. Gráfica exponencial NOx ppm VS Rs/Ro 69
Grafica 5. Gráfica del Datasheet MQ-135 72
Grafica 6. Gráfica en Excel de CO2 ppm VS Rs/Ro 73

1. Resumen

En el país la industria metalmecánica ha crecido abismalmente, y con ello han surgido nuevos empleos en soldadura. Pero este trabajo al momento de realizarlo se ha convertido en una práctica muy peligrosa para el ser humano, puesto que al trabajar en soldadura se producen gases y humos altamente tóxicos para la salud y agravando el problema en la actualidad se carece de máscaras de soldar con protección respiratoria incorporada.

Por ello el objetivo de este proyecto es investigar a fondo todo lo relacionado con la soldadura y tecnologías ya existentes que ayuden a dar solución a la problemática de los gases y humos producidos al momento de soldar. En busca de dar una mejor protección ante esta situación, el estudio realizado se enfoca en utilizar tecnologías ya existentes y unificarlas para lograr un elemento de protección nuevo, el cual garantice la protección visual y respiratoria del trabador, por ello es importante trabajar en la unión de una máscara convencional de soldar y una antigás; de esta manera lo que se busca es lograr una mayor protección contra los gases, para garantizar una buena protección ante estos gases se decide incorporar a la máscara antigás un sistemas de sensado y alarmas, el cual cuenta con un grupo de sensores, los cuales están encargados de monitorear algunos de los gases más comunes producidos por soldadura en el momento que los filtros de la máscara antigás dejen pasar más cantidad de lo permisible por el ser humano durante una jornada de 8 horas, cuando esto suceda se activa una alarma visual la cual cambie de color dependiendo del tipo de gas que esté superando los límites establecidos, de igual forma se activa una alarma sonara la cual varía su sonido dependiendo del tipo de gas.

Por otro lado se adapta un sistema de ventilado dentro de la máscara, con el fin de brindar una mejor temperatura, puesto que al momento de soldar hace mucho calor y se realiza con el objetivo de que el visor de la máscara no se vaya a empañar y así lograr una mejor visión al trabajador. Todo esto con la ayuda de la electronica.

Abstract

In the country, the metal-mechanic industry has grown abysmally, and with that new welding jobs have arisen. But this work at the time of realizing it has become a very dangerous practice for the human being, since when generating welding gases and fumes are produced highly toxic for the health, and at present lacks welding masks with respiratory protection incorporated.

Therefore, the objective of this project is to thoroughly investigate everything related to welding and existing technologies that help us to solve the problem of gases and fumes produced at the time of welding. In search of better protection against this situation, the study focuses on using existing technologies and unifying them to achieve a new element of protection, which guarantees visual and respiratory protection, so it is important to join a conventional welding mask and an antigas. To achieve greater protection against gases, it is decided to incorporate a sensor and alarm system into the gas mask, which has a group of sensors, which are in charge of identifying some of the most common gases produced by welding at the moment the filters of the gas mask are allowing more than what is allowed by the human being to pass during an 8-hour day, when this happens a visual alarm is activated which changes color depending on the type of gas that is exceeding the established limits, In the same way, an alarm will sound, which varies its sound depending on the type of gas.

On the other hand, a ventilated system will also be adapted inside the gas mask, in order to provide a better temperature, since at the time of welding it is very hot, it is also carried out with the aim that the mask visor is not go to tarnish and thus achieve a better vision to the worker. All this with the help of electronics.

2. INTRODUCCIÓN

Es muy importante tener en cuenta que hoy en día la electrónica y algunas de sus ramas se han convertido en algo fundamental para las personas, ya que la tecnología avanza cada día más; al igual que los días pasan, el hombre inventa cosas nuevas las cuales están llenas de grandes beneficios para la sociedad.

Por medio de este proyecto de grado se pretende demostrar y aplicar muchos de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Tecnología en Electrónica Industrial; esta propuesta busca resolver un problema cotidiano que rodea actualmente a la industria metalmecánica y el entorno de los soldadores. En primer lugar estas operaciones producen gases muy perjudiciales para la salud humana, por lo que se ha llevado a cabo una investigación para dar solución a esta problemática, por medio de la construcción de una máscara electrónica para la protección y detección de humos y gases de la soldadura; la cual será de mucha ayuda en cuanto a la protección personal del trabajador, puesto que incorporada una máscara antigases con un nuevo diseño, también tendrá elementos electrónicos capaces de identificar el exceso de gases cuando sobrepasen los límites permitidos por los filtros, dando como respuesta una señal luminosa y auditiva, la cual avisa al operario de qué debe cambiar los filtros. A continuación, se describe el diseño y especificación de cómo se realiza el proyecto.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de detección de humos y gases producidos por soldadura, e incorporarlo en una máscara de protección respiratoria, la cual irá compactada a una máscara electrónica de soldadura.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño del nuevo prototipo de la máscara, incluyendo la parte electrónica, de igual forma desarrollar el diseño electrónico.

- Construir el nuevo prototipo de la máscara, e implementación del sistema electrónico, el cual permita monitorear y dar señal de alarma en el momento en que los filtros dejan pasar una mayor cantidad de humos y gases de lo permisible, como también realizar un sistema de ventilado.

- Realizar pruebas de verificación del sistema.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen muchos factores de riesgo que rodean el proceso de la soldadura en la industria metalmecánica, pero sin duda alguna el más peligroso para la salud del ser humano son las enfermedades profesionales que se pueden adquirir al realizar este trabajo. Debido a que el soldador está expuesto a humos y gases tóxicos que se originan en estas operaciones y quedan en el ambiente y pueden ser inhalados fácilmente si no se cuenta con un elemento de protección respiratoria, esto conlleva a que se produzcan graves enfermedades a largo y corto plazo en el operario.

Ligado a estos factores de riesgo, que han sido derivados de la inhalación peligrosa de humos y gases tóxicos en soldadura, y en base a investigaciones constatadas por los diferentes medios utilizados, se ha podido establecer que, los soldadores que fuman, tiene un 40% más de probabilidades de desarrollar un cáncer de pulmón que en cualquier fumador ; por otra parte, el EconomistaAmerica.com., en su página de internet indica que, dentro de la ciudad de Cali, existen ubicadas aproximadamente 600 empresas dedicadas a la metalmecánica, contexto que se analizó a partir de la experiencia práctica de uno de los integrantes del grupo investigador, Juan Carlos Chacua, quien cuenta con doce (12) años de experiencia laboral y su compañero de trabajo William Bedoya Jaramillo, con veinte (20) años; ambos como soldadores profesionales, ellos argumentan que, solo (3) de cada (10) soldadores, utilizan el equipo de protección respiratoria adecuado para realizar estas operaciones; lo que representa una gran problemática que afecta directamente la salubridad del trabajador.

Encontrando así que el principal problema dentro de muchas empresas es que no cuentan con un adecuado equipo de protección respiratorio que sea útil y sofisticado, el permita al soldador protegerse de la inhalación de humos y gases, durante las distintas operaciones de soldadura.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades sobre las máscaras de protección en soldadura

La soldadura surgió en la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y en Oriente Medio, pero sin embargo el auge de la soldadura y su transformación fue durante el siglo XIX, con ello también aparecieron los riesgos para la salud en las personas que la practican. Fue por lo cual las mejoras no se hicieron esperar y se ha utilizado la tecnología para mejorarlo, en primera instancia se sabe que parte más expuesta de la persona al momento de soldar es la cara, por ello se inventó la careta de soldar la cual en un principio fue muy rústica y no ofrecía grandes alcances de protección al trabajador, esto poco a poco ha ido mejorando y hoy en día se tiene máscaras de mano, máscaras de cabeza y la que más tecnología que son las máscaras fotosensibles. **[SOMISA, 2017]**

La careta para soldar es un elemento de protección individual de uso obligatorio en labores de soldadura, la cual es empleada para proteger los ojos, cara y cuello de las chispas, los rayos UV y las radiaciones calóricas producidas cuando se realizan estas labores.**[RUTA 401.2019]**

las máscaras de soldar también sirven para dispersar algunos humos producidos durante esta práctica, para un mejor desarrollo del trabajo se utilizan máscaras que sean fácil acceso y cómoda de utilizar para un día completo de jornada laboral, las máscaras actuales cuentan con algunas características específicas como:

- Máxima cobertura de cabeza y rostro para mayor protección.
- Diseñadas con el centro de gravedad hacia atrás para evitar molestias cervicales.
- Frontal cóncavo para dispersar los humos tóxicos.
- Gran resistencia al calor y a las proyecciones.
- Cubre filtros exterior curvado para evitar reflejos molestos.
- Sin partes metálicas para prevenir riesgos eléctricos.

- Diseño compatible para utilizar conjuntamente con cascos de seguridad, gafas abatibles, pantallas faciales o equipos de aire.
- Sensor fotosensible, que permite oscurecer la protección visual cuando solo se genera chispas o luz incandescente. **[VINSSA.2018].**

En la figura (1), se puede observar una máscara electrónica de soldar convencional de las cuales se puede adquirir en el mercado.

Figura 1. Máscara de protección para soldadura.

Tomado de: KUPFER. Disponible
En:https://www.kupfer.cl/mascara-para-soldar-fotosensible-optech-graf.html

5.1.1. El proceso de soldadura en la industria.

El proceso de la soldadura ha ido evolucionando con el pasar del tiempo, pero en si la soldadura en la industria consiste:

> Es un proceso de fabricación en el cual se unen dos materiales distintos, normalmente metales. Esto se logra a través de la coalescencia de varios metales en un cuerpo único,

de tal manera que las piezas son soldadas derritiendo los metales y agregando un material de relleno derretido, el cual posee un punto de fusión menor al de la pieza a soldar.

Para el proceso de soldadura se pueden utilizar fuentes de energía diferentes: una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones o procesos de fricción con ultrasonidos. La energía necesaria para unir dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. **[BRITISH FEDERAL. 2017].**

Tal como en la figura (2), se puede observar a una persona empleando la soldadura para unir piezas de metal

Figura 2. Proceso de soldadura para unir piezas de metal.

Tomado de: ESMIJOVI.Disponible

En:https://www.esmijovi.com/principio-de-funcionamiento-de-la-soldadura-por-arco/

5.1.2. Aplicaciones de la soldadura en la industria.

La soldadura está empleada en todo lo que tenga que ver con materiales sólidos y en donde necesiten uniones de gran resistencia, por esto su aplicación se encuentra en carros, objetos comunes del hogar, maquinarias, mecanismo estructuras industriales productos que usamos o que se comercializan en los mercados, tanto a nivel doméstico como industrial. **[ISSN.2016].**

Se ilustra en la figura (3), un trabajo de soldadura aplicada en la construcción de tubos para el transporte de hidrocarburos.

Por otra parte la soldadura es aplicada tanto en pequeños talleres como en grandes empresas. La soldadura tiene una gran aplicación e importancia en la industria metalúrgica ya que:

> Radica en que justamente el objetivo principal de esta es la fabricación o procesamiento de piezas, láminas, máquinas, y otros derivados, usando el proceso intrínseco de la soldadura en todos los casos donde hay modificaciones o uniones, brindando tres aspectos esenciales para la calidad y el precio de sus procedimientos: Una unión permanente, bajo costo y Seguridad y fiabilidad. **[BRITISH FEDERAL MEXICO.2017]**

Otra industria la cual necesita de la aplicación de la soldadura para poder subsistir en el medio y mercado es la metalmecánica puesto que comprende las maquinarias industriales y las herramientas proveedoras a las demás industrias metálicas. De esta manera, el metal y las aleaciones de hierro son el insumo básico para la utilización de bienes en el capital productivo.

Figura 3. Trabajo de soldadura en la industria.

Tomado de: Depositphoto. Disponible en:

https://mx.depositphotos.com/188154894/stock-photo-worker-welding-in-a-factory.html

5.2 Tipos de soldaduras

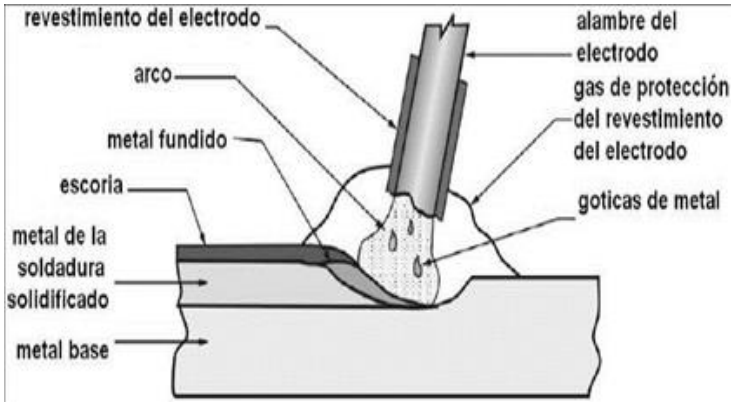
La manera de soldar ha evolucionado con el pasar del tiempo, de igual forma las maneras de realizar este proceso también, es por ello que a continuación se menciona los tipos de soldadura más empleados en la actualidad:

5.2.1. Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido.

La coalescencia en este proceso de soldadura es obtenida por el calentamiento producido por el arco eléctrico generado entre un electrodo metálico recubierto y el trabajo. La protección es obtenida por la descomposición del revestimiento; no se utiliza presión y el metal de aporte es suministrado por el electrodo.

En la figura (4), se puede apreciar cómo funciona este tipo de soldadura.

Figura 4. Soldadura por arco



Tomado de: RESEARCHGATE .Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-11-Esquema-de-soldadura-por-arco-manual-con-electrodo-revestido_fig1_320765135

5.2.2. Soldadura por Arco Sumergido (SAW).

En este proceso el arco eléctrico es mantenido debajo de un fundente granular. El proceso se ilustra en la figura (5).

El fundente granular se deposita simultáneamente con el electrodo que proviene de un carrete en forma continua, al cual a medida que se consume va siendo alimentado automáticamente. El arco queda completamente sumergido bajo el fundente y por lo tanto sólo quedan visibles pequeñas llamas.

Figura 5. Arco Sumergido

Tomado de: DOCPLAYER, disponible en: https://docplayer.es/12135650-Procesos-de-soldadura-arco-sumergido-saw.html

5.2.3. Soldadura oxiacetilénica.

De todos los gases disponibles, el acetileno en contacto con oxígeno, proporciona la llama de mayor temperatura, La temperatura máxima es de 3.500 °C aproximadamente y se presenta en el extremo del cono interior. La mayoría de las soldaduras efectuadas con el proceso oxiacetilénico se obtienen fundiendo los materiales en el punto de la unión y utilizando algún material de aportación para llenar la separación que usualmente existe entre las dos (2) piezas.

Tal como se puede observar en la figura (6).

Figura 6. Trabajo con soldadura oxiacetilénica

Tomado de: REVISTA CERO, disponible en:
https://www.0grados.com/soldadura-autogena-manejo-adecuado/

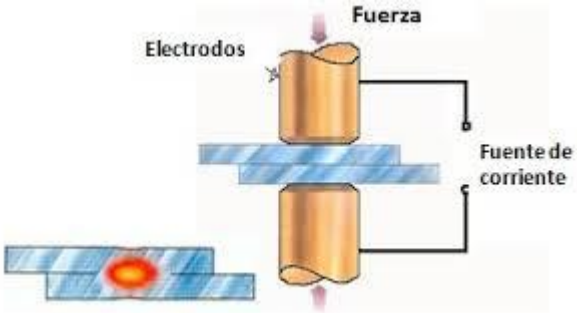
5.2.4. Soldadura por resistencia.

Tal como se indica en la figura (7), se puede observar como es el trabajo con este tipo de soldadura.

La coalescencia en ésta gama de procesos de soldadura, es producida por la aplicación de presión y por el calor obtenido de la resistencia del material y la de espacio entre las piezas por unir, al flujo de corriente.

Debido al uso de presión se puede obtener coalescencia con temperaturas relativamente bajas, si se compara éste proceso con el oxiacetilénico. Como la temperatura de trabajo se puede obtener en una fracción de segundo, La soldadura por resistencia se puede aplicar rápidamente y a un costo relativamente bajo. Razón por la cual este proceso se utiliza en la industria con líneas de producción en serie. **[WEST ARCO, 2015, P, 12-15]**

Figura 7.Esquema de soldadura por resistencia



Tomado de: AMOVIBLESYELEMENTOSFIJO, disponible en: http://amoviblesyelementosfijosuperior.blogspot.com/2016/02/tema-9-soldadura-por-puntos-de.html

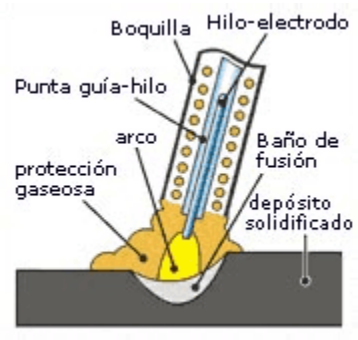
5.2.5. Soldadura Metal Gas Inerte (MIG) / Metal Gas Activo (MAG).

La soldadura con hilo continuo en atmósfera protectora a menudo se identifica con las siglas M.I.G. (Metal Inert Gas) y M.A.G. (Metal Active Gas) o, genéricamente, con la sigla G.M.A.W. (Gas Metal Arc Welding). La soldadura con hilo continuo es un proceso en el que el calor necesario para la ejecución de la soldadura es suministrado por un arco eléctrico que se mantiene entre la pieza a soldar y el hilo-electrodo. La zona de soldadura

es constantemente alimentada con el material de aporte, el hilo electrodo, gracias al relativo soplete, el cual permite que fluya también el flujo de gas, o mezcla de gases, con el objetivo de proteger de la contaminación atmosférica el hilo-electrodo, el baño fundido, el arco y las zonas situadas alrededor del material base. La presencia en el circuito de soldadura de la bombona de gas (gas inerte, activo o mezclas) junto con la utilización de hilos-electrodos macizos, identifica el proceso de soldadura con protección. **[TELWIN.2015]**

En la figura (8), se puede observar cómo se aplica este tipo de soldadura.

Figura 8. Cómo funciona la soldadura Metal Gas Inerte



Tomado de: TELWIN en: https://www.telwin.com/es/telwin-academy/saldatura/mig-mag-welding/

5.3 Tipos de procesos de soldadura automáticos

En la actualidad solo existen dos modelos donde la tecnología ha desplazado al hombre al y el trabajo de soldadura es automático los cuales son:

5.3.1. Proceso MIG MAG automático.

Este proceso automático únicamente se puede realizar con soldadura de hilo, pero al igual que el proceso semiautomático la intensidad y al tensión son ajustados de forma previa según el valor requerido para cada tipo de trabajo, aunque se diferencian también en que es una boquilla automatizada la encargada de aplicar la soldadura

En este caso el operario apenas interviene durante el proceso, únicamente en caso de que necesite reajustar parámetros, mover piezas o corregir algo en un momento puntual.

Figura 9. Proceso automático

Tomado de: FERREPRO, en: http://ferrepro.mx/tipos-de-sensores/

5.3.2. Proceso MIG MAG robotizado.

Los robots rectilíneos utilizados en los procesos de soldadura automatizada se mueven en línea en cualquiera de los tres ejes (X, Y, Z). Además del movimiento lineal del robot a lo largo de los ejes, hay un sistema de rotación unido al robot para permitir un movimiento más versátil de este. Esto crea una zona de trabajo robótica que está en forma de caja.

Los robots articulados utilizan brazos ya articulaciones giratorias; se mueven como un brazo humano, con una muñeca giratoria en el extremo, lo cual crea una zona de trabajo robótica de forma irregular conocida como el arco de trabajo. Por lo tanto, son muchos los factores que deben tenerse en cuenta para una correcta operación, ya que las

necesidades de una soldadura robótica son desde el punto de vista de la ingeniería diferentes a los procesos de manuales de soldadura. **[ORTIZ,SANCHEZ,FUQUEN,2016,P14-15]**

Tal como se puede apreciar en la figura (10), la soldadura es aplicada por robots con una gran precisión.[

Figura 10. Robots trabajando con soldadura.

Tomado de: PROYECTO,en:http://proyectosar.blogspot.com/2013/05/soldadura-robotizada.html

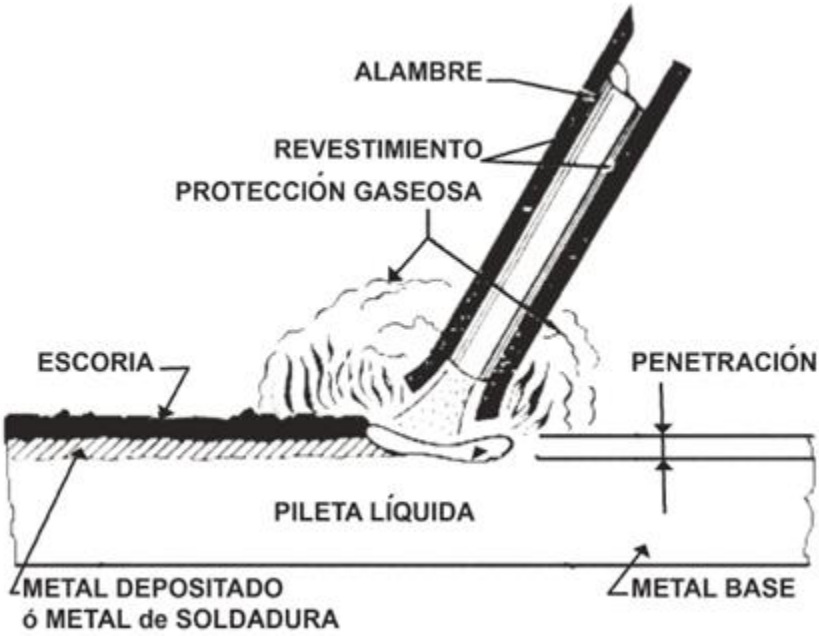
5.4 Realización del proceso de soldadura manual

El sistema de soldadura Arco Manual, es el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir. Ver figura (11).

La soldadura al arco se conoce desde finales del siglo pasado. En esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte. Después se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y agujeros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó una cobertura que al quemarse

se vaporiza, actuando como atmósfera protectora, a la vez que se mejoraron otros procesos. **[ESAB.2018]**

Figura 11. Proceso de soldadura



Tomado de:CENTRO DE CONOCIMIENTO ESAB

https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm

5.4.1 Equipamiento del operario.

Los equipos con los cuales debe trabajar un operario de soldadura, y brindan una buena protección son:

- **Protección de cabeza y rostro.**

Las caretas o máscaras de soldar son elementos de protección individual que se utilizan durante la tarea de soldadura para proteger la cara de las chispas, así como los ojos de los rayos infrarrojos o ultravioleta.

Figura 12.Máscara o careta de soldar.

Tomado de:OVIEDO.CL.FERRETERIAS.MTS : https://www.oviedo.cl/mascara-de-soldar-fotosensible-km-1900-big-bull.html

- **Protección respiratoria.**

Proteger al usuario contra la inhalación de humos y gases tóxicos producidos durante las operaciones. La mascarilla deberá garantizar un ajuste hermético a la cara del portador, independientemente de que la piel esté seca o mojada y que su cabeza esté en movimiento.

Figura 13. Mascarillas respiratorias para humos metálicos o respiradores con filtro.

Tomado de: Epp mexico equipos de protección personal

https://eppmexico.com/productos/proteccion-respiratoria/item/109-filtro-2091

- **Protección auditiva**

Los equipos de protección auditiva son dispositivos que sirven para reducir el nivel de presión acústica en los conductos auditivos a fin de no producir daño en el individuo expuesto

Figura 14. Tapa oídos de inserción

Tomado de: Dwork.com

https://dwork.com.co/shop/epp/proteccion-auditiva/tapaoidos-insercion/

- **Protección de manos y brazos**

Un guante de soldadura es aquel que protege a la persona, de padecer cualquier tipo de contacto térmico o agresión mecánica derivada de este tipo de actividad.

Figura 15.Guantes de cuero.

Tomado de: Centurión USA

http://www.centurionusa.net/es/guantes/72-guantes-de-cuero-para-soldar.html

- **Protección corporal**

Un delantal es una prenda protectora externa que cubre principalmente el frente del cuerpo.

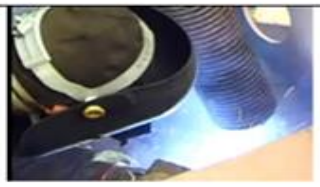
Figura 16. Delantal de cuero

Tomado de : Direct Industry

http://www.directindustry.es/prod/lebon/product-60743-1060849.html

5.4.2 Procedimientos realizados por el operario al soldar.

Figura 17. Procedimientos.

1. Asegure los terminales de las pinzas en caso que sean removibles. Y revise que estén en óptimas condiciones		6. Ubique el lugar preciso de la pieza que desea soldar. Sin realizar arco.	
2. Enchufe la máquina a la toma de corriente. Debe tener puesta a tierra. Los cables deben estar en óptimas condiciones.		7. Baje la máscara de protección. (Con vidrio adecuado según amperaje) Siempre utilice la máscara de soldar.	
3. Ajuste en la máquina el nivel adecuado de intensidad.		8. Realice la soldadura. Desconecte la máquina de la toma al finalizar la tarea.	
4. Coloque la Pinza de Maza sujeta a una parte de la estructura que desea soldar para que pueda completarse el circuito eléctrico.		9. En caso de trabajos en lugares poco ventilados use marcarillas de protección respiratoria.	
5. Coloque el electrodo en la Pinza porta electrodo. Utilice el electrodo de acuerdo al material que desea soldar.		10.Es necesario utilizar métodos de extración de humos en casos de mínima ventilación.	

Fuente:
Wilson Antonio Diaz Espinoza
Ingeniero en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente
Universidad Catolica del Norte

5.4.3. Cuidados del operario al soldar.

- Tener a la mano el extinguidor de incendios antes de empezar a soldar.
- Depositar todos los residuos y el electrodo restante en un recipiente de desechos correctamente adecuado.
- La buena ventilación en el lugar de trabajo es primordial, Así los gases tóxicos no se acumulan y no pueden causar problemas físicos a los operarios de soldadura.
- Jamás se debe intentar un aumento de la presión en el gas mediante una llama directa a las botellas.
- No realice trabajos de soldadura en contenedores que hayan almacenado materiales combustibles ni en tanques hasta que se tomen las medidas de seguridad adecuadas para prevenir explosiones.
- Al trabajar con otras personas en el área, asegúrese de que sean informadas y estén protegidas contra los arcos, humos, chispas y otros peligros relacionados con la soldadura.**[S-Í SEGURIDAD SOCIAL.2015]**

5.5 Enfermedades producidas por el proceso de soldadura manual

Al momento de trabajar con soldadura esta produce gases y humos sumamente tóxicos para la salud del ser humano, algunos de los problemas de salud se pueden notar a corto plazo, mientras que en otros casos la enfermedad se desarrolla lentamente sin que el trabajador lo note, lo cual siempre termina en algo grave para la persona; a continuación se menciona lo que puede producirse en un corto y largo plazo.

5.5.1 Efectos sobre la salud a corto plazo (agudos).

- La exposición a gases metálicos (tales como zinc, magnesio, cobre, y óxido de cobre) puede causar fiebre de gas metálico. Los síntomas de la fiebre de gas metálico pueden

ocurrir 4 a 12 horas después de la exposición, e incluyen escalofríos, sed, fiebre, dolores musculares, dolor del pecho, tos, dificultad en respirar, cansancio, náusea y un sabor metálico en la boca.

- El humo de la soldadura también puede irritar los ojos, nariz, pecho y tracto respiratorio y causar: Tos, dificultad en respirar, falta de aliento, bronquitis, edema pulmonar (líquido en los pulmones) y neumonitis (inflamación de los pulmones). Efectos gastrointestinales tales como náuseas, pérdida de apetito, vómitos, calambres y digestión lenta también han sido asociados con la soldadura.

5.5.2 Efectos sobre la salud a largo plazo (crónico).

- Estudios han demostrado que los soldadores corren un riesgo aumentado de cáncer del pulmón y posiblemente cáncer de laringe y del tracto urinario. Estas investigaciones no son sorprendentes en vista de las grandes cantidades de sustancias tóxicas en el humo de la soldadura incluyendo los agentes carcinógenos tales como: El cadmio, níquel, berilio, cromo y arsénico.

- Los soldadores también pueden experimentar una variedad de problemas respiratorios crónicos, incluyendo: Bronquitis, asma, neumonía, enfisema, neumoconiosis (se refiere a enfermedades relacionadas al polvo), capacidad disminuida de los pulmones, silicosis (causado por exposición al sílice) y siderosis (una enfermedad causada por polvo de óxido de hierro en los pulmones). **[SAFETY WORKS.2016]**

5.6 Gases que se producen en el proceso de soldadura

Es importante resaltar que para el desarrollo del proyecto se debe tener en cuenta los gases más comunes en soldadura y el nivel en el cual no son nocivos para el ser humano, entre ellos tenemos:

5.6.1 Monóxido De Carbono (CO).

- Incoloro
- Sin olor
- “Asesino silencioso”
- Asfixiante
- Subproducto de combustión
- Nivel permisible: 25 ppm

Tabla 1: Efecto CO

25 PPM	Nivel de Exposición Permisible TWA (TPP) 8 horas/día, 5 días/semana.
400 PPM	Dolor en la frente en 2 a 3 horas.
1600 PPM	Dolor de cabeza, mareo, náusea en 20 min.; colapso y muerte en 1 hora
12800 PPM	Efectos inmediatos; pérdida del sentido; peligro de muerte en 1 a 3 min.

Fuente: Agencia Nacional de Minería

5.6.2 Dióxido De Carbono CO2.

- Gas no Inflamable
- Sin olor
- Incoloro
- Sustancia asfixiante simple
- Nivel Permisible 0,5 equivale a 5000 PPM

Tabla 2: Efectos del CO2

0,03 %	No sucede nada, concentración normal en el aire.
0,3% - 0,5%	Las concentraciones bajas provocan un aumento de frecuencia respiratoria y dolor de cabeza.
0,5%	La ventilación pulmonar aumenta en un 5% PEL.
1,0%	Aparecen los primeros síntomas, como sensación de calor y humedad, falta de atención a los detalles, fatiga, ansiedad, falla de energía, debilidad en las rodillas.
2,0% Vol.	La ventilación pulmonar aumenta en un 50%, dolor de cabeza.

Fuente: Agencia Nacional de Minería.

5.6.3 Óxido Nítrico NO.

- Incoloro
- Ligero olor a dulce
- El promedio límite para una exposición de 8 horas al óxido nítrico es de 31 mg/m^3 o 25 ppm.

Tabla 3: Efectos del NO

Efectos del NO
Hay pocos reportes de los efectos a la salud que causa la inhalación de óxido nítrico. Ya que el óxido nítrico se oxida espontáneamente en el aire y se convierte en dióxido nítrico, los efectos a la salud se le atribuyen entonces a una mezcla de óxidos de nitrógeno que también incluyen al dióxido de nitrógeno.

Fuente: Agencia Nacional de Minería

5.6.4 Dióxido de Nitrógeno NO2

- Gas marrón amarillento.
- Olor amargo desagradable.
- Subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas.
- Se presenta en la industria donde se quema Diésel.
- Nivel permisible de 1 PPM

Tabla 4: Efectos del NO2

Efectos del NO2	
0,2 – 1 PPM	Se detecta por su intenso olor acre.
5- 10 PPM	Irritación en la nariz y la garganta.
20 PPM	Irritación en los ojos.
50 PPM	Exposición máxima para un periodo de 30 minutos
100 – 200 PPM	Opresión en el pecho, bronquitis aguda y muerte como consecuencia de una exposición prolongada.

Fuente: Agencia Nacional de Minería

5.7 Máscaras empleadas en el proceso de soldadura

La máscara de soldar es una herramienta imprescindible para el equipo de soldadura. De hecho sin esta herramienta es imposible poder soldar con unas condiciones mínimas de seguridad.

Hay tres grupos de máscaras para soldar, y se dividen por sus características y sus usos en la industria:

5.7.1 Mascara para soldar de mano.

Esta es seguramente el modelo más antiguo de todas (ver figura 18), y sigue vigente porque realmente es efectiva, y son muy prácticas para realizar trabajos de punteado, en especial cuando se trabaja con cuatro manos.

Para usar esta máscara correctamente, debes tener ya pericia en el oficio de soldar, pues es común que en un principio puedan llegar a tocarte algunas chispas del arco, nada que con un poco de práctica y coordinación no se pueda superar.

Las características de estas pantallas son sencillas la principal es que está dotada de un asidero para que puedas manipularla y trabajar cómodamente con ella.

Son ligeras y bastante manejables, puedes encontrarlas en diversos materiales como la fibra de vidrio, el acrílico, fibra vulcanizada o poliamida mezclada con fibra de vidrio.

Todas tienen cristales inactínicos con una densidad entre los 9 y los 13, siendo el número más alto el más oscuro.

5.7.2. Máscara para soldar de cabeza

Este tipo de pantalla es ideal para soldar cordones continuos(ver figura 18), y es de las más usadas por todos los soldadores.

Esta pantalla ofrece una mejor protección en el área del rostro y del cuello, por lo que se puede trabajar mejor.

Esta máscara está hecha para trabajos largos, pues puedes tener las manos libres mientras realizar el proyecto, puedes tener también un punto de apoyo, por lo que el trabajo quedará con un mejor detalle y calidad.

Esta máscara lleva un cabezal incorporado con la pantalla, por lo que puede sujetarse a la cabeza de manera sencilla y cómoda, también está hecha con cristales inactínicos.

5.7.3. Máscara para soldar fotosensible

Estas son las más nuevas en el mercado y son las más prácticas y cómodas de todas(ver figura 18), son ideales para principiantes, pues son ligeras y muy fáciles de usar., pues puedes subir o bajar la pantalla a conveniencia, con el fin de tener una mejor visión del trabajo que se está haciendo. Por su diseño, es posible ver cuando no estás soldando, lo que aumenta la seguridad para los ojos, evitando así las quemaduras por la exposición al arco.

El visor de esta careta para soldar se oscurece automáticamente, por lo que la protección a los ojos de da de manera inmediata, ayudando a realizar un mejor y más detallado trabajo de soldadura. Con este modelo también puedes tener las manos libre y un punto de apoyo, pes ideal para cualquier tipo de soldadura y de trabajo, por lo que todo proyecto que realices tendrá una excelente calidad.**[VINISSA.2017]**

Figura 18. Tipos de máscaras

Tomado de: Soldadoras (insumos para soldar)

https://soldadoras.com.ar/insumos-para-soldar/elegir-la-careta-soldar-correcta/

6. IMPLEMENTACIÓN

6.1 Caracterización y Construcción de la Máscara Electrónica de Protección

6.1.1 Descripción general de la máscara.

La “Máscara Electrónica para la Protección y Detección de Humos y Gases de Soldadura” es un producto destinado a resolver una problemática de tipo metalmecánico, obteniendo como resultado la adaptación y/o acople de dos máscaras entre sí, una de tipo fotosensible para soldar y otra de tipo antigás, en las cuales han sido incorporados algunos sensores de gas ubicados en la parte interior; a fin de detectar el paso excesivo de humos y gases tóxicos, respirados por el operario durante este proceso de soldadura, generando una reacción en cadena que comienza desde la activación inmediata de un sistema de alarma visible y de audio mediante leds RGB y zumbido, la cual indicará cuándo se deberá hacer una pausa, revisión y posible cambio de los filtros, también cuenta con un sensor de temperatura que dará lugar a la activación de un sistema de ventilación que permite regular el calor y evitar el empañamiento dentro la máscara, logrando así una mejor visibilidad; en la figura (19); se puede observar el prototipo desarrollado.

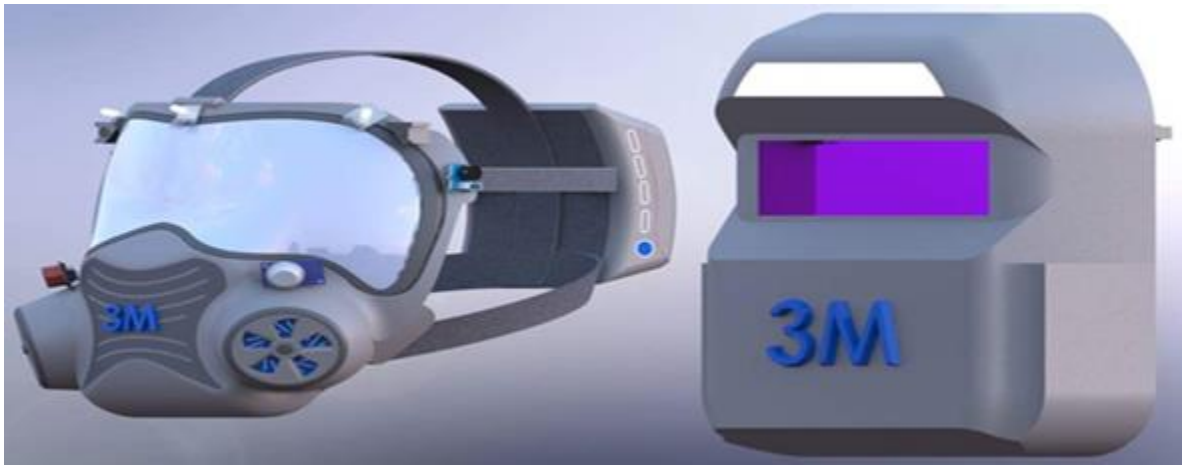
Figura 19. Prototipo implementado de máscara.

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Partes y características de la máscara.

Para la elaboración del diseño esquemático se utiliza un programa de diseño mecánico en 3D llamado Solidworks ver en la figura (20); a fin de generar la geometría 3D del producto, usando sólidos parámetros por medio de esta aplicación, enfocada al diseño, simulación y ensambles de las partes del producto, permitiendo acelerar los procesos de fabricación, ahorrando tiempo y costos de producción a través de unas etapas de elaboración, lo que genera una experiencia más productiva a la hora de su creación. A continuación Las siguientes imágenes muestran un esquemático del diseño de la Máscara Electrónica para la Protección y Detección de Humos y Gases de Soldadura.

Figura 20. Diseño CAD máscara.



Fuente: Elaboración Propia

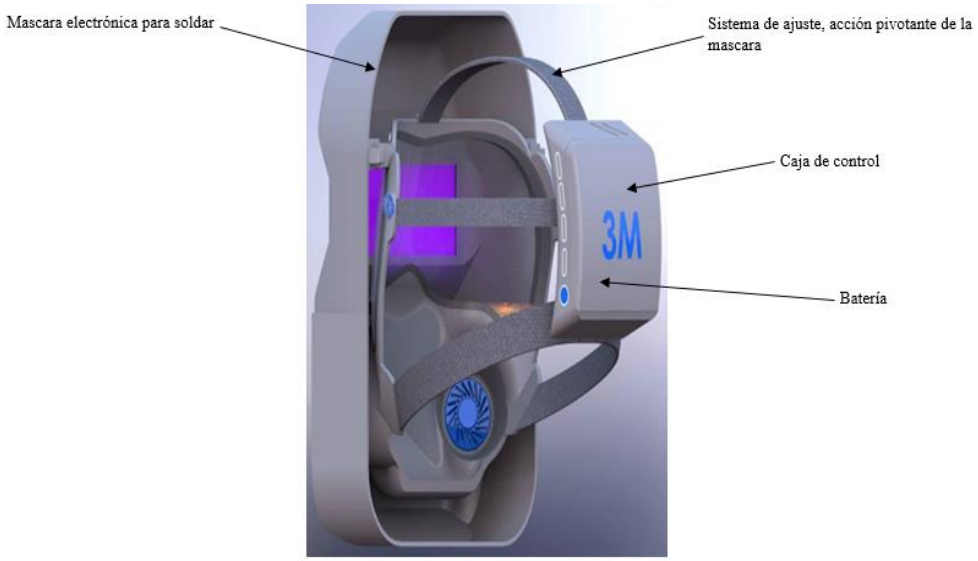
Para mostrar una visión más detallada de cómo se posicionan los componentes electrónicos en la máscara antigases a través de flecas en la figura (21); se indica que componentes tendrá este prototipo.

Figura 21. Diseño y sensores vista frontal.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura (22); se puede apreciar el diseño del prototipo desde otra perspectiva, donde se indica la caja de control y otras características de la máscara.

Figura 22. Diseño y sensores vista lateral.



Fuente: Elaboración Propia

6.1.3 Materiales empleados.

- Máscara Antigases, FULL FACE™ 3M Serie 6800:
- Máscara Electrónica para Soldar, FURIOUS safety, modelo FW 44:
- Batería tipo Li-po de 8800mAh.
- Sensores MQ-7 MQ-135 y MQ-131.
- Sensor de temperatura DS18B20.
- Arduino pro mini, basada en un micro controlador AVR Atmega328P-AU, con encapsulado QTPF de 32 pines.
- Alarma lumínica conformada por 3 leds de tipo RGB (rojo, verde y azul).
- Zumbador (buzzer)
- Ventilador de 5 aspas con velocidad: 6000 rpm a 5 Voltios
- Sistema de ajuste para la acción pivotante de la máscara
- Filtros 3M de la serie 6800
- Jumpers
- Caja plástica para el circuito
- Organizador de cables tipo espiral

6.1.4 características.

Tabla 5. Características del nuevo prototipo de la máscara

Mascara electrónica para la protección de humos y gases en soldadura	**Características**
modelo	nuevo prototipo
Mascara eléctrica de soldar	1(FW 44)
estándares	ce(1/2/1/2),ECS(1833)
medidas exteriores	110x90x90
Número de sensores	6(2 fotosensibles,3 de gas,1 de temperatura)
Din de estado claro	din4
Din de estado oscuro	Din 4/9-13(regulable)
regulación de sensibilidad	micrométrica
Nivel protección UV/R	Din 16
Alimentación de celda	Solar y batería (dual)
Mascara antigases	1(3M Serie 6800)
Pieza Facial	Polímero sintético
Color	Gris
Sello facial	Silicona

Arnés	4 Puntos de ajuste
Filtros	2(3M de la serie 6800)
Número de leds	3(tipo RGB)
Número de ventiladores	2(5 aspas a 6000 rpm)
Número de buzzer	1(tipo zumbador módulo arduino)
Caja de control	1 (ubicada en la parte posterior del prototipo
Numero de batería	1(tipo lipo de 8000 mA a 5v)
Sistema de ajuste	De acción pivotante
Sistema de cableado	Tipo instrumentación
Peso total	1226 gr

Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Pasos y Proceso de Construcción.

- **1er Paso:**

Luego de las investigaciones realizadas y para dar inicio con el proyecto se decide comprar las dos máscaras, con las cuales se da inicio al desarrollo del proyecto y creación del nuevo prototipo.

Figura 23. Adquisición de las máscaras, electrónica de soldadura y la antigás.

Fuente: Elaboración Propia

- **2do Paso:**

Luego de tener las máscaras y de acuerdo al diseño creado en simulación 3D se pasa a acoplar las máscaras de tal forma que la máscara electrónica de soldar quede sobre la máscara antigases, tal como se puede observar en la figura (24); esto se hace a través de un diseño pivotante el cual permita mover la mascarara de soldar asía arriba y asía a bajo.

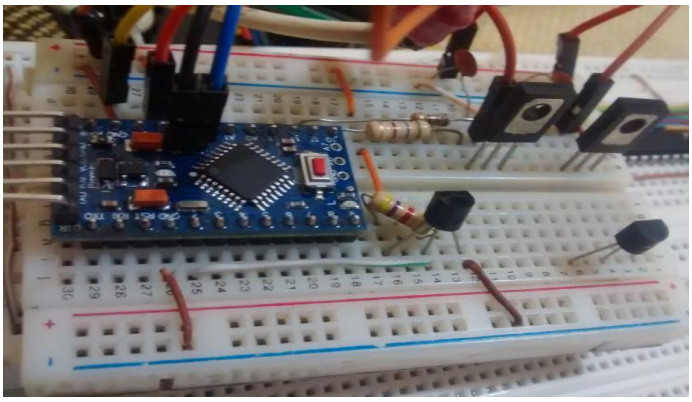
Figura 24. Acoplamiento de las dos máscaras para formar el prototipo

Fuente: Elaboración Propia

- **3er Paso:**

Dando un paso más adelante y como se puede apreciar en la figura (25); se encuentra los primeros pasos de la construcción del sistema eléctrico, creando pruebas antes de realizar la plaqueta del circuito.

Figura 25. Montaje circuito en protoboard (pruebas)

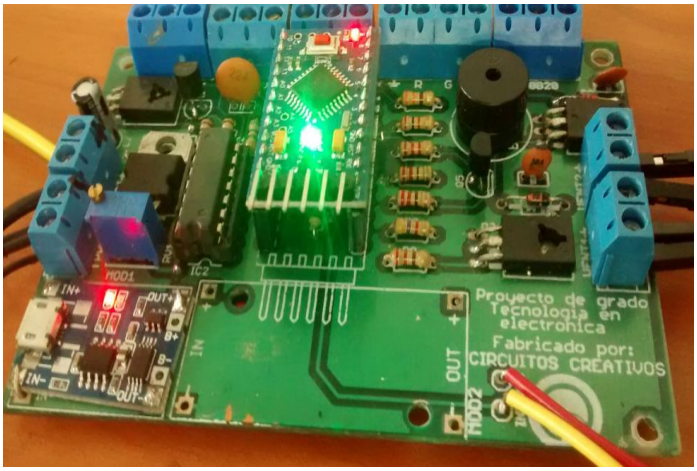


Fuente: Elaboración Propia

- **4to Paso:**

Luego de hacer prácticas en protoboac y verificar el funcionamiento de los componentes se decide plasmar el circuito dentro de una tarjeta de cobre, en la figura (26); se indica el resultado de este proceso el cual es satisfactorio.

Figura 26. Circuito de control terminado



Fuente: Elaboración Propia

- **5to Paso:**

Luego crear el circuito, hay que darle vida para ello y de acuerdo al diseño se le coloca la batería, la cual va dentro de la caja de control y es la encargada de dar la corriente y voltaje para que todo el sistema funcione.

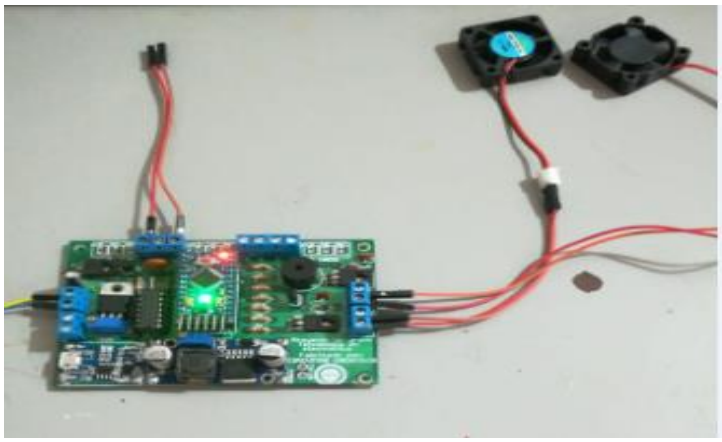
Figura 27. Batería, carga de alimentación del circuito.

Fuente: Elaboración Propia

- **6to Paso:**

Después de montar la fuente de alimentación del circuito, el paso siguiente es empezar a adjuntar los componentes electrónicos los cuales van cableados, tal como se puede ver en la figura (28); se detalla cómo se colocan los ventiladores y el sensor de calor para comenzar a realizar pruebas de funcionamiento.

Figura 28. Ventiladores, implementados en el circuito.

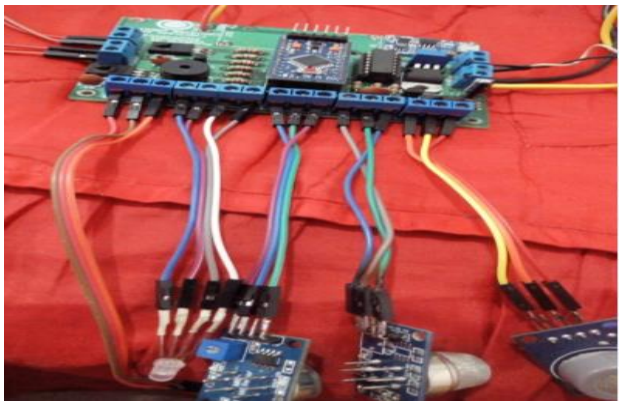


Fuente: Elaboración Propia

- **7mo Paso:**

Luego de tener el circuito montado, para comenzar a hacer pruebas antes de montarlo al prototipo de la macara se le adhieren los sensores MQ y los LDS, en la figura (29), se puede ver cómo queda ya listo el circuito para ver su funcionamiento.

Figura 29. **Sensores y leds RGB en funcionamiento**



Fuente: Elaboración Propia

- **8vo Paso:**

Para garantizar la protección del circuito de control, este y su batería son puestos dentro una caja la cual va sujeta al nuevo prototipo adhiriendo así el sistema electrónico a la máscara, en la figura (30); se puede detallar como queda está incorporada y en que parte va su posición.

Figura 30. **Montaje circuital en el prototipo**

Fuente: Elaboración Propia

- **9no Paso:**

Como resultado esperado se obtiene el nuevo prototipo llamado “mascara electrónica para la protección de humos y gases en soldadura”, en la figura (31) se puede observar el prototipo con todas sus partes incluyendo la unión de las máscaras como también los componentes electrónicos.

Figura 31. **Producto terminado.**

Fuente: Elaboración Propia

6.2 Implementación electrónica del prototipo de la máscara

6.2.1 Descripción general del sistema electrónico.

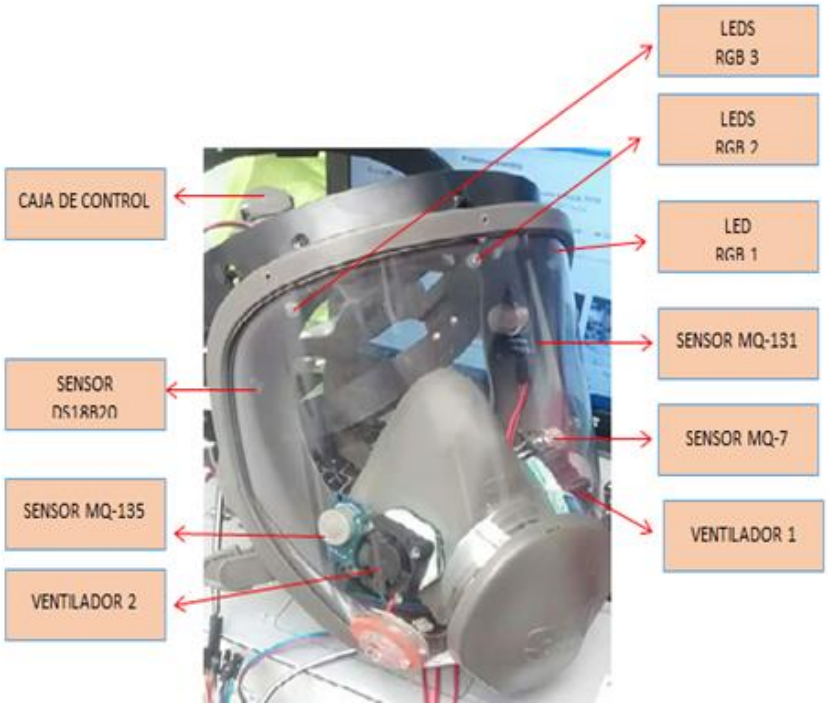
El sistema electrónico del nuevo prototipo de máscara de soldar; está constituido por un sistema de sensado; el cual cuenta con 3 sensores los cuales están encargados de monitorear el interior de la máscara y percibir cuando algún tipo de gas entre en proporciones mayores a las establecidas. De igual forma tiene un sistema de ventilado el cual está conformado por 2 ventiladores pequeños los cuales se accionan cuando el sensor de temperatura indique que esta supere los 32 ºC (grados centígrados).

La información recolectada por estos sensores será procesada por un microcontrolador el cual a su vez, de acuerdo a los parámetros establecidos y dependiendo de la señal enviada por los

sensores puede activar el equipo de alarma, el cual está constituido por 3 LED RGB (rojo, azul y verde) y un zumbador (buzzer). Por otro lado para el mejor funcionamiento del sistema de ventilado posee un interfaz de potencia; mientras el funcionamiento de toda la estructura electrónica depende de una batería recargable.

En la figura (32); se puede observar en qué parte de la máscara están ubicados los componentes.

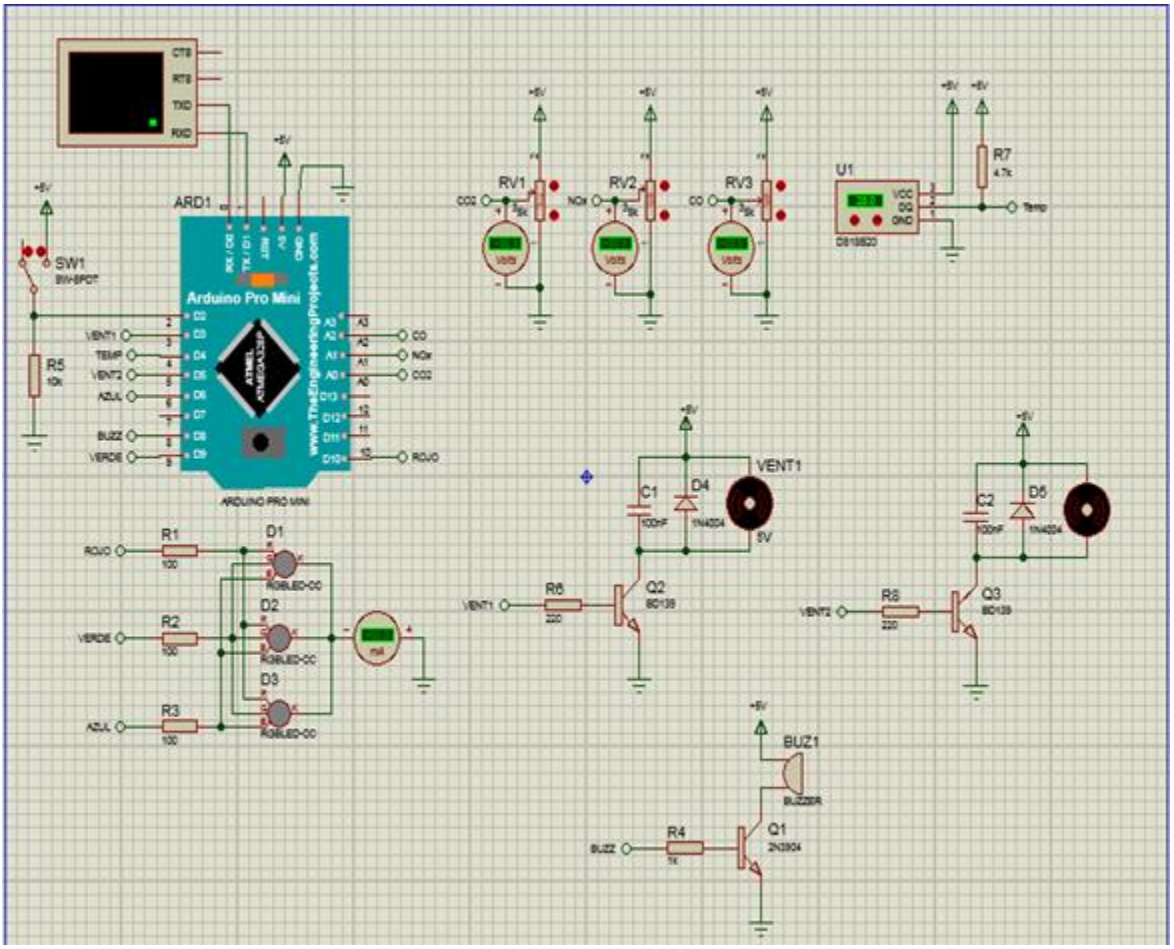
Figura 32. **Ubicación de los componentes electrónicos al nuevo prototipo**



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la caja de control se encuentra el circuito empleado en el proyecto; tal como se indica en la figura (33); se puede apreciar el esquema empleando el programa proteus.

Figura 33. Esquema del circuito



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Sistema microcontrolado de control.

Dentro de la parte electrónica, hay un dispositivo sumamente importante que es el microcontrolador, el cual está encargado de recibir señales de los sensores y transformarlas en acciones, como también hacer que el sistema pueda funcionar de acuerdo a lo planteado; por ente se hace uso de este componente que hace que el controlar todo el sistema sea más fácil aplicando la tecnología.

6.2.2.1 Arduino mini pro.

Esta placa está basada en un microcontrolador AVR Atmega328P-AU de montaje superficial, con encapsulado QTPF de 32 pines. Este MCU viene precargado con un bootloader que lo hace compatible con la plataforma Arduino, sus características son:

Tabla 6. Características del micro controlador

Micro controlador	**ATmega328P**
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines Digitales E/S	14 (6 proveen salida PWM)
Pines Digitales E/S PWM	6
Entradas Analógicas	8
Corriente DC por pin E/S	20 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328P) 0.8 KB bootloader
Memoria SRAM	2 KB (ATmega328P)
Memoria EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Pin LED incluido	13

Largo	33 mm
Ancho	18 mm
Peso	3 g

Fuente: Elaboración propia.

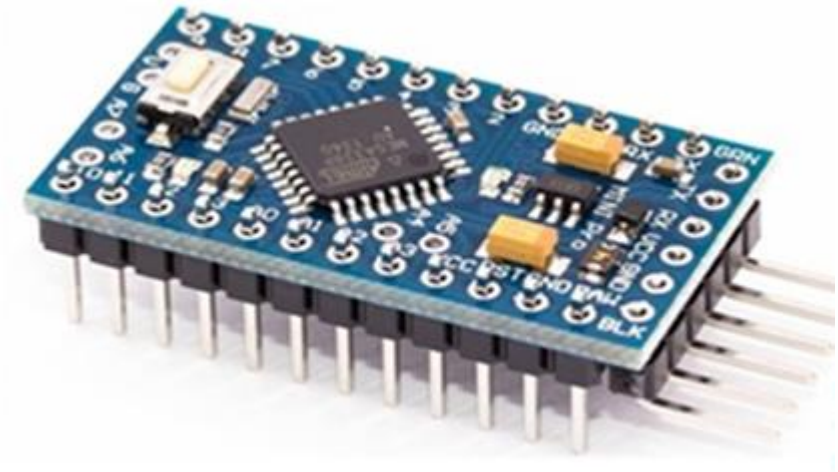
Con estas características se puede realizar un controlador digital del tipo PID, para variar la velocidad de los ventiladores en función de la temperatura interna de la máscara, es decir, no habrá realimentación del sistema por parte de las revoluciones de los ventiladores, ya que serían necesarios dos sensores adicionales, incrementando el tamaño y costo del hardware. Su tamaño tan reducido, lo hace perfecto para este desarrollo. Cabe mencionar que a diferencia de otras placas Arduino, la pro mini requiere un conversor de USB a serial TTL para poder cargar el código hexadecimal en la memoria, o en su defecto un programador ISP para microcontroladores AVR, y con este último, la carga del código se realizaría por comunicación SPI (Serial Peripheral Interface). Además del controlador para los ventiladores, el pro mini estará encargado de recolectar y analizar los datos provenientes de los diferentes sensores incluidos en el sistema y generar las señales eléctricas necesarias para la etapa de las alarmas.

Todas estas funciones se realizarán optimizando el código y haciendo uso de la librería AVR low power, para disminuir el consumo eléctrico y de esta forma, poder hacer uso de una batería de menor capacidad. El consumo eléctrico de esta placa en su modo activo es de aproximadamente 14 mA con una fuente de alimentación de 5 Voltios, y unos 980uA en modo sleep. El microcontrolador puede salir de este modo sleep cada 2, 4 u 8 segundos por software, o también por medio de una interrupción externa por hardware. Esta última puede activarse en cualquier momento. También se aprovechará al máximo la interfaz de potencia para reducir el consumo de corriente de los pines digitales encargados de activar los ventiladores.

Debido a que este microcontrolador trabaja con fuente simple, el cero de la señal de control estará situado en VCC/2, es decir, en 2.5 Voltios y se moverá hacia arriba o hacia abajo, dependiendo

de la señal de control que deba enviar a los actuadores en ese momento y también de las lecturas de temperatura tomadas en el interior de la máscara. El voltaje promedio será variado por medio de la técnica PWM, que a su vez es una señal compatible con la interface de potencia. La frecuencia de esta señal generalmente es de unos 500 Hz en el software de Arduino, pero puede ser variada para acoplarse a las necesidades y tipo de respuesta de los motores de los ventiladores. En la imagen (34); se puede ver una placa de este microcontrolador.

Figura 34. Microcontrolador mini ATmega328P



Fuente: https://www.lelong.com.my/atmega328p-arduino-nano-v3-compatible-nano-improved-version-kindheart-F551135-2007-01-Sale-I.htm

6.2.2.2 Conexiones y terminales empleados.

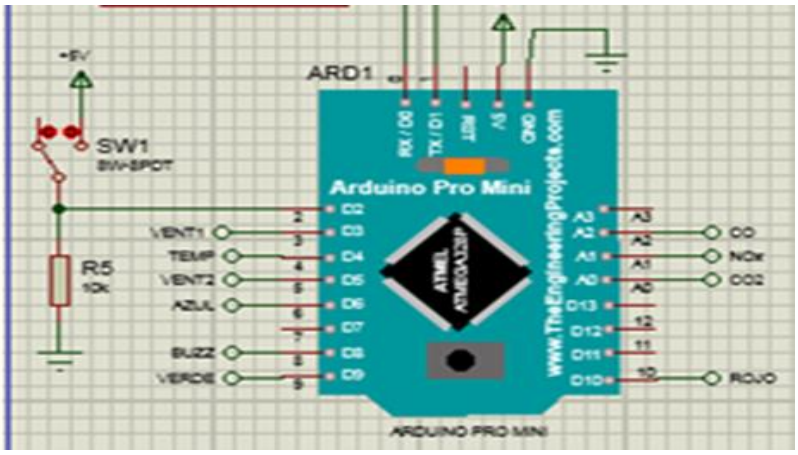
De acuerdo a las características del microcontrolador, este cuenta con 6 entradas analógicas, Cuenta con 14 pines de entradas y salidas digital de las cuales 6 se puede usar como salidas PWM, de acuerdo a la necesidad del proyecto los terminales empleados en el microcontrolador quedaron de la siguiente manera:

- Su alimentación va al VCC (voltaje de 5v).
- Su puesto a tierra va en GND.
- Pin A_0 es utilizado para el sensor MQ-7 (sensor encargado de medir el gas CO).

- Pin A_1 es utilizado para sensor MQ-131 (encargado de medir el gas NO_x).
- Pin A_2 es utilizado para el sensor MQ-135 (sensor encargado de medir el gas CO_2).
- El pin 2 va conectado al sistema de alimentación del sensor MQ-7.
- El pin 3 va conectado al ventilador número 1, ya que este pin tiene señales de PWM.
- El pin 4 va conectado al sensor DS18B20 (sensor encargado de medir la temperatura interna de la máscara).
- El pin 5 va conectado al ventilador número 2, ya que este pin tiene señales de PWM.
- El pin 6 va conectado al ánodo de leds para indicar el color azul .
- El pin 8 va conectado al sistema de alarma auditiva en este caso al buzzer.
- El pin 9 va conectado al ánodo de leds para indicar el color verde.

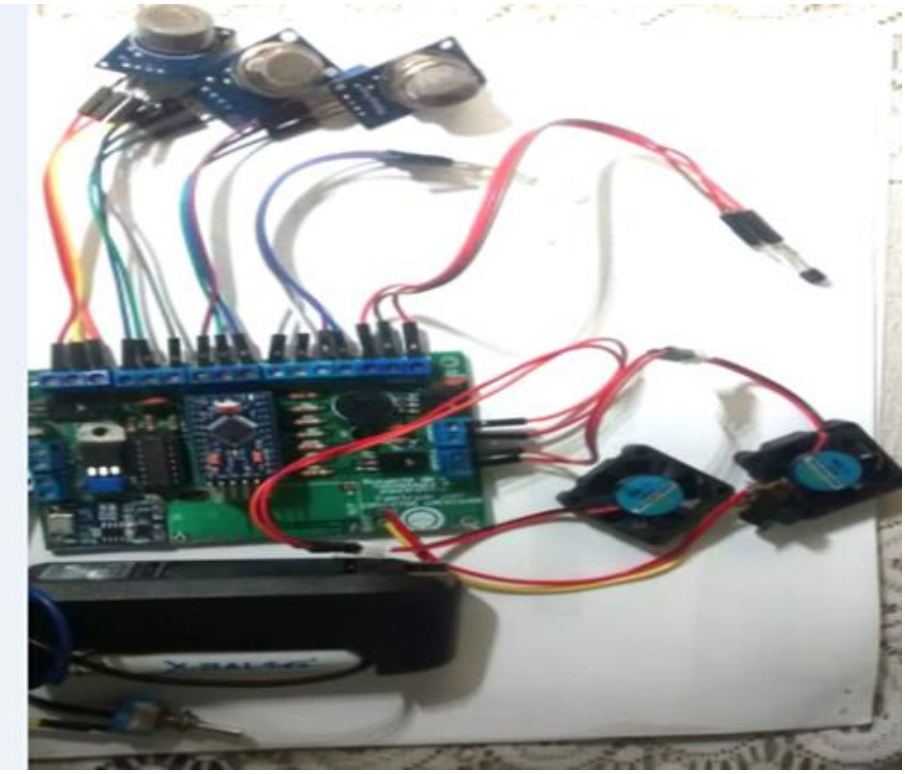
En la imagen (35); se puede ver la simulación en proteus de los pines empleados en el microcontrolador, mientras que en la imagen (36); se puede apreciar el circuito totalmente terminado con sus conexiones.

Figura 35. Conexiones del microcontrolador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Circuito terminado con sus conecciones.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Sensores implementados en la máscara.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto cuenta con un sistema de sensado en el cual está constituido por 3 sensores, los cuales detectan gases y un sensor encargado de medir la temperatura. A continuación se describe cada uno de ellos:

6.2.3.1 Sensor de temperatura DS18B20.

el sensor DS18B20 viene totalmente calibrado; y está encargado de medir la temperatura interna de la máscara, en cuanto esta supere los 32 ºC enviara una señal al microcontrolador para que se accione el sistema de ventilado. Dado que es un sensor digital, la señal leída no se degrada debido a la distancia del cableado. Puede funcionar en modo 1-Wire con una precisión de ±0.5°C y una resolución de 12 bits. También pueden utilizarse varios sensores sobre el mismo pin ya que

internamente viene programado con un ID único de 64 bits para diferenciarlos. El rango de funcionamiento es de 3 a 5 Voltios. Sus características son:

- Rango de temperatura: -55 a 125°C
- Resolución: de 9 a 12 bits (configurable)
- Interfaz 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin)
- Identificador interno único de 64 bits
- Múltiples sensores pueden compartir el mismo pin
- Precisión: ±0.5°C (de -10°C a +85°C)
- Tiempo de captura inferior a 750ms
- Alimentación: 3.0V a 5.5

Figura 37. Sensor de temperatura.

Fuente: http://www.techmake.com/00224.html

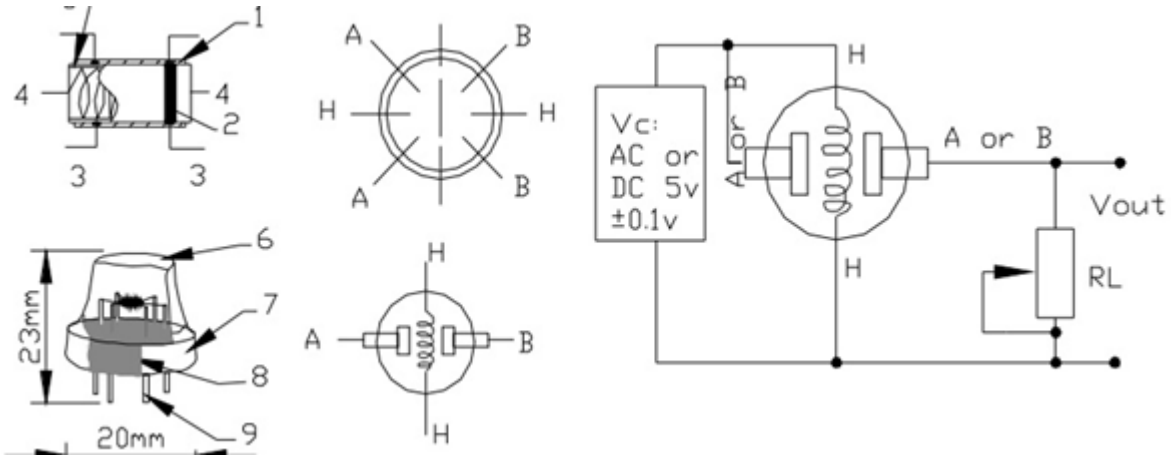
6.2.3.2 Sensor MQ-7 para medir monóxido de carbono.

Este sensor es altamente sensible al monóxido de carbono (CO), detecta la presencia de este gas entre 20 a 2.000 ppm (partículas por millón dispersas en el aire). Con la conexión de 5 voltios en los pines de alimentación (A o B), el sensor se mantiene lo suficientemente caliente para que funcione correctamente. El valor de alerta será configurado para accionar el sistema de alarma cuando se superen los 25 ppm; ya que este rango es el nivel permitido para estar expuesta una persona en una jornada laboral de 8 horas. Sus características son las siguientes:

- Amplio ámbito de detección.
- Respuesta rápida y alta sensibilidad. (Rin aire / gas típico de Rin≥5)
- Tiempo de recuperación: ≤30s.
- Condiciones: Temperatura ambiente: -20 ℃ ~ + 55 ℃.
- Tiempo de respuesta: ≤10s.
- Resistencia de calentamiento: 33Ω ± 5%.
- Corriente de calefacción: ≤156mA.
- Voltaje de calentamiento: 5.0V ± 0.2V.
- Energía de calefacción: ≤350mW.

En la figura (38), se muestra el esquemático de este sensor y de todos los sensores de la familia MQ.

Figura 38. Esquema de los sensores MQ



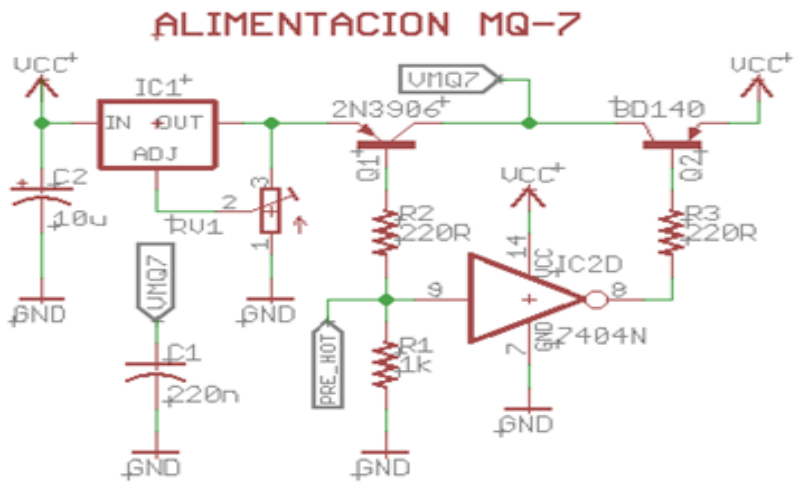
Fuente: NAYLAMPMECHATRONICS

https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.htm

Cabe destacar que para obtener medidas confiables con este tipo de sensor, se debe implementar un ciclo de calentamiento, que consiste en 60 segundos de tiempo encendido a una tensión de 5 Voltios y 90 segundos a una tensión de 1.4 Voltios. Las mediciones deben tomarse inmediatamente después de realizar el cambio de 5V a 1.4V. Estos valores son los recomendados en la hoja de datos del sensor, pero para realizar lecturas en tiempos más cortos, se usará un ciclo de 7.5 segundos encendido y 11.25 segundos apagado. Para controlar estos cambios de voltaje en el pin de calefacción del sensor, el Arduino pro mini enviará una señal digital desde el pin 2 a un circuito de conmutación a base de transistores y una compuerta lógica negadora.

La tensión de 1.4 Voltios será suministrada cuando la señal del pin 2 tenga un valor lógico bajo, este nivel de tensión se obtiene de un integrado LM317T, que puede tener a su salida una tensión variable por medio de un potenciómetro. Dicha tensión se aplica al emisor de un transistor PNP 2N3906, y este al tener una señal baja aplicada a su base, entrará en saturación y dejará conducir desde emisor hasta colector, donde está conectado el pin de alimentación del MQ-7, al mismo tiempo, la señal del pin 13 se aplica a un inversor, que cambia su nivel de bajo a alto, y se lo aplica a la base de un segundo transistor PNP BD140, que en su emisor tiene conectado 5 Voltios, el colector está conectado también al pin de alimentación del MQ-7; como la señal aplicada a su base es alta, estará en estado de corte y no conducirá entre emisor y colector, pero cuando la señal del pin 13 sea ALTA, el inversor la cambia a nivel bajo y el transistor conducirá, aplicando 5 Voltios al MQ-7. Este sistema se diseñó con el fin de que solo uno de los transistores esté conduciendo al mismo tiempo. En la figura (39); se puede ver su esquemático.

Figura 39. Alimentación MQ7

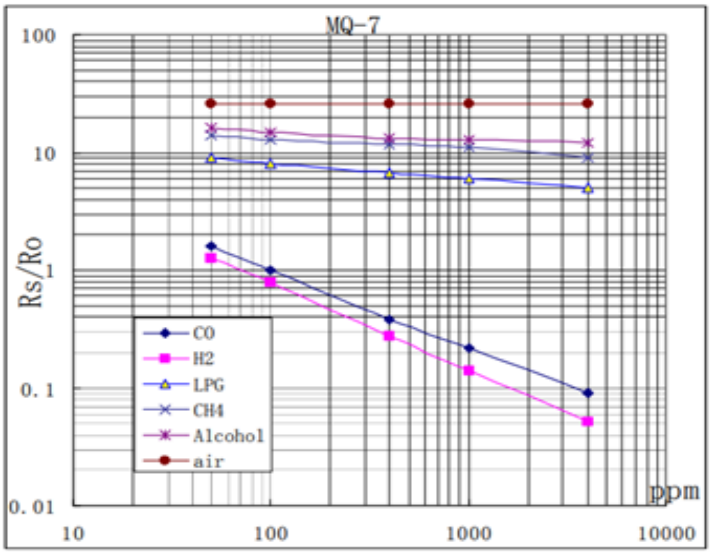


Fuente: Propia

Los sensores de la familia MQ, son sensores electroquímicos los cuales son sensibles a diferentes tipos de gases; pero poseen un problema el cual es que no vienen calibrados, por esta razón, para lograr que determinen el sensado de un gas específicamente se necesita la ayuda de la programación en el microcontrolador, por ende se necesitan unos valores para introducirlos dentro de la fórmula de este. A continuación se determina la explicación de los valores para poder calibrar el sensor MQ-7.

El Datasheet de cada sensor proporciona unas gráficas que permiten obtener la concentración del gas a partir de la relación entre la resistencia del sensor Ro en presencia de un determinado gas y la resistencia medida Rs en presencia de varios gases. También es necesario conocer la resistencia de carga RL, empleada en el módulo para realizar la lectura del sensor MQ. En la gráfica (1), se muestra las curvas de concentración de cada gas medido en un sensor MQ-7.

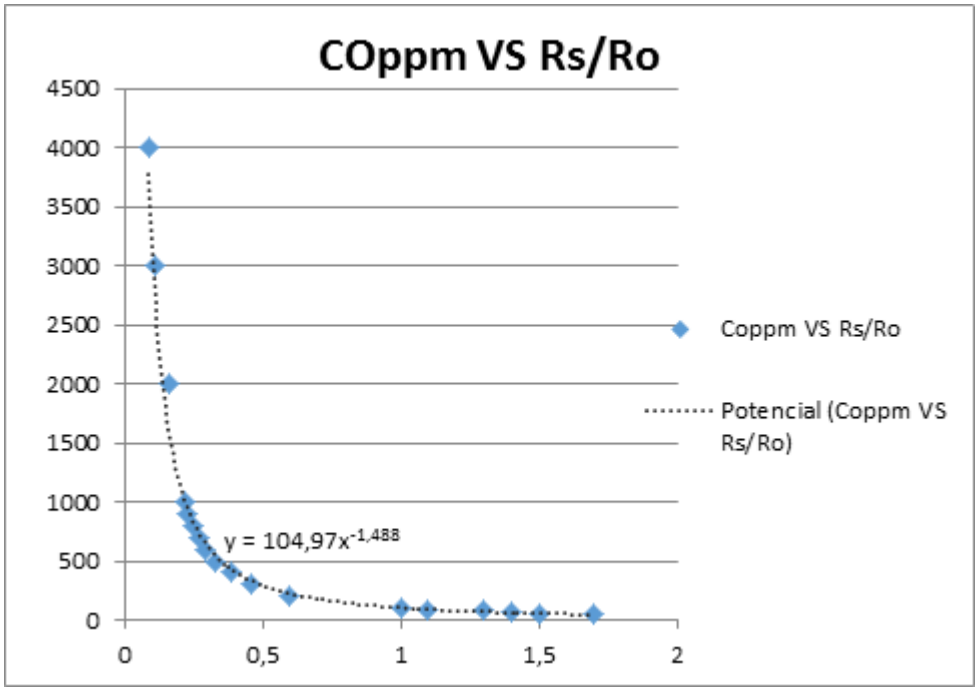
Grafica 1. Gráfica del Datasheet MQ-7



Fuente: Naylamp Mechatronics. en https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html

Como la escala de la gráfica es logarítmica, se realiza una gráfica en excel para crear una de tipo exponencial, con los mismos datos para obtener la ecuación de la curva, por lo que se obtiene unos valores los cuales son necesarios para introducirlos a la programación del microcontrolador. El eje (Y) está conformado por la concentración de CO en ppm, y el eje (X) está conformado por la relación entre Rs/Ro. Ro es la resistencia del sensor a 100 ppm de CO de acuerdo a su Datasheet.

Grafica 2. Gráfica exponencial CO ppm VS Rs/Ro



Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la ecuación de la gráfica, solo queda calcular el valor de Ro para completar todas las variables y realizar la medición en el microcontrolador.

La forma utilizada para obtener el valor de Ro es la siguiente: someter el sensor a grandes cantidades de CO para saturar su salida (que entregue el máximo valor de tensión), más con la fórmula del divisor de tensión se calcula Rs y con la relación entre Rs y Ro en ese estado, se puede obtener el valor de Ro despejando de la fórmula:

$$Rs = ((Vcc - Vout) / Vout) * RL$$

Donde VCC es el voltaje de alimentación del sensor, en este caso (5) Voltios, Vout es el voltaje de salida del divisor de tensión y RL, es la resistencia de carga del mismo; la resistencia de carga usada en el sensor MQ-7 es de 4.7 K, el voltaje obtenido en la prueba de saturación fue de 2.9 Voltios. Con esto se procede a calcular Rs:

$$Rs = \left(\frac{5.0V - 2.9V}{2.9V}\right) * \ 4.7k$$

$$Rs = \ 3.40k$$

Una vez obtenido Rs, se analiza en la gráfica (2), que la relación Rs/Ro es de aproximadamente 0.2 en estado de saturación del sensor. Entonces se pasa a calcular Ro:

$$0.2 = \frac{R_s}{R_o}$$

$$R_o = \frac{R_s}{0.2}$$

$$R_o = 17.02k$$

De esta manera se obtienen todos los valores para introducirlos en la fórmula del microcontrolador para poder hacer las mediciones en ppm de cada gas que son:

- VCC: 5 V
- V_{out}: 2.9 V
- RL del sensor: 4.7 KΩ
- RS: 3.40KΩ
- Ro: 17.02KΩ.
- Ecuación de la curva: $y= 104,97x^{-1.488}$

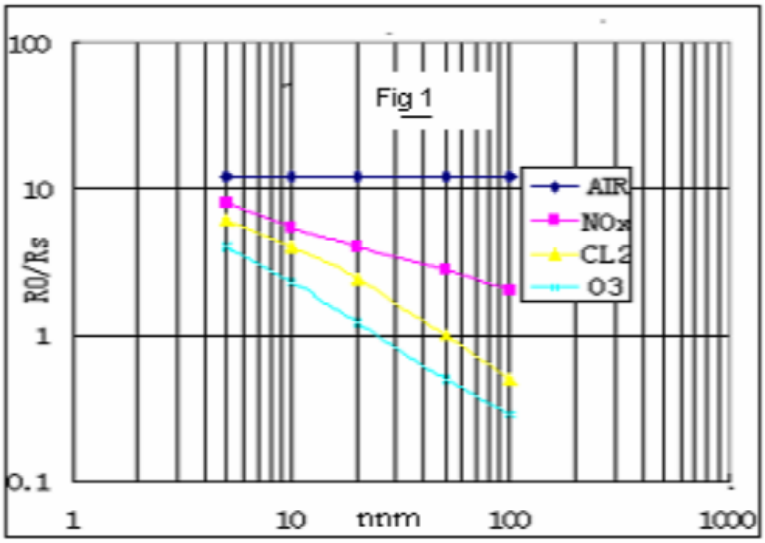
6.2.3.3 Sensor MQ-131 para medir óxidos nitrosos.

Este sensor tiene una alta sensibilidad al ozono (O3) y una menor al dióxido y monóxido de nitrógeno (NOx). Los NOx pueden ser detectados por este sensor en un rango de 2 ppm hasta 100 ppm, el valor de alerta está configurado para activar la alarma cuando se superen los 20 ppm. No tiene problema y es fácilmente conectado al pin del microcontrolador, sus características son:

- Voltaje de entrada: 5V DC
- Voltaje de salida: 0.2 - 5V DC
- Rango de medición: 2 PPM-310 PPM
- Temperatura de operación: 20ºC - 2ºC

Al igual que el sensor MQ-7 este también necesita ser calibrado, para ello se necesita la ayuda del microcontrolador y poder medir en ppm, pero es necesario calcular unos valores con la ayuda de la gráfica proporcionada por el Data sheet del sensor como los siguientes:

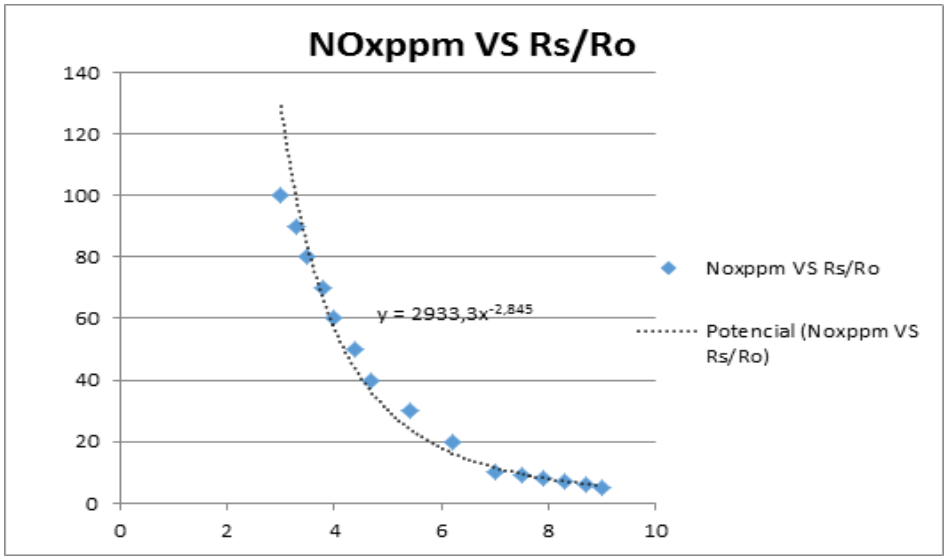
Grafica 3. Gráfica del Datasheet MQ-131



Fuente: SENSORS PORTAL.en http://www.sensorsportal.com/DOWNLOADS/MQ131.pdf

Al igual que con el sensor MQ7, se realiza una gráfica en Excel donde el eje (Y) está conformado por la concentración de NOx en ppm, y el eje (X) está conformado por la relación entre Rs/Ro. Ro es la resistencia del sensor a 50 ppm de O_3

Grafica 4. Gráfica exponencial NOx ppm VS Rs/Ro



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la ecuación de la gráfica, solo nos queda calcular el valor de Ro para completar todas las variables y realizar la medición en el microcontrolador.

La forma utilizada para obtener el valor de Ro fue la siguiente: someter el sensor a grandes cantidades de NOx para saturar su salida (que entregue el máximo valor de tensión), y con la fórmula del divisor de tensión calculamos Rs, con la relación entre Rs y Ro en ese estado, se puede obtener el valor de Ro despejando de la fórmula.

$$Rs = ((Vcc - Vout) / Vout) * RL$$

Donde VCC es el voltaje de alimentación del sensor, en este caso 5 Voltios, Vout es el voltaje de salida del divisor de tensión y RL, es la resistencia de carga del mismo. La resistencia de carga

usada en el sensor MQ-131 es de 10k, el voltaje obtenido en la prueba de saturación fue de 3.9 Voltios. Con esto se calcula Rs:

$$Rs = \left(\frac{5.0V - 3.9V}{3.9V}\right) * 10k$$

$$Rs = 2.82k\Omega$$

Una vez obtenido Rs, se analiza en la gráfica la relación Rs/Ro es de aproximadamente 0.9 en estado de saturación del sensor. Entonces se procede a calcular Ro:

$$0.9 = \frac{R_s}{R_o}$$

$$R_o = \frac{2.82k}{0.9}$$

$$R_o = 3.13k\Omega$$

De esta manera se obtienen todos los valores para introducirlos en la fórmula del microcontrolador para poder hacer las mediciones en ppm de este gas; los cuales son:

- VCC: 5 V
- V_{out}: 3.9 V
- RL del sensor: 10 KΩ
- RS: 2.82 KΩ
- Ro: 3.13KΩ.
- Ecuación de la curva: $y= 2933.3x^{-2.845}$

6.2.3.4 Sensor MQ-135 para medir dióxido de carbono.

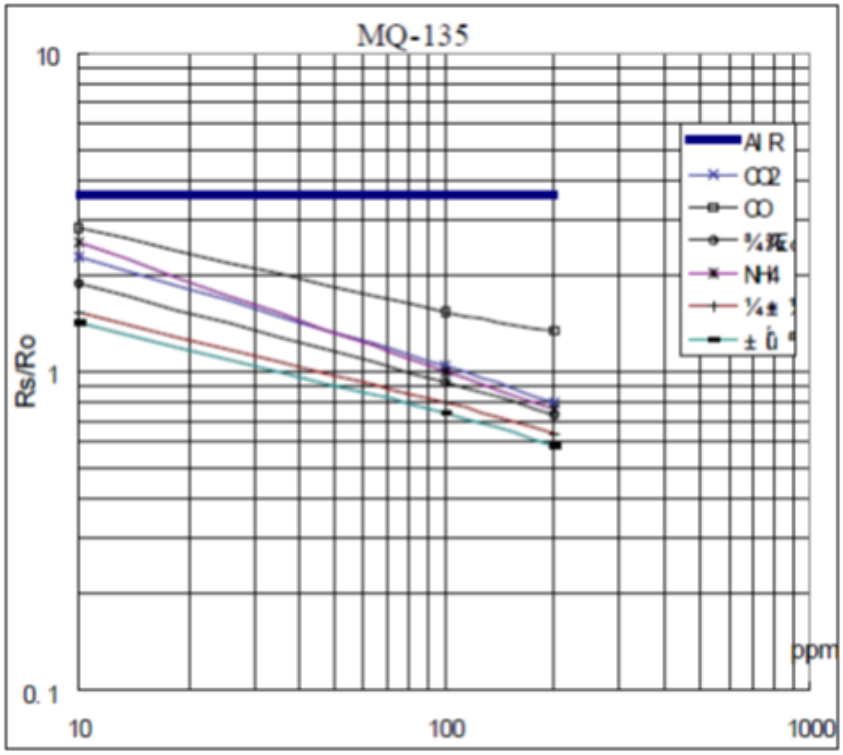
Este sensor puede medir la calidad del aire con una sensibilidad suficiente para detectar dióxido de carbono (CO2). El dióxido de carbono es detectado por este sensor en un rango de 10 ppm

hasta la 10000 ppm, el valor de alerta está configurado para accionar la alarma cuando se superen los 4920 ppm; el suministro puede ser de (5) Voltios para la toma de datos y un precalentamiento de 30 minutos. sus características son las siguientes:

- Voltaje de operación: 5V DC
- Corriente de operación: 150mA
- Potencia de consumo: 800mW
- Resistencia de carga: Potenciómetro (Ajustable)
- Detección de partes por millón: 10 ppm~1000 ppm
- Concentración de oxígeno: 2%~21%
- Humedad de operación: <95%RH
- Temperatura de operación: -20°C~70°C

Para lograr su calibración se realiza los mismos pasos que en los anteriores sensores, ya que se requiere de ciertos datos utilizados en el microcontrolador, utilizando la gráfica suministrada por el datasheet del sensor y la transformación de de esta gráfica a una exponencial en excel, para así poder lograr las mediciones en ppm

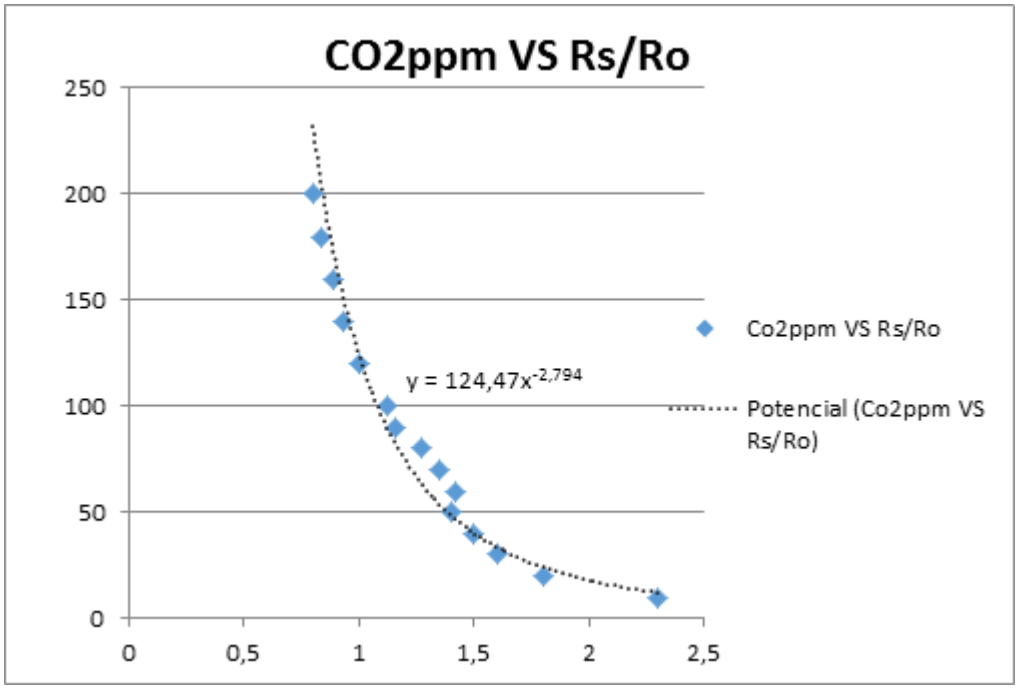
Grafica 5. Gráfica del Datasheet MQ-135



Fuente:Naylamp Mechatronics.en. https://naylampmechatronics.com/sensores-gas/73-sensor-calidad-aire-mq135.html

Al igual que con el sensor MQ7 y MQ-131, se realiza una gráfica en Excel donde el eje (Y) está conformado por la concentración de CO_2 en ppm, y el eje (X) está conformado por la relación entre Rs/Ro. Esto con el fin de encontrar la ecuación de la curva, estos valores serán incorporados al micro controlador.

Grafica 6. Gráfica en Excel de CO2 ppm VS Rs/Ro



Fuente: Elaboración propia

Obtenido los valores de la curva en la gráfica, los cuales son de suma importancia para que el microcontrolador siga unos parámetros y pueda medir el CO_2.

Para calcular Ro se lleva el sensor a saturación de gas CO2, para obtener el voltaje máximo, luego se utiliza la fórmula empleada anteriormente.

$$Rs = ((Vcc - Vout) / Vout) * RL$$

La resistencia de carga usada en el sensor MQ-135 es de 10k, el voltaje obtenido en la prueba de saturación fue de 2.74 Voltios. Con esto procede a calcular Rs:

$$Rs = \left(\frac{5.0V - 2.74V}{2.74V}\right) * 10k$$

$$Rs = 8.265k$$

Una vez obtenido Rs, se analiza en la gráfica que la relación Rs/Ro es de aproximadamente 0.2 en estado de saturación del sensor; entonces se calcula Ro.

$$0.2 = \frac{R_s}{R_o}$$

$$R_o = \frac{8.265k}{0.2}$$

$$R_o = 41.325k$$

De esta manera se obtienen todos los valores para introducirlos en la fórmula del microcontrolador para poder hacer las mediciones en ppm de este gas; los cuales son:

- VCC: 5V
- Vout: 2.74 V
- RL del sensor: 10KΩ
- RS: 8.26KΩ
- Ro: 41.32KΩ.
- Ecuación de la curva: $y= 124.47x^{-2,794}$

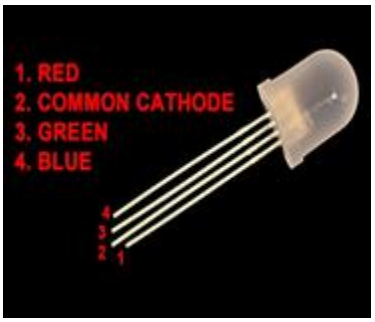
6.2.4 Sistema de alarma.

Esta etapa es la encargada de activar una alarma lumínica y otra sonora, con el fin de avisar al usuario que se encuentra bajo condiciones de riesgo por posible entrada de gases a la máscara. La parte de control provee a esta etapa las señales eléctricas necesarias y en el momento adecuado, por ello los sensores establecidos deben analizar el entorno de trabajo e informar inmediatamente al microcontrolador.

La alarma lumínica está conformada por 3 leds, que irán parpadeando y encendiéndose uno a uno, para indicar el nivel de riesgo en ese momento; estas alarmas visuales del sistema serán controladas por el Arduino pro mini, por medio de señales PWM. Cuando la concentración de uno o varios gases supere el umbral establecido de ppm, se enviará tres señales a los leds de tipo RGB (rojo, verde y azul), estos al ser de ánodo común, aumentan su intensidad de luz a medida que el ciclo útil de la señal PWM disminuye; el ánodo se conecta a 5 Voltios, y los cátodos a las señales PWM en serie con resistencia limitadoras para cada cátodo. Adicionalmente, el color emitido por los leds RGB será distinto para cada gas. En la figura (40); se puede observar un diodo led reg y sus partes.

- CO2: Amarillo
- CO: Azul
- NO_X: Rojo
- Aire limpio: verde

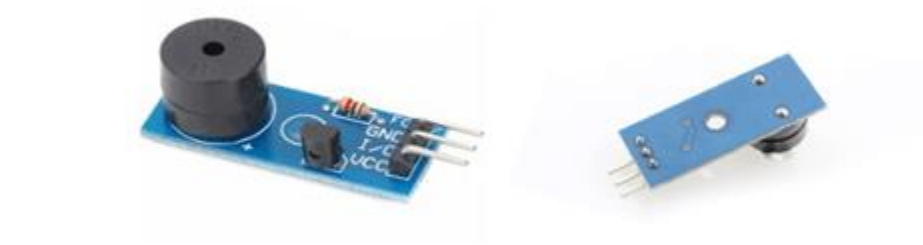
Figura 40. Diodo Led RGB



Fuente: Asociación de Robótica de Rivas.en:http://roboticarivas.org/robotica-con-arduino-led-rgb-parte-i/

Mientras la alarma sonora está conformada por un zumbador (buzzer) de 5 voltios y un transistor 2N3904 que hará de interruptor y amplifica la corriente necesaria para que el zumbador suene, la corriente de consumo de estos dispositivos es de 150 mA, suficiente para producir un sonido audible en entornos de bajo ruido, al igual que con los leds, la señal del sonido será modificada para generar diferentes tonos y combinaciones de frecuencias que le indiquen al usuario el nivel del riesgo en ese momento, a medida que el riesgo aumente, la frecuencia de los efectos sonoros será más alta. Tal como se aprecia en la figura (41); está el tipo de zumbador utilizado.

Figura 41. Zumbador (buzzer)

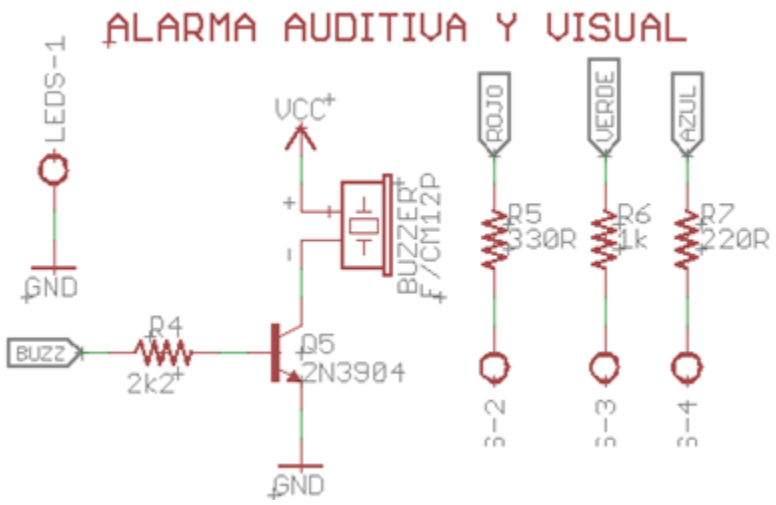


Fuente: INGENIERÍA, INFORMÁTICA Y DISEÑO.en:https://www.luisllamas.es/arduino-buzzer-activo/

- Tensión: 3.5 a 5V
- Medidas: diámetro 12mm, altura 8,5mm.
- Separación pins: 6,5mm.
- Frecuencia: 2300 Hz aprox.

En la figura (42); se indica el esquema de esta parte del circuito realizada en el programa de proteus:

Figura 42. Esquema alarma auditiva y visual



Fuente: Elaboración propia

6.2.5 Sistema de ventilado.

Está constituido por dos ventiladores los cuales están encargados de mantener la temperatura interna de la máscara a un nivel cómodo para el usuario e impedir que esta se empañe; para poder lograr esto se requiere variar las revoluciones por minuto de los motores (RPM), para ello se hace uso de la técnica de modulación por ancho de pulso(PWM); con este tipo de señal se puede variar el voltaje promedio aplicado a los motores, de forma proporcional al ancho de pulso positivo de la señal PWM.

El microcontrolador Atmega328P-AU tiene a su disposición 6 pines digitales con la posibilidad manejar señales PWM. En el IDE de Arduino hace uso de los pines 3 y 5 para controlar los dos ventiladores. Para el control de la velocidad de los motores se implementa un controlador digital del tipo PI (Proporcional Integral), esto con el fin de eliminar el error de estado estacionario, dado que un controlador proporcional por si lo no lo puede eliminar.

El sistema en sí es complejo, debido a que se necesita controlar la velocidad de los ventiladores; pero la señal de realimentación para el controlador no es la velocidad del motor; sino la temperatura interna de máscara, esto implica tener en cuenta conceptos de termodinámica y

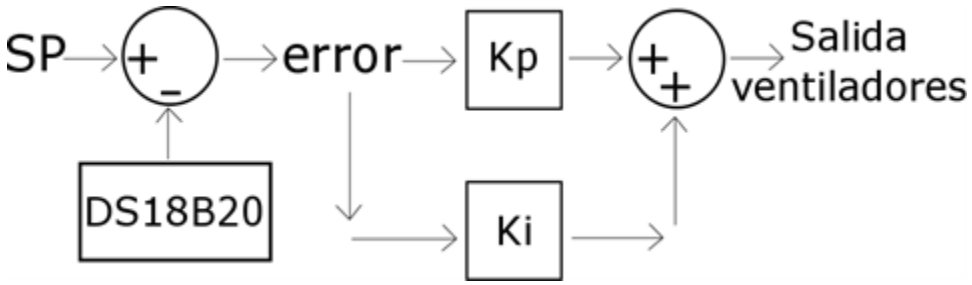
transferencia de calor entre cuerpos, además de conocer con precisión el volumen total de máscara para poder definir el caudal que debe entregar cada ventilador y así, controlar la temperatura que es la variable de interés. También se debe tener en cuenta que para reducir el consumo de energía, si la temperatura está por debajo del set point asignado, los ventiladores se apagaran en vez de encender un calefactor como normalmente se hace, esto ya que la temperatura corporal del operario será más que suficiente para calentar la máscara y la mayoría de veces la temperatura real será mayor a la deseada.

Para este desarrollo del controlador PI, se tomará la ganancia proporcional (Kp) y la ganancia integral (Ki) de forma experimental, debido a que se desconoce el volumen real de la máscara y la respuesta al escalón de la planta (ventiladores), tampoco se dispone de un encoder para medir las revoluciones por minuto del ventilador. Por este motivo, se supondrá que la variación de velocidad con respecto al voltaje aplicado será del tipo lineal, que a su vez la variación de caudal con respecto a la velocidad de las aspas también será lineal. Si se ignora el efecto de la inductancia de la bobina de armadura del motor DC, se puede aproximar la respuesta de la planta a un sistema de primer orden. Generalmente este tipo de plantas tiene una ganancia ligeramente menor a la 1, del orden de 0.9 a 0.95 y el tiempo de estabilidad es muy pequeño, casi siempre inferior a 1 segundo.

Como se sabe, los microcontroladores son sistemas digitales y por ende, el controlador a implementar es de tipo digital. Las señales reales de un sistema siempre son analógicas, y para implementar este tipo de controladores deben usarse conversores análogos/digitales (ADC) y digitales/análogos (DAC).

Un factor importante en este tipo de conversiones es el tiempo de muestreo (T) y la cantidad de muestras que se pueden tomar (K) en un periodo de tiempo determinado. Cabe aclarar que entre más pequeño sea el tiempo de muestreo, más fiel será la conversión de la señal, pero como regla general debe ser al menos 10 veces menor que el tiempo de estabilidad de la planta. El diagrama de bloques que describe el controlador será el siguiente:

Figura 43.Diagrama del sistema de ventilación:



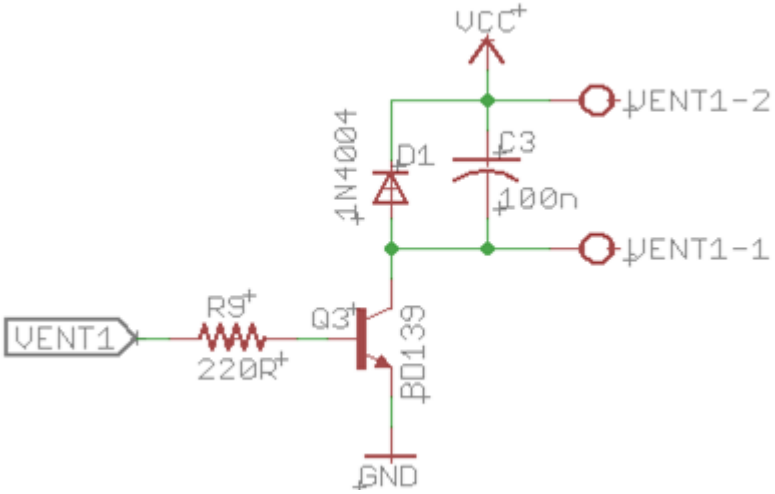
Fuente: Elaboración propia.

El set point del sistema es de 32 ºC

Debido a los picos de corriente generados en el arranque de motores DC y su consumo de corriente nominal, es necesaria una interface entre los actuadores y el controlador, que permita a este último ejercer sus funciones de forma segura. Para ello se usarán Transistores BJT BD139, que serán los encargados de amplificar las señales de control, pudiendo manejar corrientes y voltajes más elevados, de hasta 45 Voltios y 1.5 Amperios, permitiendo con esto la posibilidad de acoplar diversos actuadores sin necesidad de realizar cambios en el hardware.

Los transistores trabajan entre la zona de corte y saturación, haciendo de interruptores y con esto facilitar el manejo de señales tipo PWM, que son las más utilizadas para variar la velocidad de los motores de DC. La frecuencia de las señal PWM proveniente del controlador son de 500Hz, teniendo en cuenta que nuestra carga a controlar es inductiva, es necesario usar un diodo rectificador 1N4001 de propósito general y un capacitor de 100 nanofaradios en paralelo con carga, esto con la finalidad de proteger a los transistores de los voltajes inducidos inversos de las bobinas de los ventiladores, y a su vez, corregir el factor de potencia al añadir una carga capacitiva. En la figura (44); se observa su esquema

Figura 44. Esquema Interface de potencia



Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Sistema de alimentación.

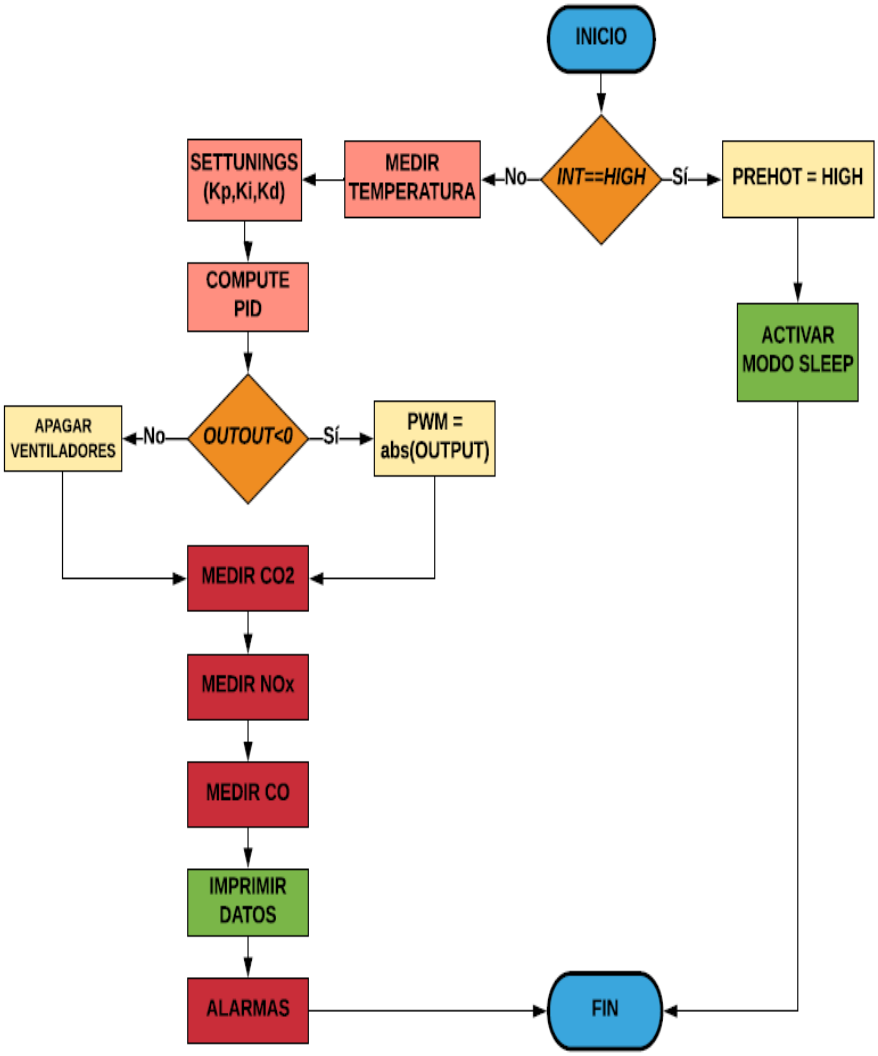
La alimentación del sistema electrónico está basado en la batería, que es de tipo polímetro de litio y recargable; luego de realizar unos respectivos cálculos del consumo de los componentes electrónicos empleados el proyecto, la batería comercial con valor más cercano es de 8000mAh a 5v

Cabe destacar que los sensores MQ-7 y MQ-135 MQ-131 requieren ser precalentados para que sus medidas sean fiables. Este precalentamiento a (5) Voltios consume aproximadamente 150 mA por sensor, por lo que se deberá usar una fuente de poder externa para precalentarse antes de que comiencen a medir dentro de la máscara. Por esto se precalientan con el cargador de la batería, conectada al circuito, es decir que mientras la batería está cargando los sensores están pre calentándose, teniendo claro que en el momento de que la batería llega al 100% de su carga, esto no influya en que los sensores sigan su proceso de precalentamiento.

7. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE OPERACIÓN GENERAL DE LA MÁSCARA

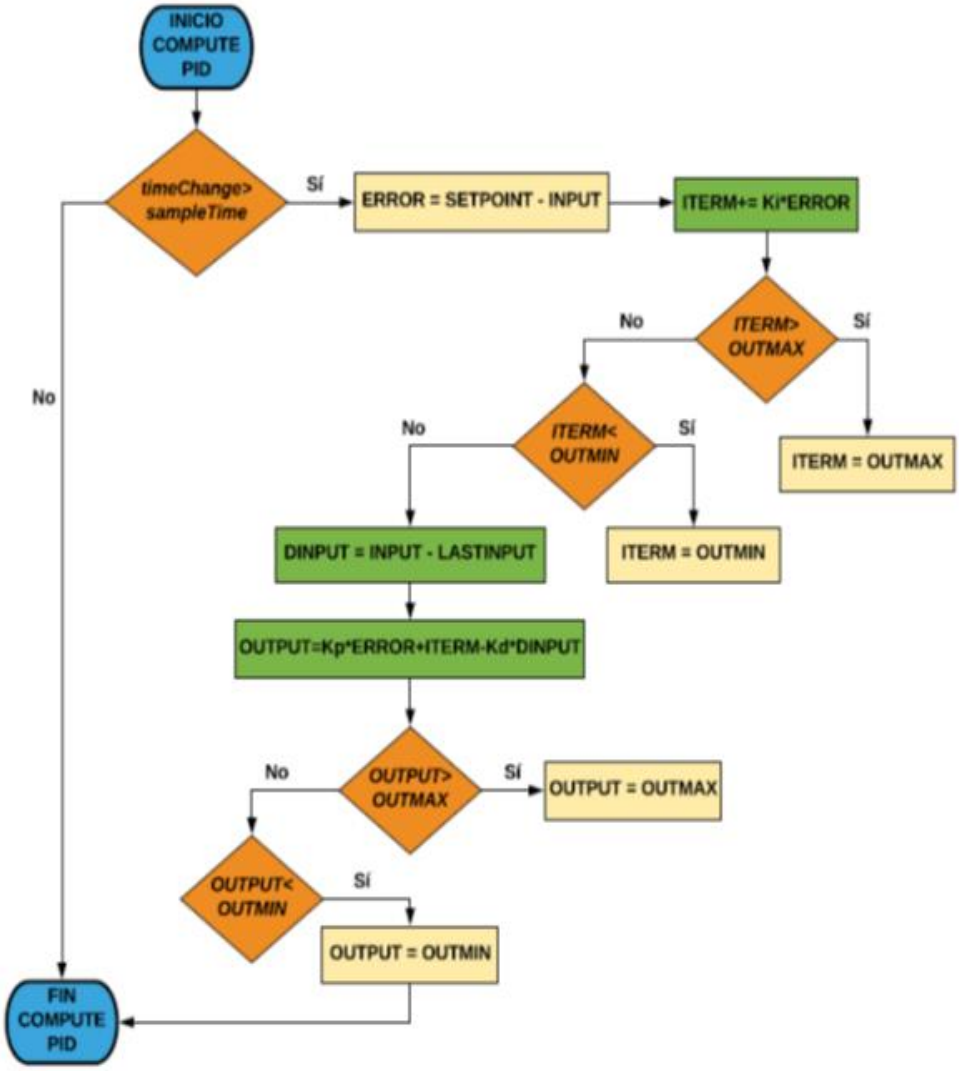
Se Dispone de dos switches uno que prende la máscara y otro que calienta la máscara , a la primera variable se le llama Interrupción por hardware que es (INT) El confirma si la variable es un alto (HIGH) o un bajo (LOW) , ese alto y ese bajo lo da dependiendo de la posición del switch ,si la variable está en alto (HIGH) indica que el switch está activado, y el arduino no va medir, va a prender el calentador de los sensores, y activa el modo (SLEEP) , y se queda hay infinitamente.

Pero en el caso de que el switch esté en otra posición , la primera etapa que mide es la temperatura, y la segunda etapa es sintonizar los parámetros del controlador digital que son el (Kp,Ki,Kd) proporcional, integral y derivativa, después de cargar los parámetros, se le llama a la siguiente función que es (COMPUTE PID) , después de que él hace la parte de cómputo del algoritmo del PID, tendrá como resultado el valor de una variable que se llama (OUTOUT) que sería la salida del sistema para prender los ventiladores, en este caso como los sistemas de temperatura para que trabajen en ambos rangos ,necesita una etapa que enfríe y otra que caliente, en este caso no se tiene la etapa que calienta , porque va hacer lo contrario enfriar , dicho esto cuando la variable entregue un valor menor a (0), manda un pulso de PWM a los ventiladores , que equivalen al valor absoluto de la variable (OUTOUT) ,porque la variable va ser negativa ,y no podrá mandar pulsos negativos de PWM, entonces se le saca el valor absoluto , en el caso que no se cumpla la condición los ventiladores estarían apagados, en los dos casos pasaría ya a la siguiente etapa que sería medir los gases , que son: CO_2, NO_x, CO, se miden uno por uno, después imprime los datos y se activa las alarmas , realizado esto se cierra el ciclo.


INICIO
INT==HIGH
No
Sí
PREHOT = HIGH
MEDIR TEMPERATURA
SETTUNINGS (Kp,Ki,Kd)
COMPUTE PID
ACTIVAR MODO SLEEP
OUTOUT<0
No
Sí
APAGAR VENTILADORES
PWM = abs(OUTPUT)
MEDIR CO2
MEDIR NOx
MEDIR CO
IMPRIMIR DATOS
ALARMAS
FIN

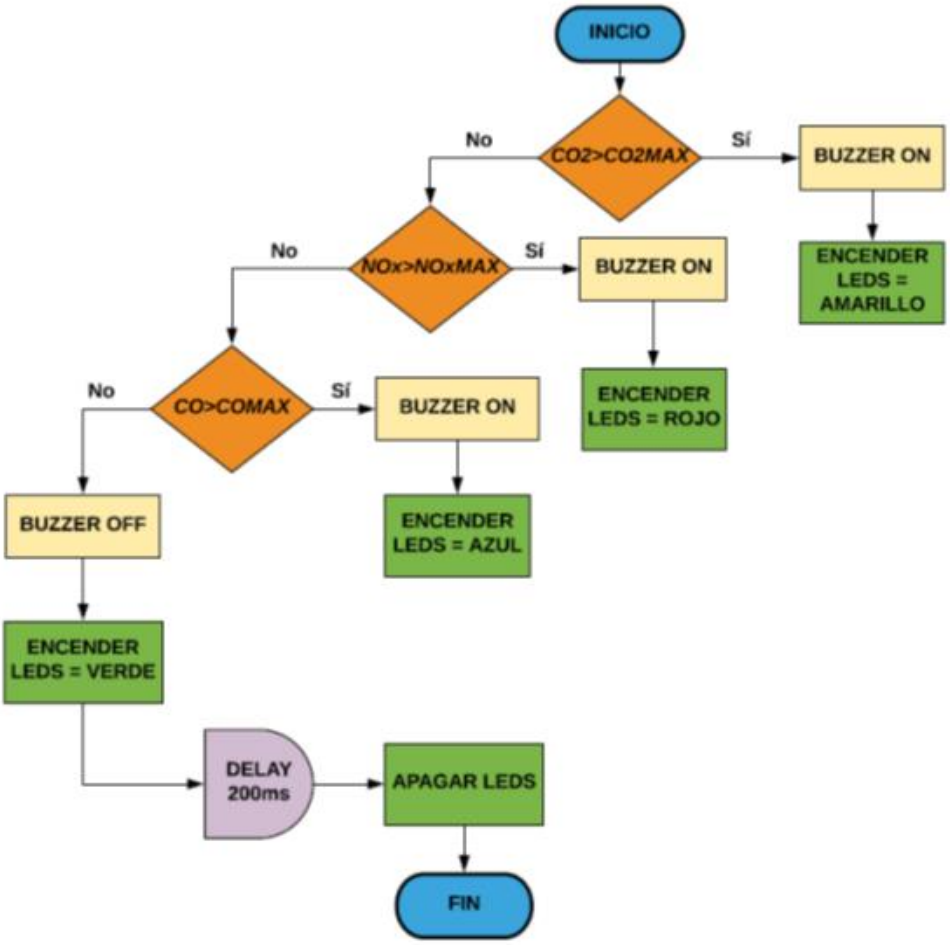
7.1 Programación del controlador (ventiladores)

Se tiene una primera variable que se nombró anteriormente (COMPUTE PID) que es la que realmente ejecuta el sistema de control de la máscara, lo primero que hará el algoritmo es preguntarse si el tiempo que ha transcurrido es mayor al tiempo de rastreo, el compara si ya ocurrió el tiempo que necesite, si no a transcurrido ese tiempo no hará nada , pero si ya se cumplió el tiempo él empieza a realizar el algoritmo , lo primero que hace el algoritmo PID es calcular la variable de error , que es la diferencia entre el Set point y la entrada , el set point es la referencia que se le pone, que se mantendrá a (32 grados) y el (INPUT) es lo que me está arrojando el sensor , después de calcular el error , calculará el término integral (ITERM) , que sería la constante Ki multiplicada por el error , de ahí pasa a definir los parámetros de saturación (ITERM>OUTMAX) si el sistema se saturó manda el Max valor y si se saturó por el lado negativo manda el mínimo valor , posterior pasa a calcular el término derivativo , que sería la derivada de la entrada que se calcula con la resta de la entrada principal y la entrada anterior, de ahí ya entra hacer el algoritmo del PID, que sería la suma de las 3 (Kp,Ki,Kd) y vuelve y pregunta si la salida se saturo mandar la Max y si es al contrario mandar la minina.


INICIO COMPUTE PID
timeChange> sampleTime
Sí
No
ERROR = SETPOINT - INPUT
ITERM+= Ki*ERROR
ITERM> OUTMAX
No
Sí
ITERM = OUTMAX
ITERM< OUTMIN
No
Sí
ITERM = OUTMIN
DINPUT = INPUT - LASTINPUT
OUTPUT=Kp*ERROR+ITERM-Kd*DINPUT
OUTPUT> OUTMAX
No
Sí
OUTPUT = OUTMAX
OUTPUT< OUTMIN
Sí
OUTPUT = OUTMIN
FIN COMPUTE PID

7.2 Programación de sistema de alarma

Primero se realiza la comparación del CO2 con el valor máximo permitido según la norma , en el momento que supere ese valor máximo el activa un (BUZZER) y activa la función(LED) color amarillo, si no se cumple pasa a revisar el siguiente gas que sería el NOx y hace la comparación entre el valor máximo permitido, si el valor es mayor, me activa el (BUZZER) y enciende el (LED) rojo , y por último me pasaría a realizar la comparación del último gas que es CO , si es mayor al máximo activa la alarma y me encenderá un (LED) azul , si el aire está limpio se apaga el buzzer y se enciende el (LED) de color verde indicándose que el aire se encuentra limpio , con un retardo de 200 ms y vuelve y los apaga.



8. PRUEBAS Y RESULTADOS

8.1 Pruebas de funcionamiento de la máscara sin filtros

8.1.1 Descripción de la prueba.

Esta prueba se realiza con el fin de demostrar que la única forma de que ingrese algún tipo de gas al interior del nuevo prototipo de la máscara es por la parte de los filtros, por eso se lleva la máscara al campo de trabajo, donde un operario de soldadura trabajo con esta sin filtros utilizando los materiales más comunes dentro del proceso de soldadura.

8.1.2 Resultados de la prueba.

Tabla 7. Resultados de la máscara sin filtros

Tipos de material al soldar	Salida alarma
Acero	Se activa
Acero inoxidable	Se activa
Hierro	Se activa
Aluminio	Se activa

8.1.3 Observaciones y conclusiones de la prueba.

Con la realización de esta prueba se puede concluir que la máscara al ser expuesta al proceso de soldadura con diferentes tipos de metales y sin los filtros; los gases producidos al momento de soldar ingresan fácilmente al interior, obteniendo como respuesta que el sistema de alarma se active tanto visual como auditivo para todo tipo de material. Las luces emitidas por los leds RGB varían de diferente color ya los sensores están registrando diferentes tipos de gases al mismo tiempo.

8.2 Pruebas de funcionamiento de la máscara con filtros

8.2.1 Descripción de la prueba.

Aprovechando el espacio obtenido dentro del proceso de soldadura, se lleva la máscara otra vez a prueba para verificar su funcionamiento, pero esta vez con los filtros puestos y nuevos, de igual forma que en la prueba anterior un operario la utiliza y esta es expuesta al proceso de soldadura con los mismos materiales, es necesario aclarar que para esta prueba el sistema se sensado fue puesto a precalentamiento durante 45 minutos antes de iniciarla, esto con el fin de eliminar cualquier sustancia de algún gas que pueda quedar en el interior de alguno de los sensores MQ y pueda variar algún resultado.

8.2.3 Resultados de la prueba

Tabla 8. Resultados de la máscara con filtros

Tipos de material al soldar	Salida alarma
Acero	No se activa
Acero inoxidable	No se activa
Hierro	No se activa
Aluminio	NO se activa

Fuente: Elaboración propia

8.2.3 Observaciones y conclusiones de la prueba.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede concluir que la máscara con los filtros puestos bloquea cualquier ingreso de algún tipo de gas producido por los materiales al momento de realizar el trabajo de soldadura, como garantía de que los sensores están funcionando y el interior de la máscara está limpio de gases, la alarma visual muestra a través de los leds RGB un color verde que significa aire limpio o que los gases no han ingresado en medidas superiores a las que puede estar expuesto un hombre durante un tiempo de 8 horas laborales.

8.3 Pruebas realizadas en el sensor de temperatura DS18B20

8.3.1 Descripción de la prueba.

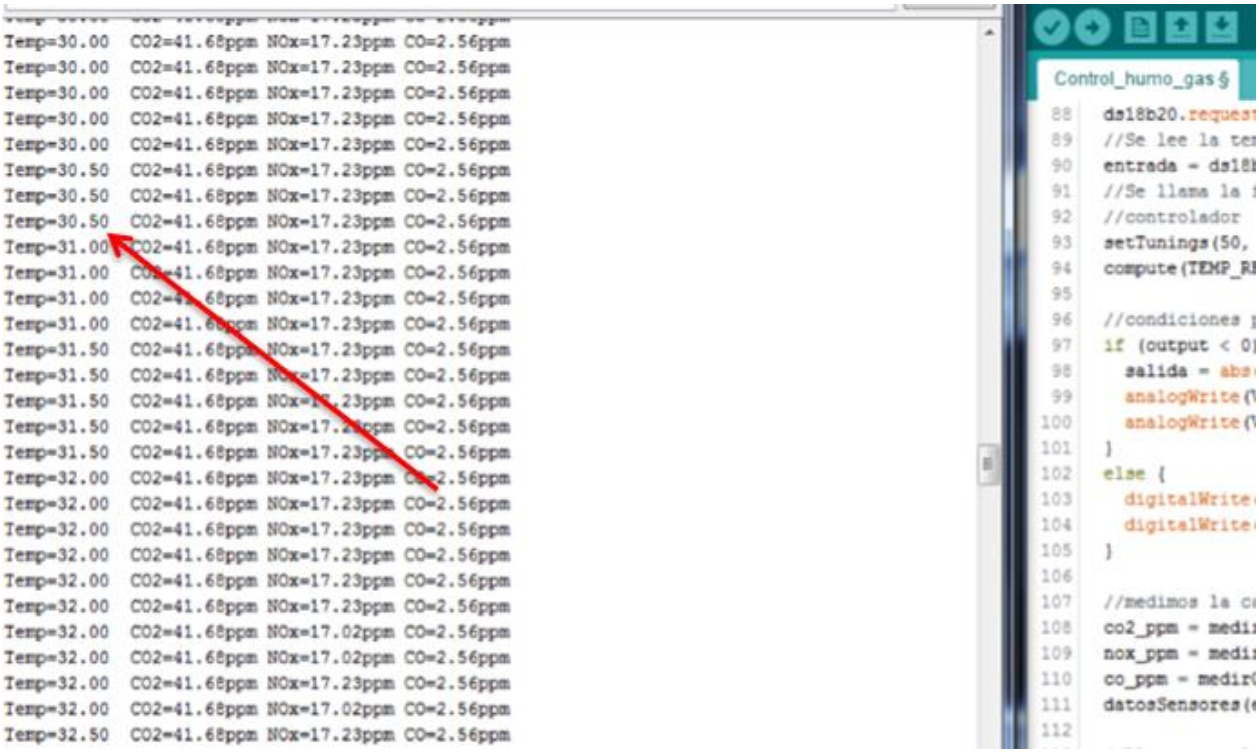
Para la prueba de este sensor se utiliza el calor corporal de las manos, de esta manera se logra que el sensor DS18B20 comienza a registrar el aumento de la temperatura, este sensor viene calibrado por lo que sus valores son altamente confiables.

8.3.2 Resultados de la prueba.

Figura 45. Prueba del sensor de temperatura DS18B20

Fuente. Elaboración propia

Figura 46. Variación de la temperatura en el puerto serial



Fuente: Elaboración propia

8.3.3 Observaciones y conclusiones de la prueba.

De acuerdo a lo mostrado en el puerto serial del arduino se puede observar cómo a medida que se sostiene más tiempo el sensor y de acuerdo al registro, la temperatura comienza a subir considerablemente, indicando que el sensor está midiendo la temperatura idealmente de acuerdo a las expectativas del proyecto y al superar los 32ºC los ventiladores entran en funcionamiento.

8.4 Pruebas realizadas en el sensor de gas monóxido de carbono CO MQ-7

8.4.1 Descripción de la prueba.

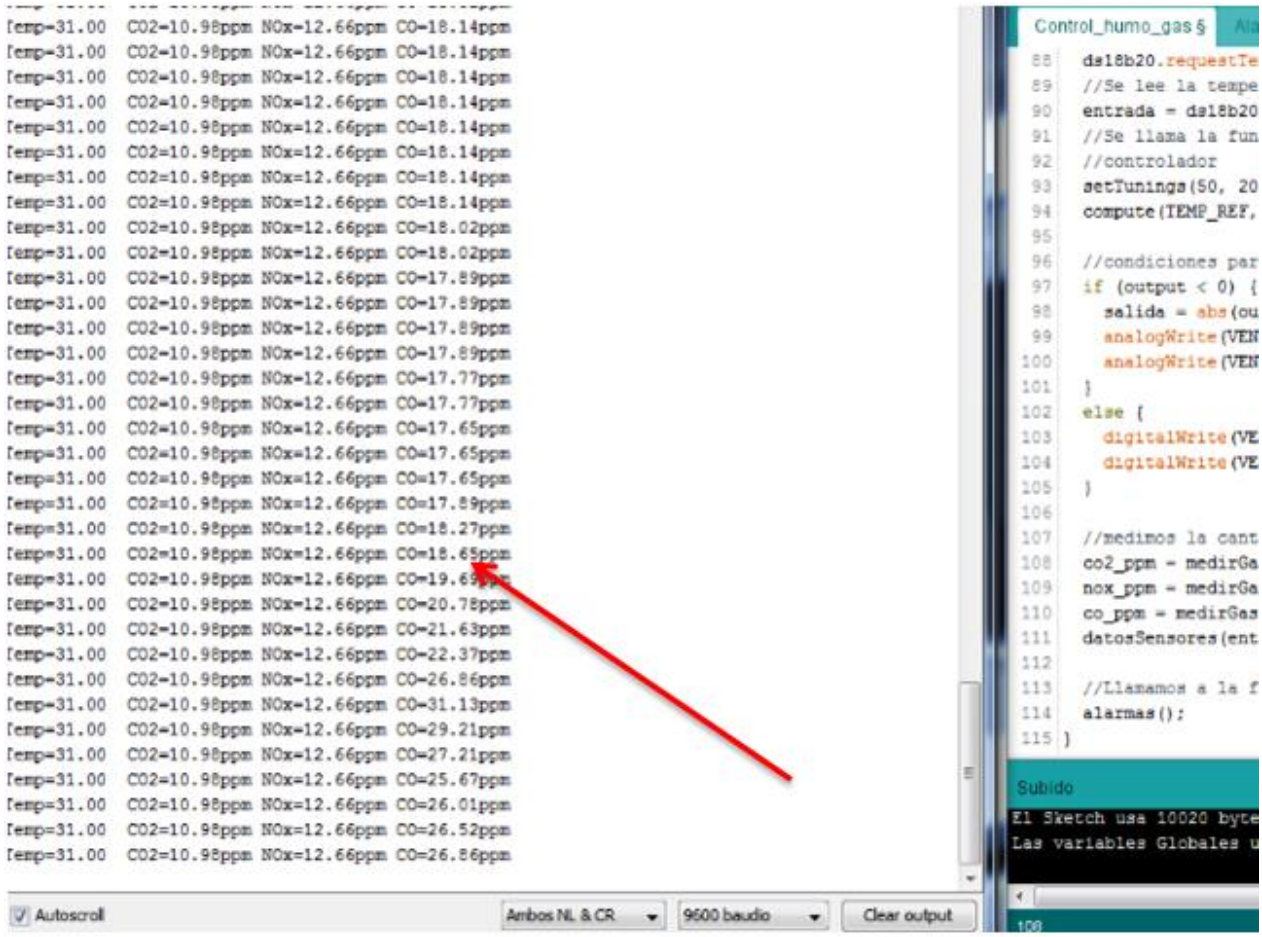
Para la realizar esta prueba se utiliza un cigarrillo como material para producción de monóxido de carbono; este se coloca en contacto con el sensor, el cual a su vez comienza registrar las cantidades de dicho gas presentes en el aire.

8.4.1 Resultados de la prueba

Figura 47. Realización de la prueba del sensor MQ-7

Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Lectura del puerto serial del gas CO



Fuente: Elaboración propia

8.4.2 Resultado de la prueba.

Los resultados obtenidos por el sensor MQ-7 demuestran que efectivamente, el sensor es altamente sensible al CO, y de acuerdo a los cálculos planteados en su calibración y con la ayuda del microcontrolador se puede evidenciar que entre más gas se le aplique las partículas por millón (ppm) aumentan considerablemente, en si el sensor percibe y registra el monóxido de carbono. Por otro lado efectivamente activa la alarma cuando sobrepasa el rango establecido haciendo que esta emita un sonido y los RGB alumbren de color azul.

8.5 Pruebas realizadas en el sensor de gas de dióxido de carbono CO_2 MQ-135

8.5.1 Descripción de la prueba.

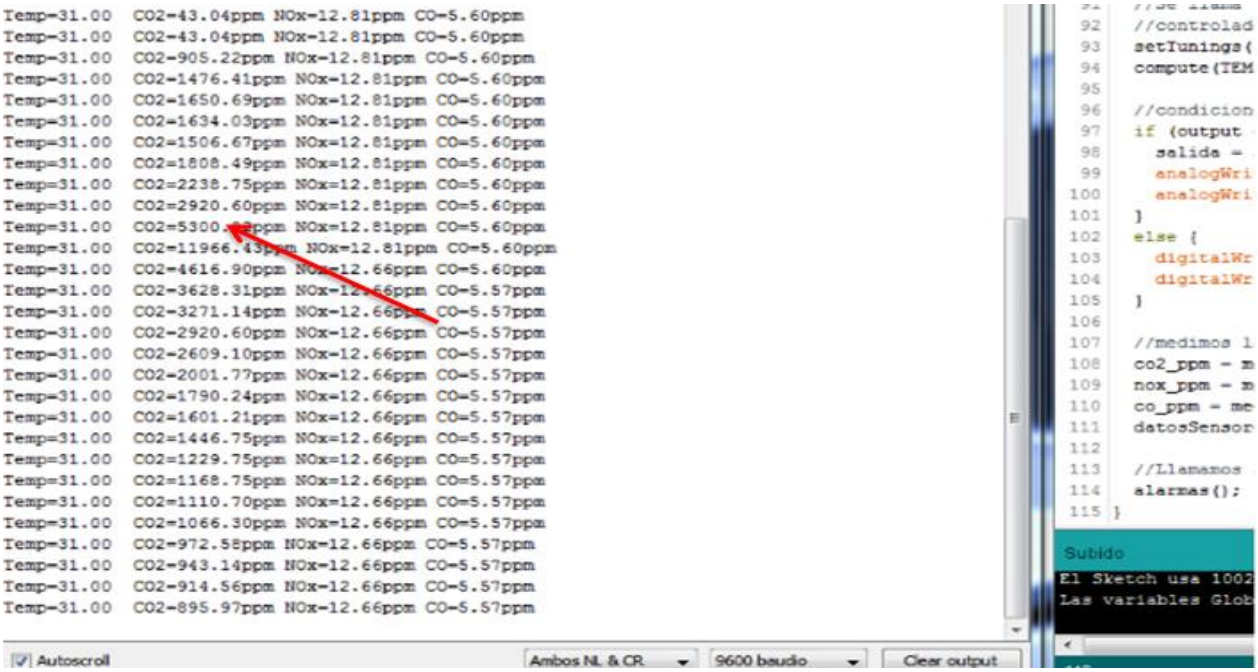
La realización de la prueba consiste en exponer el sensor al dióxido de carbono para comprobar su sensibilidad, para ello se hace uso de la mezcla química entre vinagre y bicarbonato de sodio que es la mejor forma de producir este gas.

8.5.2 Resultados de la prueba.

Figura 49. Prueba realizada para el sensor MQ-135

Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Lectura del puerto serial del gas CO2



Fuente: elaboración propia

8.5.3 Observaciones y conclusiones de la prueba.

Al final de la prueba se pudo concluir que efectivamente este sensor es sensible al dióxido de carbono, y que de acuerdo a los parámetros establecidos en el microcontrolador se pueden ver las partículas por millón (ppm) que el sensor puede percibir en el ambiente, entre más gas se le aplica más son sus ppm y si se le disminuye el gas estas bajan. También se pudo comprobar que al pasar la margen de las 5000 ppm se activa la alarma de tal forma que los leds alumbran amarillo y el zumbador emite un sonido.

8.6 Pruebas realizadas en el sensor de gas de dióxido de carbono NO_x MQ-131

8.6.1 Descripción de la prueba.

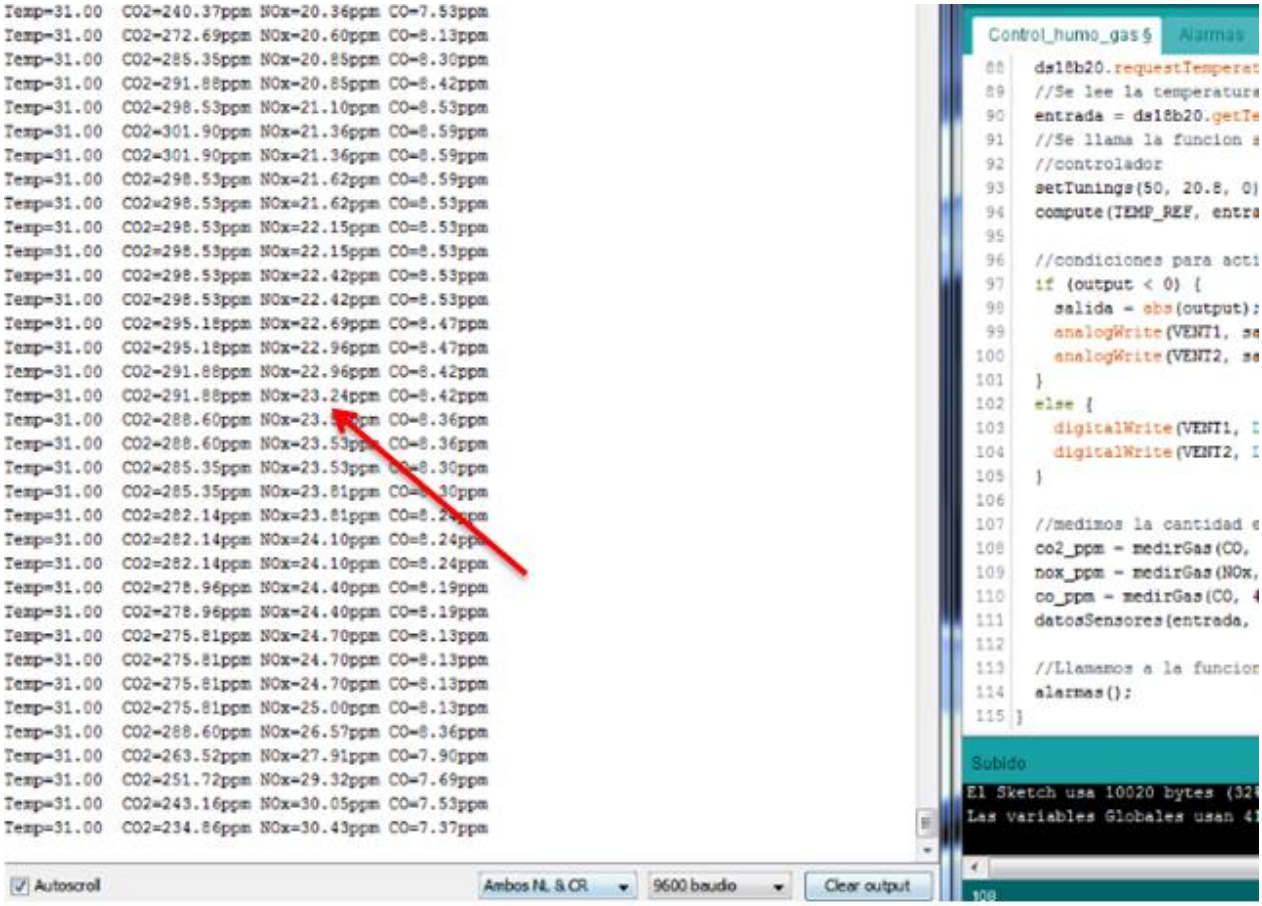
Para realizar esta prueba se necesita exponer el sensor MQ-131 a los óxidos nitrosos, para ello se produce este gas a partir de mezclar ácido nítrico con cobre, por ende se necesita hacer uso de elementos de protección personal ya que esta mezcla produce un gas sumamente tóxico.

8.6.2 Resultados de la prueba.

Figura 51. Prueba realizada para el sensor MQ-131

Fuente: Elaboración propia

Figura 52.Lectura del puerto serial del gas NOx



Fuente: Elaboración propia

8.6.2 Resultado de la prueba.

Como se esperaba este sensor este sensor percibe el NO_x , lo cual nos indica en el puerto serial del arduino la cantidad de ppm a las cuales está expuesto, de igual forma al pasar el rango establecido al cual fue calibrado el sensor, esté enciende la alarma indicando un sonido diferente al de los otros sensores y encendiendo los leds RGB de un color rojo.

9. CONCLUSIONES

- En relación con lo expuesto, se puede deducir que los gases y humos producidos por soldadura son altamente perjudiciales para la salud del ser humano en algunos casos pueden producir daños irreversibles en el sistema respiratorio o provocar enfermedades que conllevan a la muerte como por ejemplo el cáncer; de igual manera se descubre que en el ámbito de la metalmecánica la protección respiratoria es muy deficiente debido a la carencia de máscaras de soldar que tengan incluido un sistema de protección respiratoria incorporado.

- Con la implementación de esta propuesta, se logró desarrollar un nuevo prototipo de máscara de soldar, la cual consta de la unión de una máscara convencional de soldar y una máscara antigases. De esta manera se crea un nuevo elemento de protección personal para soldadores; puesto que incluye protección ocular, facial y respiratoria contra los gases perjudiciales producidos por soldadura.

- Para obtener un prototipo de máscara que sea confiable contra los gases tóxicos, es necesario instalar un sistema electrónico al nuevo prototipo, con la función de sensar los gases más comunes producidos por soldadura cuando estos estén ingresando por los filtros de la máscara antigases, y de ocurrir esto dar una señal de alarma. Para ello se utiliza sensores MQ-7, MQ-135 y MQ-131, los cuales son sensibles a gases producidos por soldadura; mientras que para la señal de alarma se utiliza LEDS de tipo RGB para hacer visible y un zumbador buzzer para hacer auditiva dicha alarma.

- Como resultado esperado se logró calibrar el sensor MQ-7 el cual está encargado de monitorear el gas de monóxido de carbono, siendo un sensor de gran importancia dentro de los objetivos del proyecto debido a que dentro del trabajo de soldadura al emplear cualquier tipo de material se produce este tipo de gas. Este sensor fue calibrado específicamente para poder percibir este tipo gas y claramente demostraron las pruebas realizadas que es sensible y detecta el monóxido de carbono.

- En conclusión se determinó que el sensor MQ-135 se calibró adecuadamente para dar seguimiento al dióxido de carbono pues así se demostró en las pruebas efectuadas al exponer este sensor con dicho gas, la importancia de utilizar este sensor en el proyecto parte de que al momento de trabajar con cualquier tipo de material empleando la soldadura MIG o MAG la producción de dióxido de carbono es inminente.

- Al momento de la investigación sobre los gases más comunes producidos en el proceso de la soldadura se descubre que algunos metales como el acero inoxidable, el acero, cobre y hierro al ser expuestos a temperaturas altas producen óxidos nitrosos, un tipo de gas tóxico para el ser humano hasta en pequeñas proporciones, por consiguiente se determina que debe ser monitoreado y para ello se utiliza el sensor MQ-131 calibrado únicamente para detectar este tipo de gas, y demostrado en las pruebas realizadas que tiene sensibilidad a los óxidos nitrosos.

- A lo largo de esta investigación se tuvo el privilegio de contar con la experiencia propia de uno de los integrantes del grupo como soldador, profesional durante 11 años en la industria metalmecánica, al mencionar como en su larga carrera tuvo que vivir las consecuencias de no contar con un equipo de protección respiratoria adecuado, teniendo en cuenta que, los soldadores están constantemente expuestos a sustancias tóxicas, y debido a ello sufrió aumento en el tamaño de los cornetes, cosa que lo llevó a tener que someterse a una cirugía, debido a la dificultad que le ocasiona para respirar así como de otras partes expuestas al mismo esfuerzo.

- Al final del proyecto se pudo comprobar que al desarrollar el nuevo prototipo de máscara de soldar el cual cuenta con la incorporación de nuevas tecnologías da protección y detecta gases y humos producidos por soldadura. Por lo tanto al ser algo que no existe tiene la oportunidad de ser patentado esto se comprobó luego de hacer una investigación por diferentes medios con el fin de encontrar si existía un algo similar, lo cual no se encontró.

10. BIBLIOGRAFÍA

[SOMISA, 2017].la historia de la soldadura.(2017).Recuperado el 12 de enero. En https://somisa.mx/la-historia-de-la-soldadura/

[RUTA 401.2019]. Tipos y características de máscaras para soldar. Recuperado el 12 de enero. En https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-y-caracter%C3%ADsticas-de-m%C3%A1scaras-para-soldar

[VINSSA.2018] Careta para soldar. Recuperado el 12 de enero. En: https://vinssa.com/careta-para-soldar

[EDITORIAL DEFINICIÓN MX.2015] Soldadura Industrial. Recuperado el 12 de enero. En: https://definicion.mx/?s=Soldadura%20Industrial

BRITISH FEDERAL MÉXICO. la industria metalúrgica y la soldadura.(2017). Recuperado el 12 de enero.En: https://www.bfmx.com/la-industria-metalurgica-la-soldadura/

West Arco.2015.manual de soldadura.Bogota.p 12-15

Ortiz Mauricio.Sanchez Claudia.Fuquen Hernan.(2015).Automatización en los procesos de soldadura. p 14-16

[ISSN.2016] 19006241, No 175, Agosto 2 : Métodos de soldadura. Primera entrega En: http://www.revistavirtualpro.com/revista/metodos-de-soldadura-primera-entrega/3

BRITISH FEDERAL MÉXICO. La industria metalúrgica y la soldadura. Recuperado el 12 de enero. En: https://www.bfmx.com/la-industria-metalurgica-la-soldadura/

[VINISSA.2017].tipos de careta para soldar y características. Recuperado el 27 de marzo. En: https://vinssa.com/news/los-tipos-de-careta-para-soldar-y-las-caracteristicas-de-las-mismas.html?___store=english

[West Arco], Proceso de Soldadura - Arco Manual con Electrodo Revestido (SMAW),[en línea] https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-arco-manual-con-electrodo-revestido.cfm

[S-I seguridad industrial], TRABAJO CON SOLDADURA: Y SUS CUIDADOS [En linea] 01-Marzo. https://www.siseguridad.com.co/trabajo-con-soldadura-y-sus-cuidados/

[Safetywork.]Los peligros de la soldadura.[en línea].recuperado de https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spwpweldhazards.pdf

[IBIDEM]

COMITÉ Z49 DE NORMAS ACREDITADAS. Seguridad en soldadura y corte. Seguridad en los procesos de soldadura, corte y afines. Secretaría American Welding Society. Estados unidos de América. (2012). Recuperado de https://pubs.aws.org/Download_PDFS/Z49.1-2012-PV.pdf

11. ANEXOS

Para poder tener un desarrollo eficaz del proyecto, se basa en algunas normas las cuales se tienen presentes para poder lograr el cumplimiento de los objetivos, entre ellas están:

- **Norma internacional para soldadura ANSI Z49.1: 2012 (American National Standards Institute)**

Surge a mediados del año 1993 con la necesidad de formar algún tipo de código o norma relacionado con las buenas prácticas para realizar soldadura. En un principio esta norma tomó el nombre de: "American Standards Association" y se elaboró y publicó en 1944.Luego de algún tiempo la norma se lleva a revisiones en los años 1958, 1967,1973 y 1983.

Con los avances tecnológicos evolucionando, cada año más, la norma se modifica en los años 1988,1992 y 2005; durante este tiempo aparte de sus modificaciones normales dentro de la soldadura, también cambia su nombre llamándose: "American National Standards Institute", en siglas: ANSI Z49.1:2012.

Esta norma incluye todos los aspectos de la seguridad y la salud en el ambiente de soldadura, hace hincapié en los procesos de soldadura con oxígeno y por arco, además de cierta mención de la soldadura por resistencia. De igual manera contiene información sobre la protección del personal, la cual se considera debe ser completa, incluyendo protección de la cara, ojos, entre las consideraciones que presente, se resalta utilizar ropa adecuada de trabajo en soldadura y sugiere tener una protección auditiva y respiratoria. Esta última se recomienda para prevenir la inhalación de humos y gases producidos por soldadura, ya que pueden afectar seriamente la salud del trabajador.

Por otro lado, busca inculcar la protección del área de trabajo, haciendo sugerencia sobre el lugar de trabajo, deben tener tipos de ventilación, como también recomienda no trabajar cerca de combustibles ni de productos inflamables. Esta norma se realizó para buscar la protección de las personas contra lesiones y enfermedades, así como también busca la protección de bienes contra

daños e incendios durante procesos de soldadura teniendo como meta, el cumplimiento de la labor sin contratiempos.

- **Cálculos para determinar el valor de la batería**

Para poder obtener una autonomía de 6 horas es necesario analizar el consumo de energía de todos los elementos presentes en el sistema, y de esta forma elegir la batería más adecuada para el proyecto. A continuación, se enumeran los consumos independientes de cada dispositivo:Con estos datos se procede a revisar qué tanto tiempo están activos cada uno de los elementos y así obtener una potencia promedio de consumo.

Los ventiladores estarán encendidos cada vez que la temperatura supere los 30º Celsius, es decir, casi todo el tiempo pero con velocidad variable controlada por PWM. Como su variación de corriente de consumo es lineal con las variaciones del voltaje promedio aplicado, podemos deducir que la corriente de consumo promedio será de aproximadamente el 60% de la corriente nominal, esto deberá validar una vez que se implemente el sistema de control digital PI.
Entonces:

$$I_{Vent} = (140mA * 2) * 0.6$$

$$I_{Vent} = 168mAh$$

- Los transistores BJT BD139 estarán trabajando todo el tiempo, al igual que los ventiladores, pero la corriente promedio del mismo será del 50%. Entonces:

$$I_{pot} = (19.53mA) * 2)) * 0.6$$

$$I_{pot} = 23.436mAh$$

- Las alarmas solo estarán encendidas en el momento que el operario se encuentre en riesgo, es decir, cuando los gases contaminantes excedan el límite. Basado en estos se

hará la suposición de una activación de alarma de 1 vez cada hora, y con una duración de 5 minutos. Como cada gas activa máximo dos ánodos del LED RGB, y son tres LEDs, Entonces:

$$I_{alarma} = (5mA) * 2 * 3 + 150mA) * (\frac{5}{60})$$

$$I_{alarma} = 15mAh$$

- Para el microcontrolador se utilizara las librerías Low Power para realizar una secuencia de funcionamiento en la que el Arduino Pro Mini se encuentre en modo sleep el 25% del tiempo y en modo activo el otro 75%. De esta forma, el sistema es más eficiente en el consumo de energía.

$$\mathrm{I_{Arduino}} = (15\mathrm{mA}) * 0.75 + (960\mathrm{uA} * 0.25)$$

$$\mathrm{I_{Arduino}} = 11.49\mathrm{mAh}$$

- Los sensores estarán tomando medidas cada segundo, y el MQ-7 estará activo 6 segundos e inactivo 9 segundos, es decir, estará activo su pre calentador solo el 40% del tiempo.

$$I_{sensores} = \big((900uA * 4) + (156mA * 2) + (156mA * 0.4)\big)$$

$$I_{sensores} = 378mAh$$

- La corriente promedio total del sistema es:

$$\mathrm{I_T} = 168\mathrm{mAh} + 23.436\mathrm{mAh} + 15\mathrm{mAh} + 11.49\mathrm{mAh} + 378\mathrm{mAh}$$

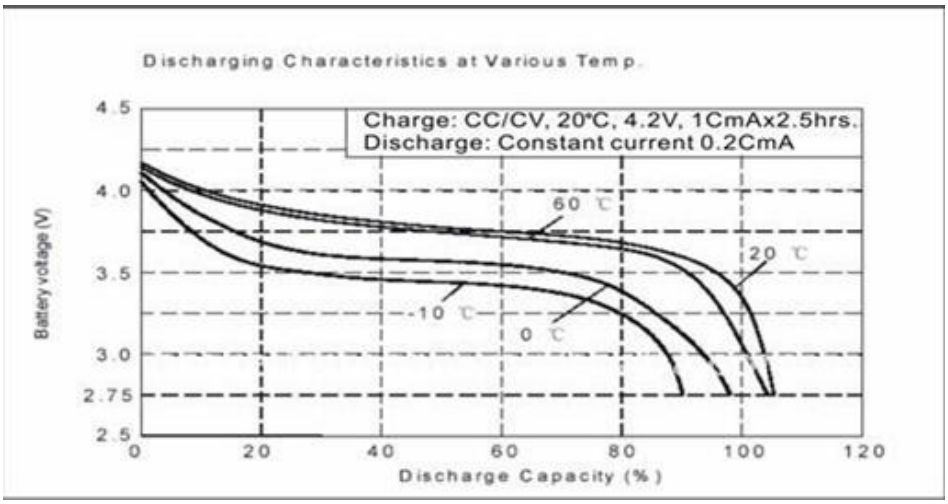
$$\mathrm{I_T} = 595.926\mathrm{mAh}$$

Como el módulo convertidor de voltaje convierte el voltaje de entrada de la batería de 3.7V a 5V, la corriente que entrega la batería será mayor a la que entrega el módulo. Además, tiene una eficiencia del 96%, la corriente real de salida en la batería es:

$$I_{Bat} = \left(\frac{595.926mAh}{0.96}\right) * \frac{5V}{3.7V}$$

$$I_{Bat} = 838.859mAh$$

Si deseamos una autonomía de 6 horas de uso continuo, la capacidad de la batería deber mayor a 6 veces la calculada, esto porque las batería Li-po no se pueden descargar en su totalidad, debido a que el circuito de control interno no deja fluir corriente hacia ella cuando el voltaje nominal cae por debajo del umbral de 3V, es decir, si la batería se descarga al 100% no se podrá volver a cargar y quedará obsoleta. La siguiente imagen ilustra la curva de descarga de una batería Li-po comercial.



Fuente: link.springer

Como se observa en la imagen, el umbral de los 3V se alcanza cuando la batería esta descargada al 80%. Teniendo en cuenta este dato, y que algunos de los cálculos se realizaron con suposiciones en el tiempo de funcionamiento de algunos elementos del sistema, se dará una tolerancia del 20% para asegurar la autonomía necesaria, dando como resultado:

$$I_{Batt} = (838.859mAh * 6) * \frac{1.2}{0.8}$$

$$I_{Batt} = 7549.73mAh$$

Basado en los cálculos, la batería comercial con valor más cercano es de: 8000mAh