

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

DENOMINADA:

“EVALUACIÓN DE UN BIORREACTOR PARA LA DEGRADACIÓN DE EMISIONES DE BENCENO TOLUENO Y XILENO, A TRAVÉS DE MEDICIÓN CON SENSORES”

LUGAR DE REALIZACION:

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERÍA QUÍMICA

PRESENTA:

RAMIREZ TOLEDO ALEXIS

No. DE CONTROL:

12270101

ASESOR:

DR. SAMUEL ENCISO SAENZ

REVISORES:

DR. JUAN JOSE VILLALOBOS MALDONADO

ING. LEONARDO GOMEZ GUTIÉRREZ

***“Cada acción tiene una reacción como de
igual forma cada sacrificio tiene un
beneficio”***

***“Lo que oigo, lo olvido;
lo que veo, lo recuerdo; lo que hago, lo aprendo
y si lo toco nunca lo olvido”***

DEDICATORIA

A mis padres por el esfuerzo y sacrificio que me han brindado pero sobretodo la confianza que me han demostrado en cada momento, sobre las decisiones que he tomado sin importar el desenlace e tenido el suficiente cariño y aprecio para afrontar cada tipo de circunstancias, pues con su apoyo y palabras de aliento nada de esto hubiese sido posible.

A Amigos y familiares que siempre sin importar las dificultades y aunque no se dieran las cosas como uno las esperaba siempre conté con el apoyo de cada uno de ellos incondicionalmente como de igual manera se mantuvieron cerca tanto como en los éxitos como de igual forma en los fracasos.

AGRADESIMIENTO

A dios por la bendición y salud que me a regalado tanto para mí como a mis familiares como también el agradecer las pruebas que puso en el camino que me llenaron de sabiduría y muchísimo aprendizaje, ya que de esta forma el pude concluir una etapa más, y pues gracias a ella se abrirán muchas puertas como oportunidades en el futuro.

A mis padres por acompañarme de principio a fin alentándome día tras día con actos y palabras, enseñándome que no importa el sacrificio siempre al final habrá una gran recompensa, pues como anterior mente mencionado cada sacrificio tendrá un beneficio.

A La ing. ROCÍO FARRERA que sin importar la situación siempre tenía su apoyo, ya fuese en un acto o en palabras busco la manera de apoyar incondicionalmente como al igual siempre me brindo la mano aun cuando las cosas no pintaban de todo bien pues no me queda más que agradecerle total mente como también desearle muchas bendiciones y éxito a ella como a su familia.

A l Dr. SAMUEL ENCISO SAENZ que con su hospitalidad y sencillez como persona, quien sin conocerme me apoyo y me dio la confianza de poder trabajar en un proyecto, como también dándome todas las facilidades y libertades de trabajar y sobre todo la oportunidad de poder aportar. pues le estoy agradecido por brindarme la mano cuando la necesite y darme esa confianza de principio a fin en todo el proyecto de residencia.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO	4
1.- Objetivo del proyecto:	4
1.1.- Objetivo específico:.....	4
1.2.- Calibración de sensores:	4
METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	5
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	7
2.1 Misión.....	7
2.2 Visión	7
2.3Valores.....	7
ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA.....	8
UBICACIÓN	10
3.1.- Micro localización	11
Marco de referencia.....	12
4.1.- Caracterización del área de desarrollo.....	12
del proyecto.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
PROBLEMAS A RESOLVER.....	13
5.1.- Alcance	14
5.2.- Limitaciones	14
Marco teórico.....	15
6.1.- Contaminación:	15
6.2.- Definición de contaminación	15
6.3.- Tipos de contaminación:	15

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE	17
7.1.- Los contaminantes que se encuentran dentro de este grupo son:	17
7.2.- Contaminantes no convencionales o peligrosos:.....	17
7.3.- Características, fuentes y efectos de contaminantes sobre la salud:	18
PROCESO DE REFORMACIÓN CATALÍTICA DE NAFTAS PARA LA OBTENCIÓN DE BENCENO, TOLUENO Y XILENOS (BTX).....	19
BENCENO.....	20
8.1.- Toxico cinética del Benceno.....	20
8.2 Análisis de Benceno en muestras biológicas y ambientales	21
TOLUENO.....	21
9.1.- Toxico cinética del Tolueno.....	22
9.2 Análisis de Tolueno en muestras biológicas y ambientales.....	22
XILENO.....	22
10.1 Toxico cinética de los Xilenos	23
10.2 Análisis de Tolueno en muestras biológicas y ambientales.	23
USOS DE LOS BTX	24
11.1.- Rutas de exposición BTX	24
NORMAS Y REGLAMENTOS EN MÉXICO.....	25
CONCENTRACIÓN DE GAS PERMITIDA SEGÚN LAS NORMAS MEXICANAS:.....	26
TRANSFORMACIONES HABITUALES DE UNIDADES	30
MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL AIRE	31
SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE DATOS	33
12.3.- Características de los lenguajes de programación	34
12.4.- Tipos de lenguajes de programación	35
BASES DE DATOS	36
13.1.- Tipos de bases de datos	36
13.2.- Modelos de bases de datos.....	37

MONITOREO DE GASES CONTAMINANTES MEDIANTE SENSORES	38
SISTEMAS DE SENSORES COMERCIALES.....	41
SENSOR ELECTROQUÍMICO	42
14.1.- Principio de Operación.....	42
14.2.- Características comunes.	42
SENSORES DE GASES CONTAMINANTES PLACA ARDUINO	43
15.1.- Sensor para medir benceno (C ₆ H ₆).....	44
15.2.- Sensor para medir Tolueno (C ₇ H ₈) y xileno (C ₈ H ₁₀).....	45
15.3.- Sensor para medir Humedad y Temperatura – DHT11.....	46
SISTEMAS DE MEDIDA.....	47
16.1.- Funciones de un sistema de medida.....	47
SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDIDA	48
17.1.- Características de un sistema electrónico de medida	48
17.2.- Caracterización de Sensores	48
17.3.- Clasificación de Sensores	49
NARICES ELECTRÓNICAS.....	50
TECNOLOGÍA ARDUINO.....	50
18.1.- Single board microcontroller arduino uno.....	50
18.2.- Requerimientos de Hardware.....	51
ACOPLAMIENTO DE TECNOLOGÍAS APLICADAS AL BLOQUE DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y PRE VISUALIZACIÓN DE DATOS.	52
19.1.- Tarjeta concentradora Arduino.....	52
19.2.- Esquema de pines.	52
PLATAFORMA DE ARDUINO.....	52
REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE	55
19.1.- Interfaz de desarrollo Arduino y drivers para S.O. Windows.....	55
19.2.- Codificación para Reconocimiento de Sensores	55

ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y PREVISUALIZACIÓN DE DATOS.....	56
PREPARACIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS.....	57
DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN	58
20.1.- Programación del sensor MQ – 135:.....	58
20.2.- Programación del sensor MQ – 135 para la detección de benceno:	59
20.3.- Escala entre valores analógicos y voltajes del sensor	60
CÁLCULOS PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES	61
SISTEMAS DE DETECCIÓN INDIVIDUALES.....	62
21.1.- Programación del sensor DHT11.h para la detección temperatura:	63
21.2.- Tomando un arreglo de programación entre el sensor de MQ-135 estando una vez calibrado y el sensor de temperatura obtenemos:.....	64
21.3.- Programación del sensor TGS 822:	65
UBICACIÓN DE SENSORES	66
PROPUESTA DE DISEÑO PARA PROTOTIPO	67
CONCLUSIÓN	72
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS	75
22.1.- Anexo A. programación en arduino.	75
22.2.- Anexo B. Hoja de datos del sensor MQ-135	77
22.3.- Anexo C. Hoja de datos del sensor TGS-822	79

Índice de imágenes

FIGURA 1	UBICACIÓN DEL ESTADO DE CHIAPAS	10
FIGURA 1.2	ESTADO DE CHIAPAS.	10
FIGURA 2	MICROLOCALIZACIÓN DEL ÁREA ITTG.	11
FIGURA 2.1	INSTALACIONES DEL ITTG.	11
FIGURA 3	ESTRUCTURA DEL BENCENO.	20
FIGURA 3.1	ESTRUCTURA DEL TOLUENO.	21
FIGURA 3.2	ESTRUCTURA DEL XILENO.	21
FIGURA 4	SENSOR MQ- 135 PARA LA DETECCIÓN DE BENCENO.	44
FIGURA 4.1	SENSOR FÍGARO TGS 822 PARA LA DETECCIÓN DE TOLUENO Y XILENO.	45
FIGURA 4.2	SENSOR DHT11.H PARA LA DETECCIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.	45
FIGURA 5	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE MEDIDA.	45
FIGURA 5.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SENSORES DIGITAL CON SALIDA EN PARALELO.	49
FIGURA 5.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SENSORES DIGITAL CON SALIDA EN SERIE.	49
FIGURA 6	ESTRUCTURA DE LA PLACA ARDUINO.	51
FIGURA 6.1	ESQUEMA ELÉCTRICOS DE LA PLACA ARDUINO.	52
FIGURA 7	LOGOTIPO DEL PROGRAMA ARDUINO.	53
FIGURA 8	FORMATO DE LECTURA DE SENSORES.	57
FIGURA 9	CONFIGURACIÓN DE SENSIBILIDAD.	58
FIGURA 10.	CALIBRACIÓN DEL SENSOR MQ-135 A DIFERENTES CONCENTRACIONES.	62

Índice de tablas

TABLA 1	CARACTERISTICAS Y EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES. -----	18
TABLA 2	CONCENTRACION DE SUSTANCIAS PERMITIDAS POR NMX. -----	29
TABLA 3	UNIDADES DE MEDICION DE CONCENTRACIONES DE GASES. -----	30
TABLA 4	VENTAJAS Y INCONVENIENTES DE TIPOS DE SENSORES. -----	32
TABLA 5	EJEMPLOS DE MAGNITUDES FISICAS POR NATURALEZA. -----	48
TABLA 6	CARACTERISTICAS DE LA PLACA ARDUINO. -----	51
TALBA 7	INFORMACION DEL FABRICANTE PARA CALIBRACION ----- DEL SENSOR MQ 135.	60
TALBA 8	INFORMACION DEL FABRICANTE PARA CALIBRACION ----- DEL SENSOR TGS 822.	65

RESUMEN

En el presente proyecto se diseña e implementa un sistema prototipo para el monitoreo de gases volátiles orgánicos los cuales son contaminantes orgánicos volátiles para el aire como lo son el benceno, tolueno y xileno utilizando sensores ideales para la detección de cada uno de estos gases.

Previo al diseño del sistema propuesto, se realiza un estudio de trabajos afines que permitan identificar características de funcionamiento de sensores con estos tipos de gases, con esta información, se presenta las tecnologías a ser empleadas en el sistema prototipo, analizando características y prestaciones técnicas de algunas plataformas de fabricantes para la adquisición de ejemplos de algunos datos de los gases contaminantes.

Consecuentemente se procede al diseño de implementación del sistema transmisor el cual está encargado de la adquisición, procesamiento y envío continuo de los datos de los gases contaminantes adquiridos por los sensores.

Con forme a lo anterior se llega a la cual sería la caracterización de ensamblado de sensores como también pruebas de calibración y pruebas prácticas las cuales se mantengan con lecturas esperadas teóricamente, como también los rangos de lecturas lógicas a las reacciones de cada uno de los gases con respecto a su sensor.

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Evaluación de un biorreactor para la degradación de emisiones de benceno tolueno y xileno, a través de medición con sensores”, Fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

En primera instancia se planteó la problemática que se generaba , referente a la contaminación ambiental causada por hidrocarburos y el cambio climático. Por lo que fue necesario el diseño y creación de un prototipo de análisis de BTX en aire mediante sensores que miden las concentraciones de Benceno, Tolueno y Xileno en una atmosfera controlada donde se observa el comportamiento de dichos contaminantes como también el comportamiento a diferentes concentraciones, emisiones y temperaturas.

Utilizando para ello el uso de sensores y programas adecuados para la detección con su comportamiento de cada uno de los gases que interactúan en un sistema controlado por los factores a los cuáles será necesario su estudio teniendo de esta forma el comportamiento de los gases en la atmosfera y en el ambiente.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha incrementado los índices de contaminación, los cuales son generados en su mayoría por procesos industriales, combustión de hidrocarburos, incremento de automóviles en las ciudades, ensayos nucleares, desechos orgánicos, por citar algunos casos; y que estos son causa de múltiples problemas a la salud de las personas y a los bienes en general.

Por lo cual se mantiene con firme a normas el establecer un parámetro de concentraciones permitido a diferentes tipos de contaminantes orgánicos u orgánicos volátiles respecto con esta forma buscar el menor impacto ambiental como también, la sociedad no esté en contacto con grandes concentraciones de este tipo de sustancias, pero al no tener los equipos y los estudios adecuados de dichas concentraciones eso le sumamos el alto costo de los equipos adecuados para tener dichas lecturas dificulta tener un seguimiento contaminantes del aire.

De misma forma el tener que capsular la muestra llevarlo a laboratorio, hacer los estudios y después poder determinar las concentraciones para poder tener los datos exactos, hace que esta forma sea lenta y complicada tomando en cuenta que los datos no pueden ser en tiempo y forma.

Para ello se busca generar un prototipo el cual permita ser confiable, eficaz y pueda reducir el costo a los que a hora existen en el mercado, al implementar este prototipo se pretende tener un equipo más accesible para las industrias, como también sea eficiente en el aspecto de que sus estudios no sean retardados o lentos, si no lo contrario poder obtener lecturas de datos en tiempo real.

OBJETIVO

1.- Objetivo del proyecto:

Diseñar la Programación para la detección de BTX en un bioreactor utilizando sensores para arduino.

1.1.- Objetivo específico:

- Determinar el grado de reducción de contaminación.
- Evaluar la velocidad de degradación y comportamiento de los gases.
- Propuesta de diseño de ensamblado y monitoreo de los gases BTX.

1.2.- Calibración de sensores:

- Verificar y calibrar de sensores para (benceno) en aire.
- Verificar y calibrar de sensores para (Tolueno - xileno) en aire.
- Diseño de prototipo para la detección de (BTX).

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Para conseguir los objetivos propuestos para este Proyecto Fin de Carrera se ha diseñado y seguido el plan de trabajo que se detalla más abajo.

- **Estudio del Estado del Arte:** En todo Proyecto se requiere una etapa de formación y estudio para adquirir los conocimientos necesarios para su desarrollo. Concretamente en este, dicha formación se ha dirigido principalmente a los gases volátiles orgánicos (BTX), y las posibilidades de detección comerciales. Además, se ha realizado un amplio estudio sobre las opciones que ofrece la plataforma de hardware libre Arduino en la que se basará el sistema.
- **Diseño y desarrollo del sistema de detección:** La etapa principal del Proyecto se centra en la implementación del sistema que analizará el ambiente de un sistema aislado contaminado. Se ha llevado a cabo un desarrollo del sistema de forma modular, programando primeramente el software de los subsistemas individuales de detección para cada sustancia elegida (en Arduino IDE) y realizando posteriormente la implementación hardware necesaria para su puesta en marcha.
- **Ajustes de rendimiento de los subsistemas de detección:** Para el ajuste y mejora de los sistemas individuales implementados, se realizarán experimentos con los que poner a prueba su comportamiento ante distintas fuentes de excitación adaptadas a cada una de las variables a medir. Así, se podrá realizar una calibración con respecto a la hoja de especificación del fabricante de esta forma poder realizar cambios que mejoren su funcionamiento de manera aislada antes de acoplarlos para crear el prototipo final.
- **Montaje del sistema de detección final:** Una vez completados los tres subsistemas y habiendo comprobado su funcionamiento, se adaptarán para formar el detector definitivo, pero manteniendo su independencia. Así, se facilitará la modificación (otros umbrales de alarma, otras sustancias, etc.) sin que esta afecte al resto de elementos que se mantengan en el detector.

- **Ajustes de rendimiento del sistema de detección final:** Una vez se tenga montado el detector conjunto, se realizarán pruebas para controlar y mejorar su comportamiento, que principalmente se centrarán en el ajuste de la comunicación del sistema con la base de control.

- **Desarrollo de la interfaz gráfica de representación de resultados:** La implementación de la interfaz gráfica para la presentación de los valores detectados por el sistema en tiempo real queda separada del desarrollo del sistema, ya que se realizará en un entorno diferente y su puesta en marcha será opcional sin que ello interfiera con el funcionamiento del sistema en ningún caso.

- **Documentación y escritura de la memoria:** La parte final de este Proyecto se ha empleado para documentar y explicar el trabajo realizado en cada una de las etapas en una memoria en la que se registre toda la información necesaria para poder comprenderlo y desarrollarlo sin necesidad de material adicional.

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 Misión

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

2.2 Visión

Ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

2.3 Valores

- ✓ El ser humano
- ✓ El espíritu de servicio
- ✓ El liderazgo
- ✓ El trabajo en equipo
- ✓ La calidad
- ✓ El alto desempeño
- ✓ Respeto al medio ambiente

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA

Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

Es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación.

Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carrera de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales.

En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica.

En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

Actualmente es considerado una de las dos máximas casas de estudios del estado de Chiapas, junto con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Su lema es Ciencia y Tecnología con Sentido Humano y su actual director es el M.E.H José Luis Méndez Navarro.

Cuenta con tres extensiones en las ciudades de Chiapa de Corzo, Carranza y la otra en la ciudad de Bochil, además posee un Centro de Posgrado para estudios de Maestría en Ciencias en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y el Doctorado en Ciencias en Biotecnología.

UBICACIÓN

El instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), está situada en el Estado de Chiapas que se encuentra localizado al sureste de México, colinda al norte con el Estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca. Al sur con el océano Pacífico y al este de La República de Guatemala.



Figura 1 ubicación del estado de Chiapas



Figura 1.2 Estado de Chiapas.

3.1.- Micro localización

El instituto se encuentra situado en la capital de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, ubicada en carretera panamericana km. 1080, Terán, 29050

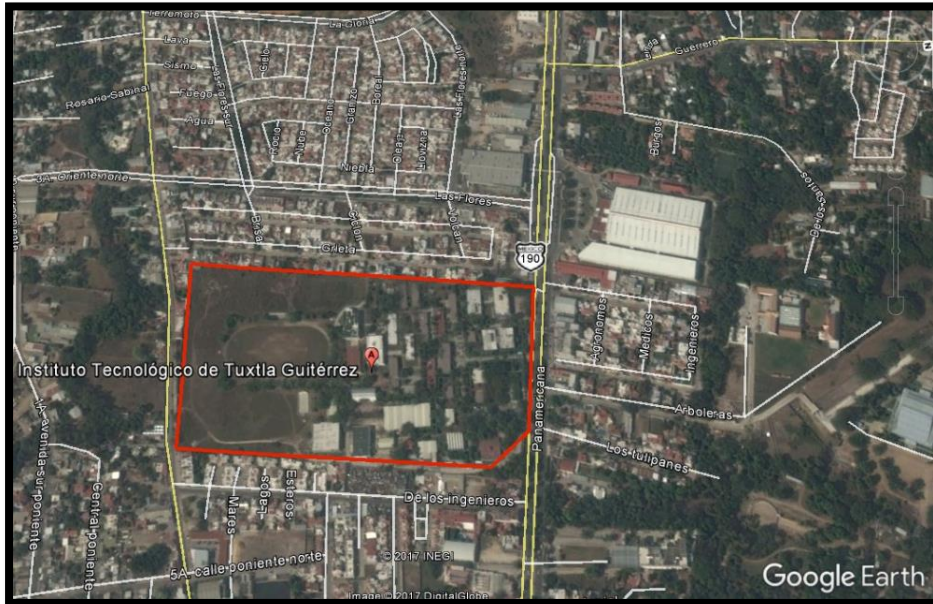


Figura 2 Microlocalización del área ITTG.



Figura 2.1 Instalaciones del ITTG.

Marco de referencia

4.1.- Caracterización del área de desarrollo del proyecto

El proyecto se realizó en las instalaciones del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez la cual es una institución educativa de alto reconocimiento y de nivel superior, especializada en la enseñanza y aprendizaje de tecnologías.

Este proyecto pertenece al área de posgrado del nivel de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica (MCIBQ) del ITTG el cual es uno de los posgrados más importantes del estado de Chiapas y se encuentra dentro del Padrón Nacional de Programas de Calidad (PNPC) del CONACYT.

Dicho proyecto fue realizado en el laboratorio de ambiental donde se llevó acabo el diseño, programación y montaje del prototipo como también las diferentes pruebas a las que se sometió dicho prototipo simulando las diferentes condiciones a las que se podría llevar al estar en temperatura ambiental, como también identificando los diferentes comportamientos de dichos gases.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los contaminantes están a la alza por que cada día hay industrias que están en crecimiento como también las construcciones de nuevas, sin pasar por alto el alto índice de contaminante de emisión provocada por las actividades rutinarias y el uso de vehículos automotores esto se da en zonas urbanas gracias al gran crecimiento de la población teniendo como fin grandes contaminantes ambientales.

El no poder contar con un equipo que me genere los datos y tipo de contaminantes precisos que se generan en la atmosfera las cuales están afectando la calidad del aire, siendo de esta manera el daño al medio ambiente, como a su vez provocando peligro a la salud de los seres vivos.

PROBLEMAS A RESOLVER

En primera instancia la identificación de “BTX” los cuales son considerados en un grupo denominado Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), por su fácil difusividad con respecto a la temperatura es un contaminante difícil de manejar y más si se hace en un lugar no adecuado conforme algunas normas y cuidados necesarios por lo que es muy fácil que entre en contacto con el aire del medio ambiente contaminándolo de esta manera.

Estos contaminantes don generados por su mayoría en actividades tales como la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes, pinturas y otros productos empleados y almacenados en la casa o el lugar de trabajo.

Para ello se pretende la formulación y creación de un prototipo que pueda identificar este tipo de contaminantes en tiempo y forma, en un lugar adecuado que se pretenda determinar lecturas, para ver si las emisiones generadas por dicho lugar se mantienen conforma las normas establecidas para dicha sustancia, teniendo de este modos la identificaciones de las zonas con alto índice de emisiones que afecten a dicha población cercana que pueda estar en contacto directo.

5.1.- Alcance

Sensores ideales para dicho propósito la de detección de contaminantes orgánicos volátiles para nuestro caso que será el BTX

Censor MQ-135 para la detención de benceno presente en el aire.

Censor TGS- 822 para la detención de la mezcla tol-xil.

Simulación en tiempo real en la medición de BTX.

Simulación en tiempo real a diferente concentración y temperaturas.

5.2.- Limitaciones

Formular de forma errónea manera la calibración de sensores.

Obtener datos con errores o irreales a los ya conocidos teóricamente.

No poder mantener las lecturas conforme a la sensibilidad de dichos sensores.

Marco teórico

6.1.- Contaminación:

6.2.- Definición de contaminación

Se conoce como contaminación, a la transmisión y difusión de sólidos, líquidos o gases tóxicos a medios como la atmósfera, el agua, o el suelo. De acuerdo al origen, existe contaminación proveniente de eventos naturales como: erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otros, o de los desechos de las actividades del ser humano como:

Procesos industriales, combustión de hidrocarburos, incremento de automóviles en las ciudades, ensayos nucleares, desechos orgánicos, por citar algunos casos; y que estos, son causa de múltiples problemas a la salud de las personas y a los bienes en general.

La contaminación es difícil de eliminar, pero si se realiza un control y se toma conciencia de los problemas que causa, es posible disminuir sus niveles de contaminación para así preservar la salud de todos los seres vivos en general y especialmente la de la especie humana.

6.3.- Tipos de contaminación:

De acuerdo al recurso natural que afecta la contaminación puede ser:

- a) Contaminación atmosférica (aire) Este tipo de contaminación se da por la liberación de sustancias químicas y partículas en la atmósfera alterando su composición, lo que ocasiona un riesgo para la salud de las personas y de otros seres vivos. Los gases contaminantes del aire más comunes son: el monóxido de carbono, el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno.

algunos ejemplos de los gases orgánicos volátiles serían el benceno, tolueno y xileno producidos en la combustión en las industrias y de los motores de los vehículos. La contaminación atmosférica se dice que es local, cuando los efectos ligados al foco de emisión afectan solo a las inmediaciones del mismo, o es global, cuando las características del contaminante afectan al equilibrio del planeta y zonas distantes a los focos emisores, entre estos se pueden citar la lluvia ácida y el calentamiento global.

- b) Contaminación hídrica (agua de mares, ríos, lagos) Este tipo de contaminación se da por la liberación de residuos y contaminantes que son drenados a las alcantarillas y luego llegan hacia los ríos, penetrando en aguas subterráneas o descargando directamente en lagos y mares; otros que contaminan los océanos y playas.

Son los desechos marinos que en su mayoría son plásticos, algunas veces se acumulan en alta mar como en la gran mancha de basura del Pacífico norte; los derrames de petróleo en los pozos petroleros o por fugas en sus tuberías de transporte, también son contaminantes de los efluentes hídricos.

- c) Contaminación edafológica (suelo) Este tipo de contaminación se da cuando productos químicos son liberados por un derrame o filtraciones sobre la tierra. Entre los contaminantes del suelo están los hidrocarburos como el petróleo y sus derivados.

los metales pesados presentes en las baterías, los herbicidas y plaguicidas rociados en los monocultivos producidos por la industria; también los vertederos y cinturones ecológicos que entierran grandes cantidades de basura en las ciudades.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE

La NECA clasifica a los contaminantes del aire ambiente a nivel de suelo en dos

Grupos: contaminantes criterio y contaminantes no convencionales o peligrosos.

Contaminantes criterio:

Los contaminantes criterio se definen como: “Cualquier contaminante del aire para los cuales, en esta norma, se especifica un valor máximo de concentración permitida a nivel de suelo en el aire ambiente, y por lo tanto afecta a los receptores ya sean personas, animales, vegetación o materiales para diferentes periodos de tiempo”.

7.1.- Los contaminantes que se encuentran dentro de este grupo son:

- ✓ Partículas sedimentables
- ✓ Material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (PM10)
- ✓ Material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones, (PM2,5)
- ✓ Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- ✓ Dióxido de azufre (SO₂)
- ✓ Monóxido de carbono (CO)
- ✓ Ozono (O₃)

7.2.- Contaminantes no convencionales o peligrosos:

Los contaminantes no convencionales o peligrosos se definen como: “Aquellos contaminantes del aire que pueden presentar una amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente”.

Los contaminantes del aire que se encuentran dentro de este grupo presentan la característica de tener efectos tóxicos y/o cancerígenos. En la NECA se establece los siguientes contaminantes no convencionales:

- Benceno (C₆H₆)
- Cadmio (Cd)
- Mercurio inorgánico (vapores) (Hg)

Una vez definidos los principales contaminantes del aire, se han seleccionado los gases de benceno (C₆H₆), tolueno (C₇H₈) y xileno (C₈H₁₀) en cumplimiento con los objetivos planteados previamente al presente proyecto, por lo cual, a partir de este punto el estudio se enfocará en el análisis de estos gases.

7.3.- Características, fuentes y efectos de contaminantes sobre la salud:

Contaminante	Características	Fuentes principales	Efectos sobre la salud
Benceno (C6H6)	Líquido incoloro de olor característico y sabor a quemado.	El benceno es también un componente natural del petróleo crudo y la gasolina. Se encuentra también en el humo de cigarrillo y otros materiales orgánicos que se han quemado.	La inhalación de esta sustancia en pequeñas dosis, puede causar somnolencia, mareo, aceleración del latido del corazón, dolores de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento. Por ingestión, provoca vómitos e irritación estomacal, mareos y convulsiones con rápidos latidos cardíacos.
Tolueno (C7H8)	Es un líquido incoloro con un característico olor aromático. Es menos denso que el agua, inmiscible en ella y sus vapores son más densos que el aire.	El tolueno es una sustancia que generalmente se utiliza como aditivo en los combustibles y como disolvente para pinturas, revestimientos, caucho, resinas, diluyente en lacas nitro celulósicas y en adhesivos.	Los vapores de tolueno presentan un ligero efecto narcótico e irritan los ojos. Su inhalación durante un período breve de tiempo, puede provocar que la persona sufra mareos, e incluso si la cantidad es muy elevada, que pierda el conocimiento.
Xileno (C8H10)	Se trata de líquidos incoloros e inflamables con un característico olor parecido al tolueno.	Las industrias químicas producen xileno a partir del petróleo. El xileno también ocurre naturalmente en el petróleo y el alquitrán y se produce en cantidades pequeñas durante incendios forestales. Es un líquido inflamable incoloro de olor dulce.	En contacto con la piel y los ojos, este compuesto puede provocar irritación, enrojecimiento y dolores agudos. Una exposición continua a elevadas concentraciones, puede producir una depresión del sistema nervioso central, la pérdida del conocimiento y consecuentemente la muerte.

Tabla 1 Características y efectos de los contaminantes.

PROCESO DE REFORMACIÓN CATALÍTICA DE NAFTAS PARA LA OBTENCIÓN DE BENCENO, TOLUENO Y XILENOS (BTX)

Los compuestos aromáticos son hidrocarburos que contienen en sus moléculas uno o varios núcleos de seis carbonos, de cadena cerrada, y de forma hexagonal los cuales tienen en su estructura tres dobles ligaduras, las fuentes principales de estos compuestos son el alquitrán de hulla y el petróleo.

El nombre “aromáticos” se debe al fuerte y agradable olor de algunos de estos compuestos, los compuestos de mayor importancia son el Benceno, Tolueno y Xilenos a los que se les denomina el grupo de los BTX. Se consideran tóxicos por su nula solubilidad en agua, y por su alta permanencia en los ambientes debido a su difícil biodegradación.

Líquido de color amarillo claro a incoloro, no polar, altamente refractivo y de olor aromático, cuyos vapores arden con una llama humeante. Con un punto de ebullición: 80.1° C, punto de congelación: 5.5° C, gravedad específica (20/4° C): 0.8790, índice de refracción: 1.50110 a 20° C, punto de inflamación (vaso cerrado): -11° C, punto de autoignición: 562° C, y tensión superficial: 29 dinas/cm. Solubilidad: miscible con alcohol, éter, acetona, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono, ácido acético y ligeramente soluble en agua.

Denominado también metilbenceno o fenilmetano, líquido incoloro, tóxico, de olor semejante al del benceno, con densidad de 0.865 a 870, con punto de ebullición de 110.7°C, punto de inflamación de 4.4° C y temperatura de autoignición de 536° C. Es insoluble en agua y soluble en alcohol, benceno y éter. Inflamable, con límites de explosión en el aire de 1.27% a 7.0 %. Hidrocarburos aromáticos con peso molecular de 106.16 y peso específico de 0.860 a 0.872 (20/4° C). Productos derivados del benceno en el cual dos de los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por grupos metilo. Su fórmula condensada es C₈H₁₀. Líquidos claros, insolubles en agua y solubles en alcohol y éter.

La nafta es la materia prima para la producción de BTX, la reformación catalítica de estas se lleva a cabo en reactores catalíticos, los catalizadores empleados son a base de Pt o Pt-Rh, este proceso se realiza principalmente para elevar el octanaje de las gasolinas, sin embargo, también se utiliza como línea de proceso para la obtención de BTX, el efluente de los reactores catalíticos es una mezcla de aromáticos, de la cual se separa por destilación el butano y las moléculas más ligeras.

El resto se somete al proceso de separación por extracción líquido – líquido para lo cual se utiliza un disolvente (generalmente, etilenglicol o dietilenglicol) que disuelve a los aromáticos y los separa de las parafinas y naftenos (compuestos no aromáticos). En seguida por destilación se recupera el disolvente, quedando los BTX, los cuales se pasan a torres de destilación y por diferencia en puntos de ebullición se separan el Benceno, Tolueno y la mezcla de Xilenos.

BENCENO

El benceno es un hidrocarburo aromático de fórmula molecular C_6H_6 , (originariamente a él y sus derivados se le denominaban compuestos aromáticos debido a la forma característica que poseen) también es conocido como benzol. En el benceno cada átomo de carbono ocupa el vértice de un hexágono regular, aparentemente tres de las cuatro valencias de los átomos de carbono se utilizan para unir átomos de carbono contiguos entre sí, y la cuarta valencia con un átomo de hidrógeno.

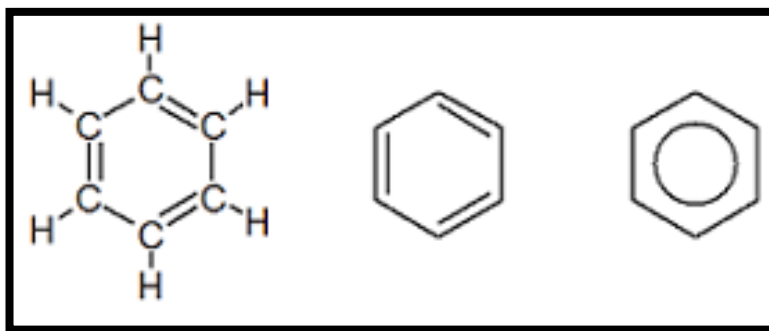


Figura 3 Estructura del benceno.

8.1.- Toxico cinética del Benceno

El metabolismo del benceno empieza con una oxidación a epóxido catalizado principalmente por la enzima . El óxido de benceno se metaboliza por tres diferentes rutas 1) Conjugación con GHS para formar ácido premercapturico, el cual se convierte en ácido fenil mercapturico; 2) Arreglo no enzimático para formar fenol y 3) Hidración por la enzima epóxido hidratasa a benceno dehidrodiol el cual puede ser oxigenado por la enzima dihidrodiol dehidrogenasa a catecol. Si el fenol se hidroliza en su posición orto, se puede producir más catecol.

El catecol puede convertirse a p-benzoquinona. Se cree que el o- y p-benzoquinonas son los últimos metabolitos tóxicos del benceno. Pero también puede formarse otro metabolitos tóxicos, el muconaldehido a partir de los anillos abiertos del óxido de benceno. El muconaldehido sufre una serie de reacciones que llevan al ácido t, t-mucónico, el cual puede encontrarse en orina.

8.2 Análisis de Benceno en muestras biológicas y ambientales

Se han desarrollado métodos analíticos para medir benceno en aire exhalado, sangre, y en varios tejidos. Estos análisis se realizan principalmente por cromatografía de gases (CG) acoplado a detector de ionización de flama (DIF), detector de fotoionización (DFI) o de masas (SM).

Uno de los métodos más sensibles (3 ppt, partes por trillón) es la cromatografía de gases de alta resolución acoplado a un detector de masas (CGAR/SM) para detectar benceno en aire exhalado y en sangre. Para prevenir la contaminación de las muestras se siguen rigurosos métodos para su recolección y su preparación.

TOLUENO

También conocido con el nombre de metilbenceno, sigue la fórmula $C_6H_5CH_3$. El tolueno se usa como materia prima, siendo ésta bastante importante pues a partir de ella se consigue obtener importantes compuestos, como por ejemplo, los derivados bencénicos, ácido benzoico, fenoles, caprolactama, sacarinas, y el conocido diisocianato de tolueno (TDI) a partir del cual se fabrica poliuretano, diferentes colorantes y perfumes, medicinas, detergentes y el TNT entre otras cosas.

Podemos encontrarlo en su forma natural, formando parte del petróleo crudo, además de en el mencionado árbol del Tolú. Pero se puede sintetizar y producirlo a partir de la manufacturación de la gasolina, así como también de otros tipos de combustibles partiendo del petróleo, o también en la producción del coque partiendo del carbón.



Figura 3.1 Estructura del tolueno.

9.1.- *Toxico cinética del Tolueno*

El Tolueno inhalado se adsorbe en pulmones y se trasporta por la sangre a otros tejidos y órganos, es absorbido en el tracto digestivo, se acumula rápidamente en el cerebro. Subsecuentemente se acumula en tejido adiposo en donde se retiene en altos niveles de concentración.

El metabolismo del Tolueno se realiza vía citocromos P450s transformándolo en alcohol bencénico y en pequeñas cantidades de cresoles. El alcohol bencénico se convierte a su vez en ácido bencénico por la acción de la enzima alcohol deshidrogenasa, el cual se conjuga y se elimina por orina.

Al igual que el Benceno el Tolueno se comporta como depresor de SNC, son varios los órganos afectados por este solvente, los índices más altos de afectación se presentan en hígado, riñón y órganos del SNC y del sistema nervioso periférico. Es causante de hematopatía, tubulopatía y distal, ataxia, temblores y lateraciones en el comportamiento, así como de polineuropatías.

9.2 *Análisis de Tolueno en muestras biológicas y ambientales*

La mayoría de los métodos para el análisis de Tolueno de fluidos biológicos (sangre, leche materna, orina, aliento, tejido cerebral y adiposo) usan técnicas de cromatografía de gases.

El aliento usualmente se colecta en trampas adsorbentes o en bolsa para muestra o contenedores y se analizan por CG. El método de análisis con mayor sensibilidad (0.088µg/l) es la cromatografía de gases acoplado a detector de masas (CG/SM).

XILENO

El Dimetil benceno es usado como un solvente para gomas, aceites y resinas epóxicas y otras resinas como un intermediario en la manufactura de químicos orgánicos, usados en la manufactura de plásticos y textiles sintéticos. También es usado en la manufactura de pinturas, resinas, insecticidas, peróxido de hidrógeno y osciladores de cristal de cuarzo.

También se usa como un agente para el combustible de alto octanaje de motores y aviones. Es un buen desengrasante.

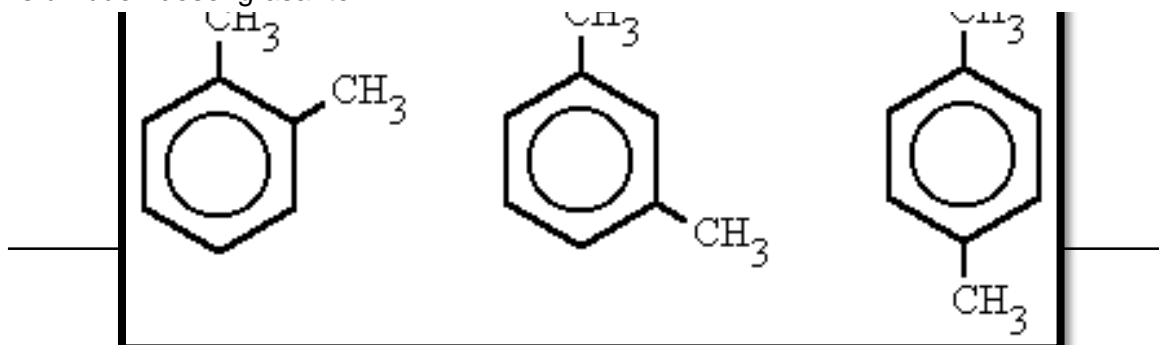


Figura 3.2 Estructura del xileno.

10.1 Toxicología cinética de los Xilenos

La toxicidad de los Xilenos es muy parecida a la que producen otros disolventes aromáticos como el Benceno. El Xileno es adsorbido por pulmones y el tracto intestinal, y es distribuido a los tejidos de acuerdo a su irrigación sanguínea o contenido de lípidos. El metabolismo de los tres isómeros del Xileno, es una oxidación del grupo metil y la subsecuente conjugación con glicina (ácido metil hipúrico).

La hidroxilación del anillo y la conjugación con el ácido glucurónico, que es aproximadamente del 2%. El Xileno sin transformación puede ser eliminado por exhalación y los metabolitos de su transformación son arrojados por la orina. La mayoría de la gente puede empezar a detectar el olor del Xileno en el aire cuando está en concentraciones de 0.08 a 3.7 ppm y de 0.53 a 1.1 ppm en agua.

10.2 Análisis de Tolueno en muestras biológicas y ambientales.

Existe un número limitado de métodos utilizados para determinar las concentraciones traza de Xileno en tejidos (pescado y ratón) y fluidos biológicos (sangre humana, orina y aliento exhalado), éstos incluyen la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG/SM) que es el más sensible para detectarlo en sangre (de 1ng/L de m-xileno), espectrometría de gases acoplado a un detector de ionización de flama con nitrógeno (CG/DIF) y la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).

La cromatografía de gases equipado con el detector adecuado es el instrumento analítico usado para la determinación de Xileno en muestras ambientales (aire, agua subterránea, agua superficial, suelo, sedimento y residuos). El equipo con el mayor nivel de detección es el equipado con un detector de captura de electrones (1ng/L de Xileno).

Para evitar las fugas del Xileno en el aire se debe realizar con precaución su aislamiento, recolección y almacenamiento. Las normas y los reglamentos, que regulan los límites de exposición a Xileno están reportados por agencias internacionales como ACGIH (TLV-TWA = 435 mg/m³ y Tel = 655 mg/m³), NIOSH (REL = 435 mg/m³ y STEL= 655 mg/m³), etc.

USOS DE LOS BTX

El benceno se utiliza generalmente como un disolvente, pero actualmente se emplea como materia prima para la síntesis de otros químicos. El porcentaje de benceno en gasolina está entre 1% y 2% vol. El tolueno se emplea en la formulación de pinturas, lacas, tiner y agentes de limpieza, pegamentos, y en muchos otros productos. El tolueno también se utiliza en la producción de otros químicos. La gasolina contiene del 5% al 7% vol. de tolueno.

Los Xilenos al igual que el benceno y el tolueno son los componentes mayoritarios de las gasolinas y combustibles para aviones. El xileno se usa como disolvente y en la síntesis de compuestos intermediarios. Estos son empleados ampliamente para la elaboración de una amplia gama de productos químicos. En la Tabla 2 se presenta una lista de actividades industriales en las cuales se involucra el uso de estos disolventes.

11.1.- Rutas de exposición BTX

Las rutas más comunes de exposición a BTX son la inhalación y la ingestión (Tabla 3). En la mayoría de los casos los seres humanos estamos expuestos a mezclas de contaminantes, sin embargo la mayoría de los estudios epidemiológicos se han enfocado a evaluar la exposición ocupacional a estos disolventes en forma individual.

Los BTX pueden estar presentes contaminando en aire, el agua y los alimentos. El humo de cigarro es la principal fuente de contaminación por BTX en aire de interiores. La población en general está expuesta a estos compuestos por el aire contaminado los automotores.

La inhalación es la ruta de mayor porcentaje (99%) de exposición de la población en general. El humo de cigarro suministra 1800 µg/día y los fumadores pasivos reciben 50 µg/día. Mientras que la entrada por alimentos y agua es mínima.

El benceno también se puede absorber por la piel. La ruta principal de exposición a tolueno es el aire contaminado de los automotores. El tolueno es el componente mayoritario del humo del tabaco la cantidad de tolueno en el humo de un cigarro sin filtro puede ser de 100 a 200 µg.

La entrada por alimentos y agua es mínima. Debido a las bajas concentraciones de xilenos reportadas en agua, el aire es la principal ruta de exposición a estos compuestos. La exposición diaria se estima en un rango de 0.05 a 0.5 mg. La exposición puede aumentar cuando el aire está contaminado con humo de cigarro.

NORMAS Y REGLAMENTOS EN MÉXICO.

Las normas y reglamentos con los que actualmente cuenta México para determinar los niveles de concentración del Benceno, Tolueno y Xilenos en muestras ambientales y biológicas, se presentan a continuación:

1. Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA1-1993, Que establece los límites biológicos máximos permisibles de disolventes orgánicos en el personal ocupacionalmente expuesto.
2. NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
3. CCE-CCA-01-1989. Criterios ecológicos de calidad del agua CC-CCA-001-1989.
4. NMX-AA-141-SCFI-2002 Suelos- benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEXs) por cromatografía de gases con detectores de espectrometría de masas y fotoionización. Método de prueba.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelo y las especificaciones para su caracterización y remediación.

Se observa una baja vigilancia de la concentración de los BTX en alimentos, De acuerdo al listado, en lo que respecta a alimentos contaminados con estos disolventes hace falta más trabajo de investigación a nivel nacional, para la adecuación de metodologías analíticas que permitan evidenciar su presencia en estas matrices, así como para fomentar la creación de nuevas leyes y reglamentos al respecto.

CONCENTRACIÓN DE GAS PERMITIDA SEGÚN LAS NORMAS MEXICANAS:

Sustancia química [Número CAS] Determinante y/o Parámetros Biológicos	Momento del Muestreo	IBE	Observaciones
ACETONA [67-64-1] Acetona en orina	Al final del turno de trabajo	50 mg/l	Ne
ACETILCOLINESTERASA INHIBIDA POR PLAGUICIDAS Actividad de colinesterasa en eritrocitos	Se deben conocer los niveles basales de los trabajadores antes de la exposición Discrecional	70% de línea basal individual	Ne
ANILINA [62-53-3] Anilina en orina * Anilina suelta en hemoglobina en sangre p-aminofenol* en orina	Muestra control al inicio del turno de trabajo Muestra de Exposición al final del turno de trabajo Muestra de Exposición al final del turno de trabajo Muestra de Exposición al final del turno de trabajo	50 mg/L 1.5% de hemoglobina	Nq B, Ns, Sc
ARSENICO ELEMENTAL [7440-38-2] y COMPUESTOS INORGANICOS SOLUBLES Arsénico inorgánico más metabolitos metilados en orina	Al final de una semana de trabajo	35 µg As/l	B
BENCENO [71-43-2] Acido S-fenilmercaptúrico en orina Acido t,t-mucónico en orina	Al final del turno de trabajo Al final del turno de trabajo	25 µg/g creatinina 500 µg/g creatinina	B B
1, 3 BUTADIENO [106-99-0] 1, 2 Dihroxi-4-(N-acetilcisteinil)- butano en orina mezcla de N-1 y N-2(hidroxibutenil) valina hemoglobina (Hb) aductos en sangre	Muestra de exposición al final del turno de trabajo No crítico	2.5 mg/L 2.5 pmol/g Hb	B, Sc Sc
2- BUTOXIETANOL [111-76-2] Acido butoxiacético (BAA) en orina*	Muestra de exposición al final del turno de trabajo	200mg/g creatinina	-
CADMIO y COMPUESTOS INORGANICOS Cadmio en orina Cadmio en sangre	No crítico No crítico	5 µg/g creatinina 5 µg/l	B B
CICLOHEXANOL [108-93-0] 1,2-Ciclohexanediol* en orina Ciclohexanol* en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno de trabajo	- -	Nc, Ne Nc, Ne
CICLOHEXANONA [108-94-1]			

	trabajo	creatinina	
FLUORUROS Fluoruros en orina	Antes del turno de trabajo Al final del turno de trabajo	3 mg/g creatinina 10 mg/g creatinina	B, Ne B, Ne
FURFURAL [98-01-1] Acido furoico en orina*	Al final del turno de trabajo	200 mg/l	Ne
n-HEXANO [110-54-3] 2,5-Hexanodiona** en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	0.4 mg/l	-
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS (PAHs) 1-Hidroxipireno*(1-HP) en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	-	-
MERCURIO Mercurio inorgánico total en orina Mercurio inorgánico total en sangre	Antes del turno de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo	35 µg/g creatinina 15 µg/l	B B
METAHEMOGLOBINA Inductores de Metahemoglobina en sangre	Durante la jornada o al terminar el turno de trabajo	1.5% de hemoglobina	B, Ne, Sc
METANOL [67-56-1] Metanol en orina	Al final del turno de trabajo	15 mg/l	B, Ne
2-METOXIETANOL (EGME) [109-86-4] y 2-METOXIETIL ACETATO (EGMEA) [110-49-6] Acido 2-metoxiacético en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	-	Nc
METIL CLOROFORMO [71-55-6] Metil cloroformo en aire exhalado Acido tricloroacético en orina Tricloroetanol total en orina Tricloroetanol total en sangre	Antes de la última jornada de una semana de trabajo Al final de una semana de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo	40 ppm 10 mg/l 30 mg/l 1 mg/l	- Ne, Sc Ne, Sc Ne
4,4-METILEN BIS (2-CLOROANILINA) [MBOCA] [101-14-4] MBOCA total en orina	Al final del turno de trabajo	-	Nc
METIL ETIL CETONA (MEK) [78-93-3] MEK en orina	Al final del turno de trabajo	2 mg/l	-
METIL ISOBUTIL CETONA (MIBK) [108-10-1] MIBK en orina	Al final del turno de	2 mg/l	-

	trabajo		
METIL n-BUTIL CETONA [591-78-6] 2,5-Hexanediona* en orina	Término de la jornada y término de la semana.	0.4mg/L	-
MONOXIDO DE CARBONO (630-08-0) Carboxihemoglobina en sangre Monóxido de carbono en aire exhalado	Al final del turno de trabajo Al final del turno de trabajo	3.5% de hemoglobina 20 ppm	B Ne B, Ne
NITROBENCENO [98-95-3] p-Nitrofenol total en orina Metahemoglobina en sangre	Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno de trabajo	5 mg/g creatinina 1.5 % de hemoglobina	Ne B, Ne, Sc
N-METIL-2-PIRROLIDONA [872-50-4] 5-hidroxi-n-metil-2-pirrolidona en orina	Al terminar el turno de trabajo	100mg/L	-
PARATION [56-38-2] p-Nitrofenol total en orina Actividad de la colinesterasa en eritrocitos	Se deben conocer los niveles basales de los trabajadores antes de la exposición Al final del turno de trabajo Discrecional	0.5 mg/g creatinina 70% de actividad basal individual	Ne B, Ne, Sc
PENTACLOROFENOL (PCF) [87-86-5] PCP total en orina PCP libre en plasma	Antes del último turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno de trabajo	2 mg/g creatinina 5 mg/l	B B
PENTOXIDO DE VANADIO [1314-62-1] Vanadio en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	50 µg/g creatinina	Sc
PLOMO (Ver nota abajo) Plomo en sangre	No crítico	30 µg/100 ml 10 µg/dl***	-
PROPANOLOL [67-63-0] Acetona en orina	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	40mg/L	A, Ne
TETRACLOROETILENO [127-18-4] Tetracloroetileno en el aire exhalado final Tetracloroetileno en sangre	Previo al turno de trabajo Previo al turno de trabajo	3 ppm 0.5 mg/l	- -
TETRAHIDROFURANO [109-99-9] Tetrahidrofurano en orina	Al final del turno de trabajo	2 mg/l	-
TOLUENO [108-88-3] o-Cresol en orina	Al final del turno de trabajo	0.5 mg/l (1.6 g/g)	B

(Acido hipúrico en orina) Tolueno en sangre	(Al final del turno de trabajo) Previo al último turno de la semana de trabajo	creatinina) 0.05 mg/l	B, Ne -
TRICLOROETILENO [79-01-6] Acido tricloroacético en orina Tricloroetanol** en sangre Tricloroetileno en sangre Tricloroetileno en aire exhalado final	Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo Al final del turno al terminar la semana de trabajo	15 mg/l 0.5 mg/l - -	Ne Ne Sc Sc
XILENOS [95-47-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7] (Grado técnico o comercial) Acidos metilhipúricos en orina	Al final del turno de trabajo	1.5 g/g creatinina	-

Tabla 2 Concentracion de sustancias permitidas por NMX.

TRANSFORMACIONES HABITUALES DE UNIDADES

a) Microgramo: Es la unidad de masa del Sistema Internacional que equivale a la millonésima parte de un gramo. Se abrevia μg (a veces aparece como ug).

$$\text{➤ } 1 \mu\text{g} = 0,000\ 001 \text{ g} = 10^{-6} \text{ g}$$

b) Miligramo: Es la unidad de masa del Sistema Internacional que equivale a la milésima parte de un gramo. Se abrevia mg.

$$\text{➤ } 1 \text{ mg} = 0,001 \text{ g} = 10^{-3} \text{ g}$$

c) Metro cúbico: Es una unidad de volumen, corresponde al volumen en un cubo que mide un metro en todos sus lados.

$$\text{➤ } 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

Para transformar N ppb de un gas a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en determinadas condiciones de presión y temperatura, se realiza de la siguiente forma:

$$N \text{ ppb} \times \frac{M}{v (\text{atm}, T^{\circ})} = \mu\text{g}/\text{m}^3$$

donde M es la masa molecular del gas en cuestión, y V (atm, T^a) el volumen de un mol del gas a determinada presión (P) en atmósferas y temperatura (T^a) en Kelvin.

De forma análoga, para transformar N ppm de un gas a mg/m^3 en determinadas condiciones de presión y temperatura, se realiza con:

$$N \text{ ppm} \times \frac{M}{v (\text{atm}, T^{\circ})} = \text{mg}/\text{m}^3$$

Contaminantes	Valor máximo	Unidad	Periodo de medición.
Benceno (C ₆ H ₆)	25	$\mu\text{g}/\text{g}$	Al final de turno de trabajo de 8 horas.
	500	$\mu\text{g}/\text{g}$	
Tolueno (C ₇ H ₈)	0.0005	$\mu\text{g}/\text{g}$	Al final de turno de trabajo de 8 horas.
	1.6e+6	$\mu\text{g}/\text{g}$	
Xileno (C ₈ H ₁₀)	1.5e+6	$\mu\text{g}/\text{g}$	Al final de turno de trabajo de 8 horas.

Tabla 3 unidades de medición de concentraciones de gases.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE BTX EN EL AIRE

Metodologías para la medición de contaminantes atmosféricos Existen varias metodologías para la medición de sustancias gaseosas en el aire ambiente, entre las que se pueden citar:

a) Monitoreo mediante sistemas pasivos Estos sistemas se basan en la absorción sobre un sustrato que se encarga de retener el contaminante a ser medido. Este contaminante llega al sustrato mediante un mecanismo de difusión molecular a través del aire, luego esas muestras son enviadas a un laboratorio en el que se produce la resorción de la sustancia contaminante para proceder a un análisis cuantitativo utilizando técnicas instrumentales.

Se caracterizan por su bajo costo, por lo que se pueden instalar varios de éstos en diferentes zonas a ser analizadas, así se puede tener una red de datos muy significativa; tienen simplicidad en la toma de la muestra y en el análisis de laboratorio, es así que no necesitan de personal altamente calificado y la muestra no requiere de aporte energético externo; pero no todo son ventajas, ya que para la toma de muestras y el análisis en el laboratorio requieren de un mayor tiempo para recoger una cantidad significativa de gas a ser analizado.

b) Monitoreo mediante sistemas activos la diferencia con los sistemas de monitoreo pasivos está en los mecanismos de circulación del aire. Así, mientras un sistema pasivo no requiere de aporte energético externo para captar la muestra a ser medida, un sistema activo requiere una bomba de aspiración para forzar el paso de una corriente de aire, este aire pasa a través de un reactivo químico específico o bien hacia un medio físico de recolección, así se puede obtener una muestra cuantificable y analizable, similar a la obtenida en los sistemas pasivos, ya que esta muestra debe trasladarse a un laboratorio para proceder a su análisis cuantitativo.

c) Monitoreo mediante analizadores automáticos Consiste en la utilización de propiedades físicas o químicas de la sustancia contaminante a ser medida y cuantificada de forma continua, utiliza métodos óptico electrónicos o sensores para la medición.

La muestra de aire que se desea medir entra en una cámara de reacción en la que alguna propiedad óptica del contaminante se dé termina de forma directa o mediante la generación

de una reacción química que produce un determinado fenómeno, como puede ser el caso de la luz fluorescente o quimiluminiscente.

La mayoría de los sistemas de monitoreo son de este tipo, son más rápidas y sencillas de utilizar, además están normalizadas las técnicas por las que serige la cuantificación de cada contaminante.

d) Monitoreo mediante sensores remotos consiste en la utilización de sensores remotos, dan valores correspondientes a una medición integrada de varios componentes (sistemas multicomponente) dentro de un espacio previamente especificado, alcanzan rangos espaciales superiores a los 100 metros.

e) Monitoreo mediante bioindicadores conocido también como biomonitorización, es una técnica que consiste en observar la acción que produce el contaminante determinado que se desea medir sobre algún ser vivo que sea sensible a este. Esta técnica cubre un extenso rango de sistemas de muestreo y análisis, todos con diferente grado de desarrollo, en el caso del aire generalmente se usan plantas como bioindicadores.

MÉTODO DE MEDIDA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
CAPTADORES PASIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo coste de adquisición y analítico. • Muy sencillos en la manipulación • Útiles para estudios de base • Estudio de efectos a largo plazo • Estudio de amplias zonas de muestreo • Versatilidad del emplazamiento • Realización de estudios de base 	<ul style="list-style-type: none"> • No son útiles para algunos contaminantes • Medidas semanales, quincenales o mensuales • Transporte de muestras y análisis en el laboratorio • Determinan promedio del tiempo de muestreo • Datos con incertidumbre
ANALIZADORES AUTOMÁTICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobados científicamente • Datos horarios • Datos fiables • Información en tiempo real • Determina máximos, mínimos y ciclos diarios y situaciones de alerta • No hay transporte de muestras • Altas prestaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejos técnicamente • Costosos en inversión y en mantenimiento • Requieren personal técnico cualificado • Son equipos pesados • Necesitan electricidad • Poco versátiles en el emplazamiento

Tabla 4 ventajas y inconvenientes de tipos de sensores.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN DE DATOS

12.1.- Sistemas de información informática

Son un conjunto de elementos, cuyo fin es el tratamiento y administración de datos, están debidamente organizados para su posterior uso, de acuerdo a necesidades u objetivos. Este es un concepto generalizado y que es aplicado de acuerdo al campo de acción que se aplique.

En el caso de la informática, “un sistema de información es cualquier sistema computacional que se utilice para obtener, almacenar, manipular, administrar, controlar, procesar, transmitir o recibir datos, para satisfacer una necesidad de información”.

12.2.- Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un idioma artificial, diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana.

La palabra programación se define también como el proceso de creación de un programa de computadora a través de los siguientes pasos:

- El desarrollo lógico del programa.
- Codificación del programa, esto es la escritura de la lógica del programa empleando un lenguaje de programación específico.
- Ensamblaje o compilación del programa hasta convertirlo en lenguaje máquina.
- Prueba y depuración del programa.
- Desarrollo de la documentación.

Hay que diferenciar entre lo que es un lenguaje de programación y lo que es un lenguaje informático, estos últimos engloban a los lenguajes de programación y a otros más, como por ejemplo HTML que no es un lenguaje de programación, sino un conjunto de instrucciones para diseñar el contenido de documentos, en cambio un lenguaje de programación específica sobre qué datos debe operar una computadora y cómo deben ser almacenados o transmitidos, a través de un lenguaje que intenta estar próximo al lenguaje humano o natural.

12.3.- Características de los lenguajes de programación

Para escribir programas y obtener los mejores resultados, se debe tener en cuenta una serie de detalles:

a) **Corrección.** Un programa es correcto si hace lo que debe hacer tal y como fue establecido en las fases previas a su desarrollo.

b) **Claridad.** Es muy importante que el programa sea lo más claro y legible posible, para facilitar su desarrollo y posterior mantenimiento. Su estructura debe ser sencilla y coherente, así como cuidar el estilo en la edición, se facilita el trabajo del programador, durante cualquier fase de desarrollo del programa.

c) **Eficiencia.** Aparte de que el programa realice todo aquello para lo que fue creado es decir, que sea correcto y gestione los recursos que utiliza. La eficiencia de un programa, suele ser el tiempo que tarda en realizar la tarea para la que fue creado y la cantidad de memoria que necesita, pero hay entre otros recursos: el espacio en disco que utiliza y el tráfico de red que genera, para obtener la eficiencia de un programa.

d) **Portabilidad.** Un programa es portable cuando tiene la capacidad de poder ejecutarse en una plataforma diferente de la que se elaboró, ya sea hardware o software. La portabilidad, permite por ejemplo a un programa que se ha desarrollado para sistemas GNU/Linux ejecutarse también en sistemas operativos Windows.

12.4.- Tipos de lenguajes de programación

Se los puede clasificar en dos grandes grupos: los lenguajes de programación de bajo nivel y los de alto nivel.

a) Lenguajes de programación de bajo nivel. Dependen totalmente de la máquina, es decir, de la computadora u ordenador, solo entienden el lenguaje binario o código máquina, que consiste en ceros y unos.

Este tipo de lenguajes de programación están diseñados a la medida del hardware para aprovechar las características de este. Dentro de este tipo de lenguajes de programación se pueden citar al lenguaje máquina y al lenguaje ensamblador.

b) Lenguajes de programación de alto nivel. Son aquellos lenguajes de programación que son más afines al lenguaje natural. Son independientes de la arquitectura del hardware de la computadora u ordenador, es decir, se los puede utilizar en cualquier otra computadora.

Solo necesitan un traductor que entienda el código fuente y las características de la máquina para poder funcionar correctamente. Los lenguajes de programación han ido evolucionando y se los puede dividir en 5 etapas o generaciones:

1. Primera generación: lenguaje máquina.

2. Segunda generación: se crearon los primeros lenguajes ensambladores.

3. Tercera generación: se crearon los primeros lenguajes de alto nivel como: C,Pascal, Cobol.

4. Cuarta generación. conocidos como RAD, son capaces de generar código por si solos. Entre estos también se encuentran los lenguajes orientados a objetos, como son: Visual y Natural Adabas.

5. Quinta generación: son los lenguajes orientados a la inteligencia artificial.

BASES DE DATOS

Una base de datos o banco de datos, se abrevia BD o bdd; y, es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. Debido al desarrollo tecnológico de la informática y la electrónica, actualmente la mayoría de las bases de datos están en formato digital, lo que facilita el almacenamiento de la información.

Existen programas denominados sistemas gestores de bases de datos, abreviados SGBD, éstos permiten almacenar y acceder a los datos de forma rápida y estructurada, permiten: recuperar datos después de algún fallo en el sistema, controlan el acceso a los datos, realizan copias de seguridad, gestionan el acceso concurrente y aseguran la integridad de los datos.

13.1.- Tipos de bases de datos

Las bases de datos se clasifican de acuerdo al contexto que se esté manejando, la utilidad o las necesidades que satisfagan.

1) Según la variabilidad de los datos almacenados:

a) Bases de datos estáticas. Son utilizadas para almacenar generalmente datos históricos que permiten analizar el comportamiento de los mismos a través del tiempo, estas bases de datos son de sólo lectura.

b) Bases de datos dinámicas. Son utilizadas en operaciones como actualización, borrado, adición y consulta de datos, estas bases de datos se modifican con el tiempo.

2) Según el contenido de los datos:

a) Bases de datos bibliográficas. Un registro de estas bases puede contener información sobre el autor, título, fecha de publicación, editorial, de alguna publicación o revista, puede contener además, un resumen o extracto de la publicación original.

b) Bases de datos de texto completo. Pueden almacenar fuentes primarias, es así que pueden tener todo el contenido de las diferentes ediciones de una colección de revistas científicas, directorios; como son las guías telefónicas.

13.2.- Modelos de bases de datos

Un modelo de datos es una "descripción" de algo conocido como contenedor de datos, así como de los métodos para almacenar y recuperar información de esos contenedores. Entre estos modelos se tienen: Bases de datos jerárquicos, Base de datos de red, Bases de datos orientadas a objetos.

Bases de datos relacionales, Bases de datos deductivas. Bases de datos relacionales. Se utilizan para modelar problemas reales y para la administración de datos de manera dinámica. Su idea principal es el uso de relaciones entre tablas, considerados en forma lógica como conjuntos de datos llamados "tuplas".

El lenguaje para construir las consultas de bases de datos relacionales es SQL (Structured Query Language) o Lenguaje Estructurado de Consultas.

MONITOREO DE GASES CONTAMINANTES MEDIANTE SENSORES

El monitoreo de gases peligrosos para la calidad del aire a diferencia de la medición como voltaje, temperatura o humedad, es un tema complejo, ya que existen cientos de gases y una extensa gama de aplicaciones en donde están presentes, por lo que el tema se complica más porque hay varios sensores que pueden ser usados para su medición.

Cada sensor tiene un principio de detección único, por lo tanto tiene características de respuesta al gas también únicas. La mayoría de sensores son sensitivos a un grupo de gases, por lo que, para seleccionar un sensor o un sistema de detección, es importante conocer qué tipo de sensores están disponibles y las respuestas características a diversos gases, para así obtener óptimos resultados. Existen sensores que son robustos, resistentes a la corrosión y al polvo, y pueden ser adecuados para sistemas multisensor, tienen expectativa de vida útil larga, bajos costos y son fáciles de operarlos y mantenerlos, incluso por personal mínimamente capacitado.

Las aplicaciones de uso son: monitoreo de gases tóxicos para la salud humana y monitoreo de gases combustibles, para el monitoreo de gases tóxicos se requieren sensores sensibles a niveles bajos de concentraciones, en cambio, para el monitoreo de gases combustibles se requieren sensores que puedan detectar altas concentraciones de gases.

Un sensor, también conocido como captador o transductor, es un dispositivo diseñado específicamente para recibir una información correspondiente a una magnitud externa al mismo, transformándola en otra magnitud, generalmente eléctrica, que permita una cuantificación y una manipulación mucho más sencillas.

Los sensores utilizados para medir la contaminación atmosférica pueden tomar datos de los valores de emisión y de inmisión, y pueden formar parte de sistemas de regulación automática, de sistemas de detección y de registro de datos. Para cuantificar la contaminación atmosférica se utilizan estaciones integrales de medida automáticas.

Estas se encargan de determinar la concentración existente de cada contaminante en tiempo real, facilitando la labor de actuación en caso de producirse alguna anomalía o emergencia. Dichas estaciones están formadas por sensores, los cuales transforman la magnitud referente a la contaminación atmosférica en una señal eléctrica cuantificable y que se pueda procesar electrónicamente, para que mediante un sistema de información poder visualizar dichos datos.

a) Sensores electroquímicos

Consisten en un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una capa de electrolito. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación, una corriente proporcional a la concentración de gas es generada y puede ser medida para determinar la concentración de gas. Tiene como características: bajo consumo de energía, buena sensibilidad, selectividad, puede ser usado en unidades portátiles alimentadas con baterías, expectativa de vida de uno a tres años. Alrededor de 30 gases pueden ser detectados con este tipo de sensores en bajos rangos de ppm (partes por millón) o $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos por metro cubico). Diseñados para detectar gases tales como monóxido de carbono, sulfato de hidrógeno, dióxido de sulfuro, cloro y dióxido de nitrógeno.

b) Sensores catalíticos de gases combustibles

En presencia de gases combustibles, las moléculas de gas se queman sobre la superficie del sensor, esto causa que la temperatura del sensor se incremente, el cambio de temperatura altera la resistencia de un alambre de platino en espiral que es recubierto con un óxido metálico tratado catalíticamente y que está conectado a un circuito de puente Wheatstone, produce una señal proporcional a la concentración del gas. La salida del sensor catalítico es directamente proporcional a la concentración de gas, hasta el límite explosivo inferior. Sus características son: expectativas de vida de uno a dos años y alteración del catalizador.

c) Sensores de gas de estado sólido

Se componen de uno o más óxidos metálicos de metales de transición, estos óxidos están preparados y procesados para formar un sensor en forma de burbuja. Un calefactor se inserta en el sensor para mantener el sensor a una temperatura óptima para la detección del gas. Un par de electrodos apropiados se insertan en el óxido metálico, para medir sus cambios de conductividad en forma de señal, pueden ser usados para detectar una variedad de gases en bajos rangos de ppm, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o rangos de combustibles. Entre sus características están: la versatilidad se logra variando los materiales de óxidos metálicos, la flexibilidad y expectativas de larga vida superior a los 10 años.

d) Sensores infrarrojos Absorben la radiación infrarroja en largos de ondas específicas.

Esta energía hace que se incremente la temperatura de las moléculas de gas. El cambio de temperatura se mide como una concentración de gas. Se caracterizan por: mínimo contacto físico, el sensor puede ser usado de forma continua y expuesta a altas concentraciones de gas, robusto. Estos sensores son ideales para aplicaciones de altas concentraciones de hidrocarburos. También son monitores efectivos para medir el dióxido de carbono.

e) Detectores de fotoionización utilizan luz ultravioleta para ionizar las moléculas de gas,

se emplean en la detección de compuestos orgánicos volátiles conocidos como VOC's. Entre sus características se pueden nombrar: buena sensibilidad, respuesta rápida y selectividad, son utilizados sólo para aplicaciones portátiles.

SISTEMAS DE SENSORES COMERCIALES

La tendencia hacia la automatización industrial es cada vez mayor, y con ella el uso de sistemas y elementos electromecánicos y computarizados para controlar desde entornos domésticos hasta procesos industriales y maquinarias de grandes dimensiones.

Se trata de una disciplina que engloba los sensores, transmisores de campo, sistemas de control y sistemas de transmisión y recolección de datos e incluye las aplicaciones software en tiempo real con las que supervisar y controlar las rutinas de plantas y procesos industriales.

Es aquí donde los sensores juegan un rol fundamental en el sistema productivo. Es necesario emplear aquellos que sean adecuados a los entornos industriales, en los que son comunes las altas temperaturas, la presencia de polvo o los ambientes de alta humedad entre otras características.

Para valorar si un detector se adecúa o no a las necesidades del entorno en el que se quiere utilizar, aparte de conocer qué se desea detectar, se ha prestar atención a las especificaciones del fabricante en lo que se refiere a la configuración, dimensiones externas, instrucciones de montaje, tipo, tamaño y localización de las conexiones eléctricas y mecánicas, forma de realizar ajustes externos, material de la carcasa y grado de protección de la misma ante agentes externos.

Además, es importante estar al tanto de las características ambientales que tendrá que soportar el sensor. Entre ellas se incluyen efectos térmicos, efectos de la aceleración y las vibraciones, efectos de la presión ambiental, efectos de las perturbaciones eléctricas, humedad, corrosión, atmósfera salina y los efectos del montaje.

Por otro lado, es fundamental conocer la fiabilidad del dispositivo, que viene definida por la vida útil, la vida de almacenamiento, la estabilidad temporal de la salida, la deriva de cero y la deriva de la sensibilidad.

SENSOR ELECTROQUÍMICO

14.1.- Principio de Operación.

Consiste en un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una delgada capa de electrolito. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación o reducción.

Los materiales del electrodo, específicamente desarrollados para el gas de interés, catalizan estas reacciones que generan una corriente proporcional a la concentración de gas, esta corriente puede ser medida para determinar la concentración de gas.

14.2.- Características comunes.

- **Bajo Consumo de Energía:** lo que permite que el sensor sea usado en unidades portátiles, alimentadas con baterías.
- **Buena Sensibilidad:** Por ello se trata de un tipo de sensor muy conveniente para aplicaciones de límite permisible en el área de trabajo, pero no es apto para aplicaciones de gases combustibles.
- **Selectividad:** En comparación con otros sensores, algunos sensores electroquímicos son bastante selectivos al gas objetivo para el cual fueron diseñados. Sin embargo, algunos pueden tener una pobre selectividad, dependiendo del gas a ser detectado.
- **Expectativa de Vida:** La expectativa de vida de un sensor electroquímico depende de diversos factores, incluyendo el gas a ser detectado y las condiciones medioambientales en las que el sensor se vaya a utilizar. Generalmente, la vida útil de este tipo de sensores es de uno a tres años.

Sin embargo, algunos sensores son especificados de acuerdo a la dosificación de exposición del gas, como por ejemplo un sensor de amoníaco, típicamente catalogado para 5000 ppm* horas. En otras palabras, si el sensor es expuesto a 50 ppm de amoníaco constantemente, el supuesto es que el sensor funciona 100 horas.

SENSORES DE GASES CONTAMINANTES PLACA ARDUINO

MQ: Sensores de Semiconductor.

Para la realización del proyecto, se requieren sensores que midan gases contaminantes como: el benceno (C_6H_6), Tolueno (C_7H_8) y xileno (C_8H_{10}), que son considerados entre los diferentes gases contaminantes, como los más peligrosos para la salud humana y que son regulados según la Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión, que rige en todo el territorio nacional.

Entre los diferentes tipos de sensores que pueden conectarse con la placa Arduino y que detectan gases contaminantes se tienen: el MQ - 135 que es sensible a gases combustibles e inflamables como el benceno; el TGS 822 que es sensible al tolueno y xileno.

La serie MQ de sensores de gases utilizan un pequeño calentador con un sensor electroquímico, son sensibles a los diferentes gases y usados a temperatura ambiente. Las salidas de estos sensores son analógicas y pueden ser leídas por las entradas analógicas que contiene la placa Arduino.

15.1.- Sensor para medir benceno (C₆H₆).

Es ideal para la detección de gas amoníaco, benceno y alcohol, aunque también es sensible al humo y a otros gases tóxicos, por lo que puede utilizarse para diseñar dispositivos que alerten sobre la presencia de estos gases tóxicos en el ambiente.

El sensor puede detectar concentraciones de gas entre 10 y 1000 ppm y es de utilidad para detección de gases nocivos para la salud en la industria principalmente. Su velocidad de respuesta es bastante buena, por lo que puede activar cualquier dispositivo de manera oportuna.

La presentación es en un módulo que puede conectarse a un microcontrolador muy fácilmente y se incluye la electrónica básica para realizar la interfaz con el sensor, disponemos de salidas del tipo analógica y digital.

- ✓ El sensor se alimenta con 5 volts.
- ✓ Rango de detección Benceno: 10ppm-1000ppm.
- ✓ Rápida velocidad de respuesta.
- ✓ Estable y de larga vida.
- ✓ Circuito de manejo simple, pudiendo conectarse a circuitos analógicos y digitales.
- ✓ Comparador analógico incluido en el módulo para fácil activación de cargas o circuitos de control.

Este sensor se conecta a la Shield Sensor de Arduino en la entrada analógica A0, mediante la siguiente configuración:

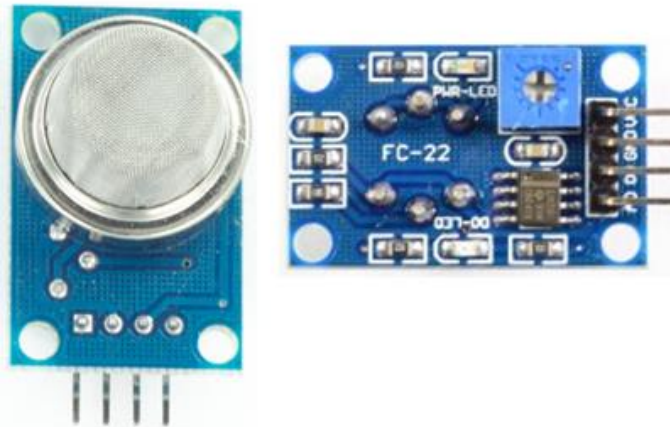
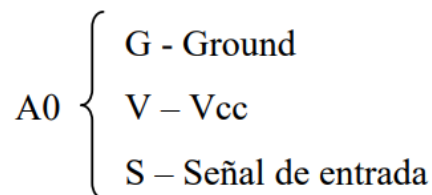


Figura 4 Sensor MQ-135 para la detección de benceno.

15.2.- Sensor para medir Tolueno (C₇H₈) y xileno (C₈H₁₀).

El TGS 822 tiene una alta sensibilidad a los vapores de disolventes orgánicos y otros vapores volátiles. También tiene sensibilidad a una variedad de gases combustibles tales como monóxido de carbono, por lo que es un buen sensor de uso general. También disponible con un base cerámica que es altamente resistente a ambientes severos de hasta 200 ° C

El principio de detección de los sensores TGS se basa en adsorción química y desorción de gases en el superficie del sensor Como resultado, la temperatura ambiente afectará las características de sensibilidad al cambiar la tasa de reacción química.

Además, la humedad causa una disminución en R_s ya que el vapor de agua se adsorbe en el superficie del sensor La figura 8 muestra un ejemplo típico de estas dependencias. Un circuito de compensación para la dependencia de la temperatura debe ser considerada cuando usando sensores TGS



Figura 4.1 Sensor Fígaro TGS 822 para la detección de tolueno y xileno.

15.3.- Sensor para medir Humedad y Temperatura – DHT11.h

Es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo, utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica).

Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos.

El microcontrolador externo y el microcontrolador que lleva integrado el sensor, se hablan entre sí de la siguiente manera:

- Se inicia la comunicación.
- El sensor responde estableciendo un nivel bajo de 80us y un nivel alto de 80us.
- El sensor envía 5 bytes con la información de temperatura y humedad.

Ahora que ya sabemos esto, podemos decidir si utilizar la librería que nos proporciona para arduino, o simplemente realizar éstas operaciones nosotros mismos sin necesidad de librería.

- ✓ Alimentación: $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$
- ✓ Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- ✓ Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C .
- ✓ Resolución Temperatura: 0.1°C
- ✓ Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- ✓ Precisión de medición de humedad: 4% RH.
- ✓ Resolución Humedad: 1% RH
- ✓ Tiempo de sensado: 1 seg.

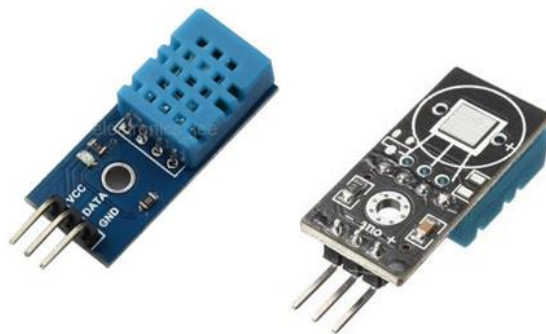


Figura 4.2 Sensor DHT11.h para la detección de temperatura y humedad.

SISTEMAS DE MEDIDA

La instrumentación es la parte de la electrónica que tiene como objetivo la observación y medida del mundo físico (sea de tipo eléctrico o no) empleando herramientas (instrumentos y equipos) electrónicas. La medida es el proceso empírico (basado en la experimentación) y objetivo (independiente del observador) de asignación de números a las propiedades de los objetos o acontecimientos del mundo real, de forma que sirva para describirlos.

Un sistema es un conjunto de elementos o partes simples relacionadas entre sí que interactúan dinámicamente y están organizados en función del objetivo que tenga el sistema. Conocer las propiedades de cada uno de los elementos es indispensable para evaluar la respuesta del sistema y asegurar su correcto funcionamiento.

Un sistema de medida es aquel que obtiene información sobre un proceso físico mediante la asignación de un número a una propiedad de un objeto o suceso para describirlo, con el objetivo de controlar un proceso y proporcionar información para la verificación de un sistema. La información obtenida por un sistema de medida es presentada a un observador o a un sistema de control para su análisis.

16.1.- Funciones de un sistema de medida

- **Adquisición de datos:** Se adquiere la información de las variables a medir y convierte a una señal eléctrica.
- **Procesamiento de datos:** Se procesan, seleccionan y manipulan los datos mediante un microcontrolador.
- **Distribución de datos:** Se presenta el valor medido, se almacena o se retransmite a otro sistema.

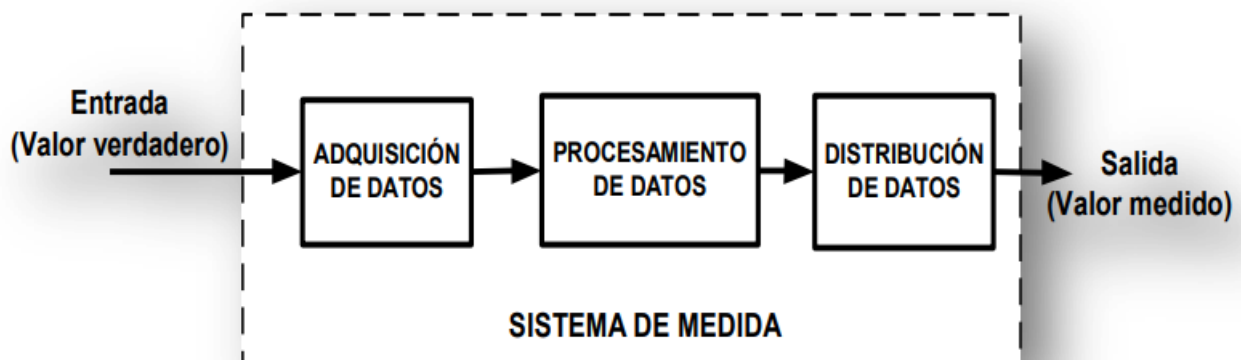


Figura 5 Diagrama de bloques de un sistema de medida.

SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDIDA

Un sistema electrónico de medida es un sistema de medida basado en circuitos formados por componentes electrónicos.

17.1.- Características de un sistema electrónico de medida

- ✓ Por la naturaleza electrónica de la materia, una variación de un parámetro no eléctrico supone una variación de un parámetro eléctrico.
- ✓ La transmisión de señales eléctricas es más versátil pero más sensible a interferencias que las transmisiones mecánicas, hidráulicas o neumáticas.
- ✓ Existen muchos circuitos integrados para acondicionar las señales que genera el sensor.
- ✓ Se hace necesaria la conversión de valores de una propiedad a medir en valores de otra propiedad diferente, teniendo en cuenta que la mayor parte de las propiedades a medir no son eléctricas.

17.2.- Caracterización de Sensores

Según la Real Academia Española (RAE), un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente. Como ya hemos visto, dentro de un sistema de medida, el sensor se encarga de la transducción de la señal física muestreada a una señal eléctrica.

En la siguiente tabla, se resumen las magnitudes físicas típicas que son detectadas por un sensor.

Naturaleza	Ejemplos
Mecánica	Velocidad, desplazamiento, fuerza, presión, flujo, masa, aceleración, etc.
Térmica	Temperatura, calor, etc.
Eléctrica	Carga, corriente, resistencia, tensión, capacidad, polarización, frecuencia, etc.
Óptica	Infrarrojo, ultravioleta, visible, etc.
Química	Humedad, gas, PH, etc.
Biológica	Hormonas, proteínas, antígenos, etc.

Tabla 5 Ejemplos de magnitudes físicas por naturaleza.

17.3.- Clasificación de Sensores

Ahora se presentan los tipos de sensores existentes en la actualidad atendiendo a distintos criterios de clasificación.

Según el principio físico de funcionamiento:

- ❖ Activos (Generadores): son capaces de crear su propia energía para llevar a cabo la transducción.

Según el tipo de señales eléctricas que generan:

- ❖ Analógicos: Sensores en los que la señal de salida es de carácter continuo puede tomar cualquier valor dentro de unos márgenes determinados y llevan la información en su amplitud.



Figura 5.1 Diagrama de bloques de un sensores digital con salida en paralelo.

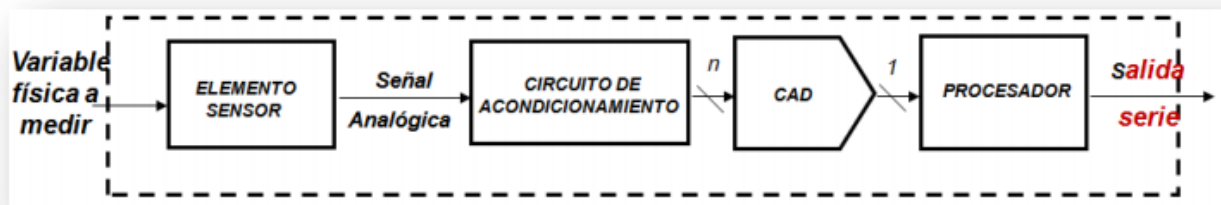


Figura 5.2 Diagrama de bloques de un sensores digital con salida en serie.

NARICES ELECTRÓNICAS

El concepto de nariz electrónica aparece con la idea de intentar imitar el sistema olfativo biológico mediante el uso de sensores de gas. Se trata de un instrumento formado por una red de sensores químicos electrónicos y un sistema de reconocimiento de patrones apropiado para examinar compuestos (simples o complejos) y caracterizar mezclas de gases mediante el uso de algoritmos numéricos.

Los primeros prototipos de narices electrónicas aparecieron en los años 80 y, desde entonces, sus campos de desarrollo y sus aplicaciones en alimentación, control de calidad, cura medioambiental, diagnosis médico, control de procesos industriales, desarrollo de fragancias y cosméticos, seguridad y toxicología, etc., no han dejado de crecer.

TECNOLOGÍA ARDUINO

Una placa Arduino es una placa electrónica que es Open Source y Open Hardware que comunica un microcontrolador con puertos de entrada y/o salida, tiene un lenguaje de programación Processing/Wiring y una memoria Eeprom que actúa como un pequeño disco duro, aquí se almacenan los programas que se van a ejecutar.

Esta memoria es no volátil, es decir que así se apague la placa Arduino los datos permanecen ahí, también se debe indicar que soporta interfaces de comunicación como: wireless, bluetooth, ethernet, entre otras. Arduino dispone de un entorno propio de desarrollo de programación conocido como IDE que se puede obtener para diferentes sistemas operativos como: Windows, Mac y Linux, el cual se transfiere mediante cable USB. Esta interfaz permite introducir el programa a ejecutar en la placa Arduino y es donde se define que hacer tanto con las entradas como con las salidas que dispone la placa.

Por tratarse de una plataforma Open Hardware, se la puede construir fácilmente mediante los patrones que se pueden descargar directamente de la página web de Arduino, además que existen una multitud de distribuidores de estas placas. Existen diferentes placas de Arduino, las cuales dependen mucho del tamaño del proyecto, de la cantidad de entradas y/o salidas requeridas, si la alimentación y programación se va a realizar con la propia placa, si va a interactuar con su misma circuitería o si va a comunicarse con dispositivos externos móviles como: pda's, receptores, celulares, entre otros; así, se tienen entre las placas Arduino más conocidas: Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Diecimila/Duemilanove, Arduino Pro, Arduino Nano.

18.1.- Single board microcontroller arduino uno

Arduino UNO es una plataforma de hardware libre¹³ con un microcontrolador ATmega328P, el cual cuenta con 14 entradas/salidas digitales y 6 entradas analógicas ideales para procesar señales emitidas por sensores. Las principales características de esta plataforma se presentan en la Tabla 1.13. Un diagrama de la estructura de la plataforma Arduino UNO. Adicionalmente para la programación y configuración del microcontrolador ATmega328P, Arduino posee el software Arduino IDE.

Arduino UNO es considerada una plataforma open source debido a que pone a disposición de sus usuarios el esquema completo de conexión de la placa, elementos electrónicos utilizados y un diseño de referencia, de tal forma que se puede utilizar toda esta información para construir la misma plataforma de forma particular.

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de Operación	5 V
Voltaje de alimentación (recomendado)	7-12 V _{tierra}
Pines Digitales I/O	14 (6 proveen salidas PWM)
Pines Digitales PWM I/O	
Pines de entrada Analógicos	
Corriente para pin I/O	
Memoria Flash	32 KB (ATmega328P) de la cual 0,5 KB es usada por el gestor de arranque
SRAM	2 KB
EEPROM	
Frecuencia de reloj	16 MHz
Largo	68,6 mm
Ancho	53,4 mm
Peso	5,25 g

Figura 52 Estructura de la placa arduino.

18.2.- Requerimientos de Hardware

El proyecto consta de dos cajas de conexión: una contiene la fuente regulada de hasta 12 voltios de corriente continua DC, la cual se alimenta con 120 voltios de corriente alterna AC, además esta contiene la tarjeta concentradora Arduino y la tarjeta electrónica que es utilizada para conectar los sensores; en la otra caja están los sensores para la medición de los gases contaminantes como son: el benceno (C_6H_6), Tolueno (C_7H_8), xileno (C_8H_{10}), además contiene un sensor para tener datos de temperatura y humedad.

ACOPLAMIENTO DE TECNOLOGÍAS APLICADAS AL BLOQUE DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y PRE VISUALIZACIÓN DE DATOS.

19.1.- Tarjeta concentradora Arduino

La placa utilizada en el proyecto es la Arduino Uno (Tinyos UNO), esta dispone de 16 entradas digitales, 8 entradas analógicas, salidas de +5 Vdc y +3 Vdc. Para el proyecto se requieren de 8 entradas digitales, de las cuales 6 son para conectar un display de 16 bits y para los sensores de Humedad/Temperatura y el benceno (C_6H_6), Tolueno (C_7H_8), xileno (C_8H_{10}).

19.2.- Esquema de pines.

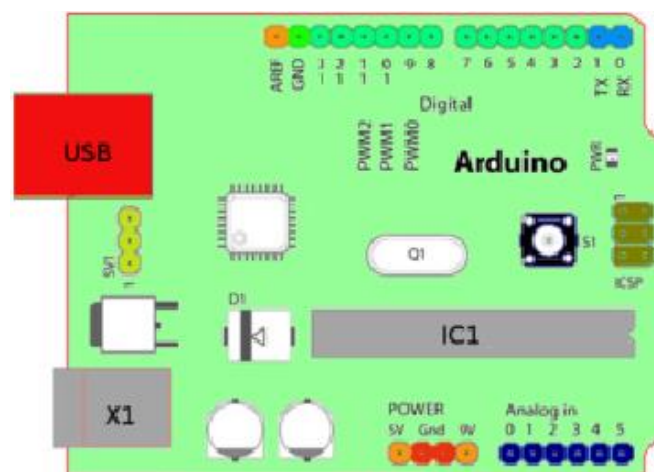


Figura 6.1 Esquema eléctricos de la placa arduino.

- Pin de referencia analógica (naranja)
- Señal de tierra digital (verde claro)
- Pines digitales 2-13 (verde)
- Pines digitales 0-1 / entrada y salida del puerto serie: TX/RX (azul) (estándar de comunicación serie IC2)
- Botón de reset (negro)
- Entrada del circuito del programador serie (marrón)
- Pines de entrada analógica 0
- Pines de alimentación y tierra (naranja y naranja claro)
- Entrada de la fuente de alimentación externa (9)
- Conmutación entre fuente de alimentación externa o alimentación a través del puerto USB – SV1
- Puerto USB (rojo)

PLATAFORMA DE ARDINO

Es una compañía de hardware libre y una comunidad tecnológica que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware, compuestas por Microcontroladores, elementos pasivos y activos. Por otro lado las placas son programadas a través de un entorno de desarrollo (IDE), el cual compila el código al modelo seleccionado de placa.

Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Toda la plataforma, incluyendo sus componentes de hardware (esquemáticos) y Software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos.

El hardware consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, puertos digitales y analógicos de entrada/salida, los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields), que amplían los funcionamientos de la placa Arduino. Asimismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con el computador.

Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar. Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:



Figura 7 Logotipo del programa arduino.

Barato: Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del modulo Arduino puede ser ensamblada a mano, e incluso los módulos de Arduino preensamblados cuestan menos de 50\$.

Multiplataforma: El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y claro: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también.

Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación Processing, de manera que estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de Arduino.

Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados.

El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. De forma similar, puedes añadir código AVR-C directamente en tus programas Arduino si quieres.

Código abierto y hardware extensible: El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons.

Por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender como funciona y ahorrar dinero.

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

19.1.- Interfaz de desarrollo Arduino y drivers para S.O. Windows

Es necesaria la instalación de software de Arduino que se puede descargar gratuitamente de internet ya que se trata de software Open Source. La versión de instalación del proyecto es la Hay que descomprimir el archivo en una carpeta dentro del disco duro y esta ya contiene los drivers (FTDI) para el funcionamiento de la placa Arduino con el sistema operativo de la computadora. En la siguiente figura se puede observar el IDE (Interfaz del Entorno de Desarrollo) de Arduino.

19.2.- Codificación para Reconocimiento de Sensores

La codificación o sketch que utiliza la placa Arduino, se compone de varias funciones o subprocesos que serán llamadas de acuerdo a la programación del Arduino de toda esta



- Aquí se declaran Variables Globales, Librerías a utilizar, se definen Pines del Arduino analógicos y digitales a ser utilizados , entre otros.

- Ej:

```
analogRead(0); //declara entrada analógica 0
#include <LiquidCrystal.h>
#include <dht11.h>
```



- Conocido como procedimiento o subrutina
- Se inicializa una sola vez
- Aquí se declaran los pines a ser utilizados, se indica la velocidad de comunicación, la declaración de variables locales, entre otros.
- Ej:

```
Serial.begin (9600);  
lcd.begin(16, 2);  
pinMode (BOOL_PIN, INPUT);
```



- Aquí se ingresa el programa a ejecutarse en la placa Arduino
- Será llamada una y otra vez para su ejecución
- Ej:

```
sensorValue = analogRead(sensorGas);  
serial.println(sensorValue);  
delay(1000);
```

ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y PREVISUALIZACIÓN DE DATOS

Este bloque será el encargado de cumplir con los requerimientos permitiendo receptor todas las señales analógicas proporcionadas por los sensores de gases de benceno, tolueno y xileno.

La placa Arduino realizará funciones de adquisición y procesamiento, por lo que posterior a recibir las señales de los diferentes sensores y procesará las mismas para enviarlas en un formato adecuado al bloque de preparación y transmisión de datos. Adicionalmente, previo al envío de esta información se visualizarán los siguientes valores en el mismo programa arduino.

- ✓ Temperatura (°C)
- ✓ Humedad relativa (Porcentaje %)
- ✓ Concentración de (C6H6)
- ✓ Concentración de (C7H8)
- ✓ Concentración de (C8H10)

PREPARACIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS

Este bloque es el encargado de cumplir con el requerimiento e, para ello solicitará toda la información procesada en el bloque anterior para consolidarla y conformar un conjunto de datos (Data).

El conjunto de datos está conformado por los siguientes campos:

Hora: Hora en la cual se realizó la adquisición de la muestra de aire, expresada en el formato hh:mm:ss

Fecha: Fecha en la cual se realizó la adquisición de la muestra de aire, expresada en el formato año–mes–día

C6H6: Concentración de (C6H6) en la muestra de aire.

C7H8: Concentración de (C7H8) en la muestra de aire.

C8H10: Concentración de (C8H10) en la muestra de aire.

Temperatura: Temperatura ambiente el momento de la adquisición de la muestra de aire, expresada en grados centígrados.

Humedad relativa: Humedad relativa el momento de la adquisición de la muestra de aire, expresada en porcentaje.

Hora	Fecha	C6H6	C7H8	C8H10	TEMPERATURA	HUNEDAD RELATIVA
------	-------	------	------	-------	-------------	------------------

Figura 8 Formato de lectura de sensores.

DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN

20.1.- Programación del sensor MQ – 135:

En el ejemplo usaremos un MQ-135 (sensor de alcohol) se usa la salida digital, puesto que esta salida se comporta como 1 o 0. Tener en cuenta que esta salida es negada, 1 para ausencia de alcohol y 0 para presencia de alcohol.

```
int pin_mq = 2;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pin_mq,INPUT);
}

void loop(){

  boolean mq_estado = digitalRead(pin_mq);
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if (mq_estado)//si la salida del sensor 1
  {
    Serial.println("sin presencia de alcohol");
  }

  else // si la salida del sensor 0
  {
    Serial.println("Alcohol detectado");
  }
  delay(100);
}
```

En este caso la lectura desde Arduino es como leer cualquier entrada digital, y la sensibilidad del sensor se configura a través de la resistencia variable que trae el modulo como se muestra en la figura 9, girando a la derecha se hace más sensible y necesitamos menos presencia de alcohol para activar la salida, de igual forma si giramos a la izquierda aumentamos el umbral necesitando mayor presencia del gas (alcohol) para que se active la salida.

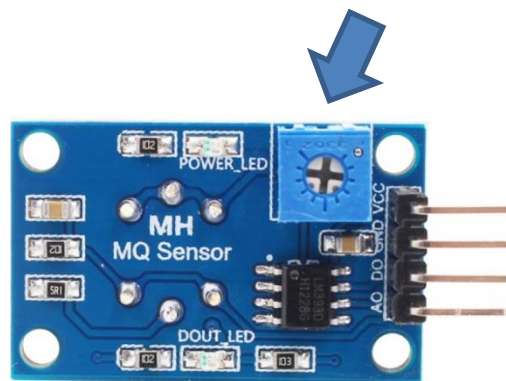


Figura 9 Configuración de sensibilidad.

Figura 9 Configuración de sensibilidad.

20.2.- Programación del sensor MQ – 135 para la detección de benceno:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {

  int adc_MQ= analogRead(A0);//Lemos la salida analogica del MQ
  float voltaje = adc_MQ *(5.0/1023.0);//convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs=1000*((5-voltaje)/voltaje); // calculemos Rs con un RL de 1k
  double alcohol=0.4091*pow(Rs/5463,-1.497);// calculamos la concentracion de alcohol c
  on la ecuacion obtenida.
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial -----

  Serial.print ("adc");
  Serial.print (adc_MQ);
  Serial.print (" voltaje:");
  Serial.print (" Rs:");
  Serial.print(Rs);
  Serial.print(" alcohol:");
  Serial.print(alcohol);
  Serial.println("ppm");
  delay(300);
}
```

La diferencia de utilizar la salida digital, es que usando la salida analógica podemos trabajar con diferentes niveles de presencia de gas y escalarlo de acuerdo a la necesidad de nuestra aplicación.

Al tratarse de una salida analógica, el código es el mismo para cualquier tipo de sensor MQ con el que estén trabajando.

Debido a que el modulo tiene una cámara de calentamiento a donde tiene que ingresar o salir el gas, el tiempo de respuesta es lento, el sensor seguirá detectando los residuos de gas que se quedan dentro de la cámara de calentamiento hasta que estos desaparezcan.

Tener en cuenta que todos los módulos son sensibles a más de un gas, claro que en diferente proporción; pero si se trabaja en ambientes en donde hay diferentes tipos de gases no podríamos diferenciar entre ellos y podríamos tener una referencia equivocada si solo necesitamos leer un gas.

20.3.- Escala entre valores analógicos y voltajes del sensor

Si en nuestra aplicación que estamos implementando necesitamos los valores en unidades correspondientes a la medición del gas, necesitamos escalar el valor leído, el problema de esto es que la relación entre la lectura analógica y el valor real no es lineal.

Por lo que necesitamos estimar la curva que nos da el datasheet.

DATOS TECNICOS MQ-135 SENSOR DE GAS

A. condición de trabajo estándar

Símbolo	nombre del parámetro	estado técnico	observaciones
VC	voltaje de circuito	5V ± 0,1	AC o DC
VH	tensión de calentamiento	5V ± 0,1	ACOR DC
RL	Resistencia de carga	puede ajustar	
RH	resistencia del calentador	33 Ω ± 5%	sala de Tem
PH	consumo de calefacción	menos de 800 MW	

B. Símbolo condición

Simbolo	nombre del parámetro	estado técnico	observaciones
Tao	El uso de Tem	- 10 -45	
Tas	Tem de almacenamiento	- 20 -70	
RH	humedad relacionados	menos de 95% Rh	
O 2	La concentración de oxígeno	21% (condición estándar)La concentración de oxígeno puede afectar la sensibilidad	no puede afectar valor más del 2%

C. Sensibilidad símbolo característico

Simbolo	nombre del parámetro	Parámetro técnico	RAMARK 2
rs	Resistencia de detección	30K Ω- 200K Ω (100 ppm NH 3)	La detección de alcance concentración de 10 ppm- 300 ppm NH 3 10ppm-1000 ppm 10 ppm alcohol benceno-300ppm
α (200/50) NH 3	tasa Slope Concentración	≤ 0.65	
Condiciones de detección estándar	Temperatura: 20 ± 2 Vc: 5V ± 0,1 Humedad: 65% ± 5% Vh: 5V ± 0,1		
tiempo de precalentamiento	Más de 24 horas		

Talba 7 informacion del fabricante para calibracion del sensor MQ135.

CÁLCULOS PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

E. Sensibilidad curva característica

Fig.2 características de sensibilidad del MQ-135

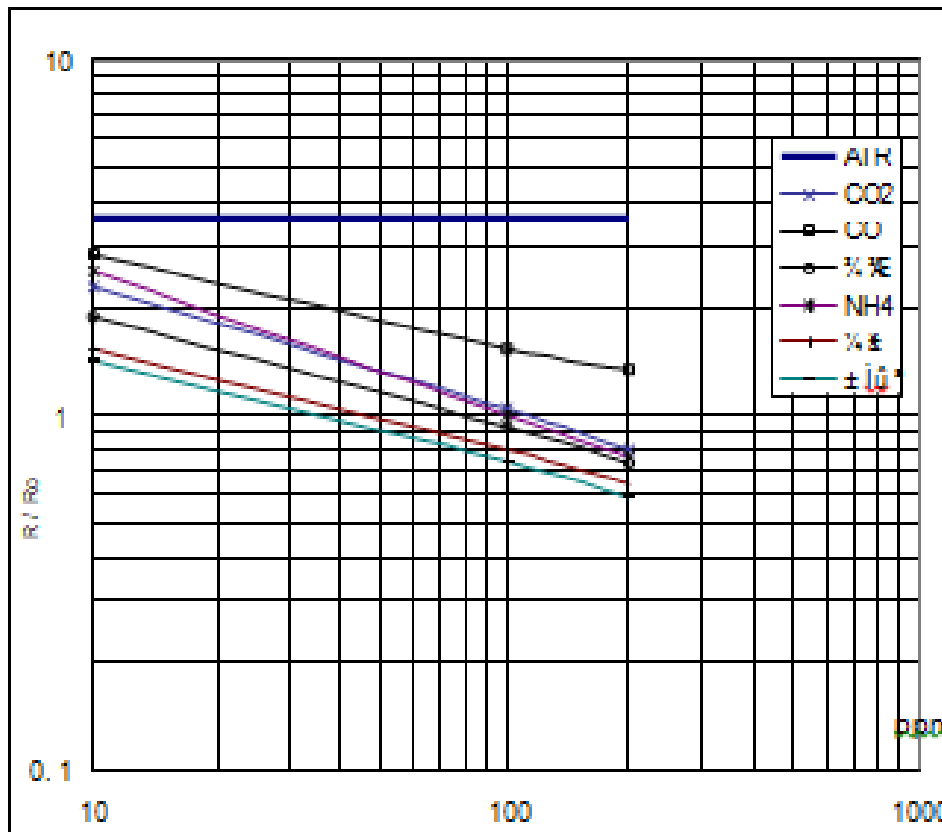


Fig.3 es muestra las características de sensibilidad típicas de la MQ-135 para varios gases.

en su Temp: 20

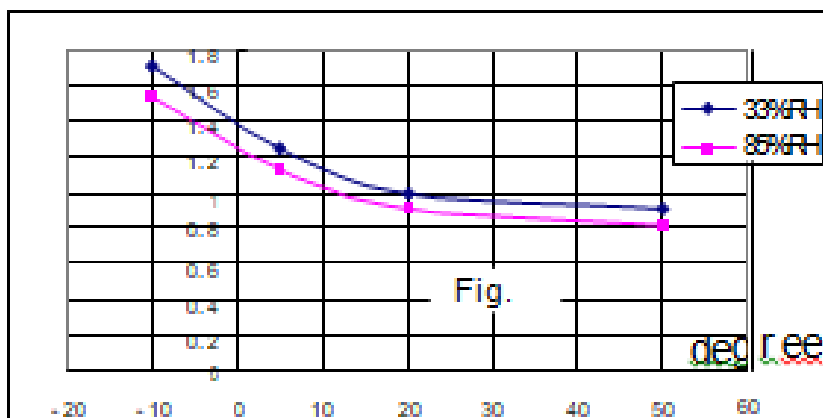
Humedad: 65%

O₂ concentración 21%

RL = 20k Ω

R₀: resistencia del sensor en 100 ppm de NH₃ en el aire limpio.

R_s: resistencia del sensor a diversas concentraciones de gases.



La figura 4 es muestra la dependencia típica de la MQ-135 de la temperatura y la humedad.

R₀: resistencia del sensor en 100 a 33% de HR y 20 grados

R_s: resistencia del sensor en 100 ppm de NH₃ a diferentes temperaturas y humedades.

SISTEMAS DE DETECCIÓN INDIVIDUALES

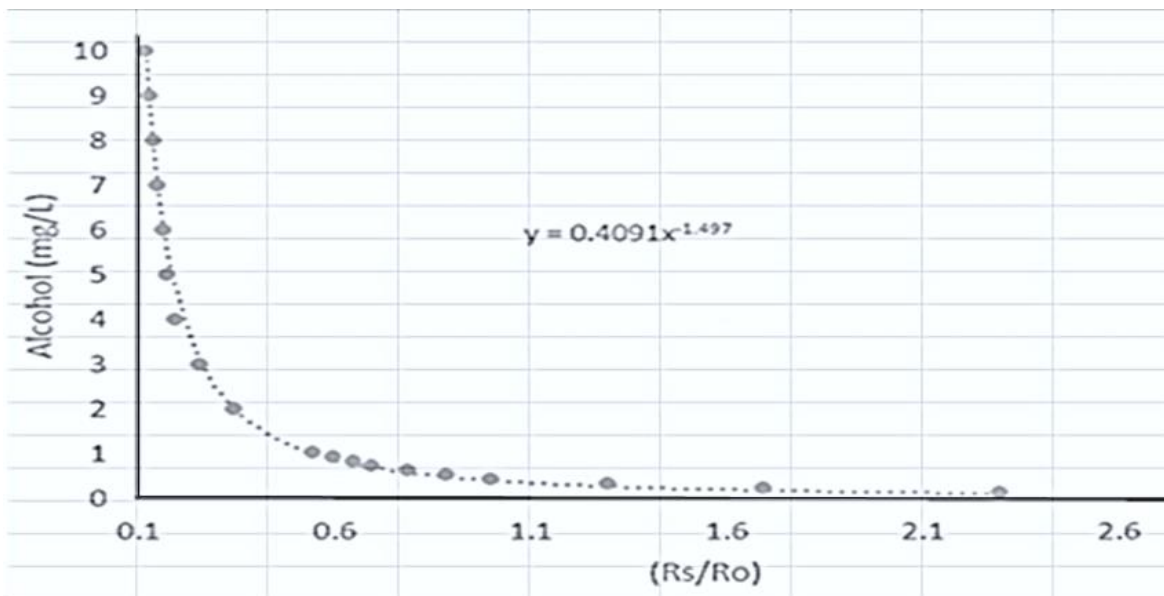
Otra forma de calibrar es usando concentraciones conocidas, para esto es necesario en el caso del sensor de alcohol usar un alcoholímetro para calibrarlo. Para esto no es necesario hacer la regresión de la curva que nos da el datasheet la cual es válida siempre y cuando se mida en las condiciones indicadas. De dicha curva solo tomaremos la forma que tiene e incluso R_0 lo consideramos como constante. La ecuación sería de la siguiente forma.

$$\text{Alcohol} = a \cdot (R_s)^b$$

Para calcular las constantes a y b solo necesitamos tomar dos muestras, con nuestro sensor medimos el R_s de dichas muestras y con el alcoholímetro calculamos el valor correspondiente de concentración de alcohol para dichas muestras. Con esos dos puntos ingresamos a la ecuación y calculamos las dos constantes.



Figura 10 Calibración del sensor MQ-135 a diferentes concentraciones.



Como se observa en la grafica de la ecuación potencial observamos que el valor de Rs/Ro se acerca a 0.1 para valores superiores a la máxima concentración de alcohol que el sensor puede censar, en los puntos cercanos a este punto, la variación de rs/ro es mínima por lo que los errores que podamos tener acá para calcular Ro son pequeños.

21.1.- Programación del sensor DHT11.h para la detección temperatura:

```
#include <DHT11.h>
int pin=4;
DHT11 dht11(pin);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
  }
}
void loop()
{
  int err;
  float temp, humi;
  if((err=dht11.read(humi, temp))==0)
  {
    Serial.print("temperature:");
    Serial.print(temp);
    Serial.print(" humidity:");
    Serial.print(humi);
    Serial.println();
  }
  else
  {
    Serial.println();
    Serial.print("Error No :");
    Serial.print(err);
    Serial.println();
  }
  delay(DHT11_RETRY_DELAY); //delay for reread }
```

21.2.- Tomando un arreglo de programación entre el sensor de MQ-135 estando una vez calibrado y el sensor de temperatura obtenemos:

```
#include <DHT11.h>
int linha = 0;          // variavel que se refere as linhas do excel
int LABEL = 1;
int valor = 0;
const int sensorPin= A1;
int pin=2;
DHT11 dht11(pin);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,HORA,adc_MQ,Voltaje,Rs,alcohol,Temperatura,Humedad");
}
void loop() {

  char * dtostrf(
  double __val,
  signed char __width,
  unsigned char __prec,
  char * __s);

  int adc_MQ= analogRead(A0);//Lemos la salida analogica del MQ
  float voltaje = adc_MQ *(5.0/1023.0);//convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs=1000*((5-voltaje)/voltaje); // calculemos Rs con un RL de 1k
  double alcohol=0.4091*pow(Rs/5463,-1.497);// calculamos la concentracion de alcohol c
on la ecuacion optenida.
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial -----

  char buffer[30];
  char buf1[8];
  dtostrf(alcohol, 5, 3, buf1);
  sprintf(buffer,"%s", buf1);
float temp, hum;
  dht11.read(hum, temp);

  Serial.print("DATA,TIME,");
  Serial.print(adc_MQ);
  Serial.print(",");
  Serial.print(voltaje);
  Serial.print(",");
  Serial.print(buffer);
  Serial.print(",");
  Serial.print(alcohol);
  Serial.print(",");
  Serial.print(temp);
  Serial.print(",");
  Serial.print(hum);
  Serial.println(",");
  delay(10000);
}
```

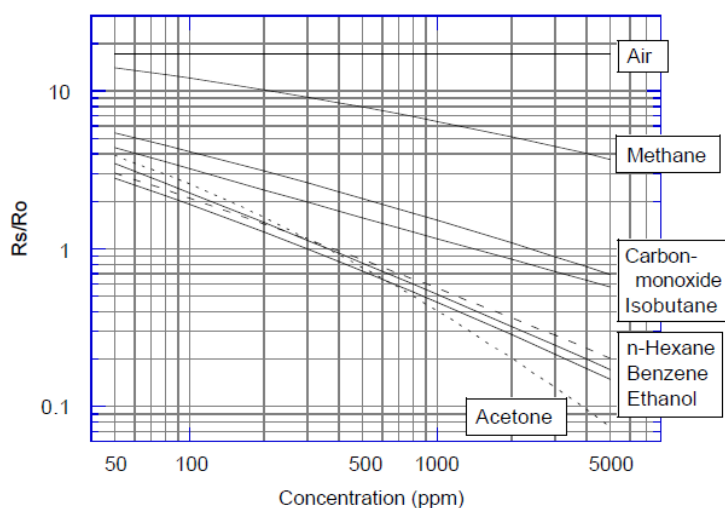
21.3.- Programación del sensor TGS 822:

Tomando en cuenta que trabaja con los mismos principios al sensor anterior mente calibrado y pues los gases se encuentran en un rango muy cercano, se aplicó el mismo principio. Utilizando como partida el datasheet así de esta manera ver el comportamiento que debería tener el gas en este caso para el tolueno y xileno como también a diferencia la resistencia a utilizar en el circuito ya que esta sería de 10K Ω .

La siguiente figura representa típico de sensibilidad características, todos los datos después de haber sido reunidos en condiciones de prueba estándar (véase reverso de esta hoja). El eje Y está indicado como relación de resistencia del sensor (R_s / R_o), que se definen como sigue:

R_s = resistencia del sensor de gases de mostradas a diversas concentraciones
 R_o = resistencia del sensor en etanol 300 ppm

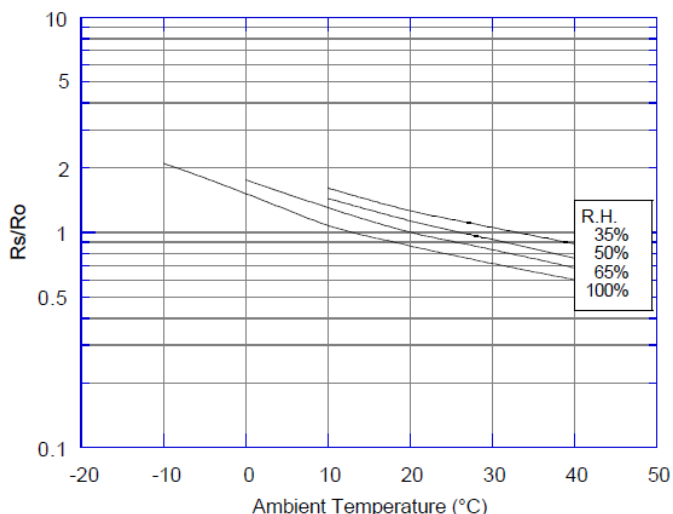
las características de sensibilidad:



La siguiente figura representa las características típicas de temperatura y dependencia de la humedad. Una vez más, el eje Y se indica como la relación de la resistencia del sensor (R_s / R_o), definido como sigue:

R_s = resistencia del sensor en 300 ppm de etanol a diversas temperaturas / humedades
 R_o = Sensor a 300 ppm de etanol a 20°C y 65% de HR

Temperatura / Humedad de Dependencia:



Características eléctricas:

ít.	Símbolo	Condición	Especificación
Resistencia del sensor	r_s	Etanol a 300 ppm / Aire	1k ~ 10k
Cambio de la relación de Resistencia del sensor	R / R_o	$\frac{R_s \text{ (etanol a 300 ppm / Aire)}}{R_s \text{ (etanol al 50 ppm / Aire)}}$	0,40 ± 0,1
La resistencia del calentador	RH	Temperatura ambiente	38,0 ± 3,0

Talba 8 información del fabricante para calibración del sensor TGS 822.

Potencia del calentador Consumo	PH	VH = 5.0V	660MW ± 55mW
------------------------------------	----	-----------	--------------

UBICACIÓN DE SENSORES

A la hora de situar nuestro sistema de detección en el entorno de operación, se deberá tener en cuenta la densidad de los gases para colocarlo de forma inteligente y que todos puedan ser detectados sin problemas en situaciones de alarma.

➤ **Gases más ligeros que el aire**

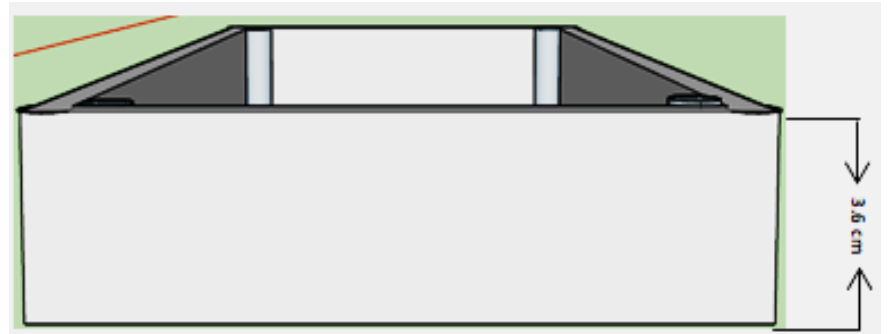
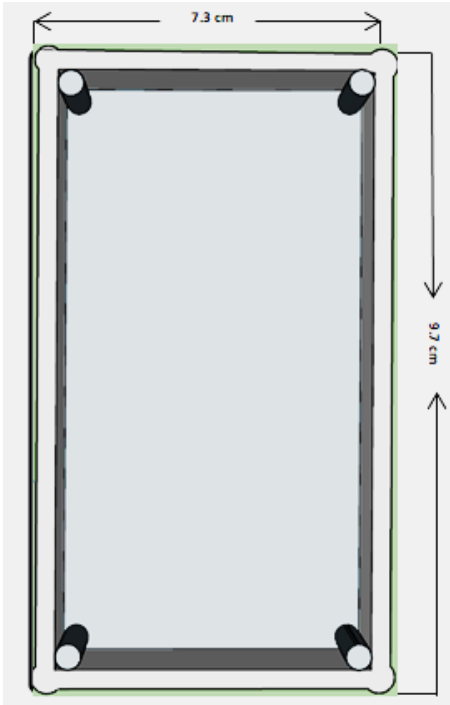
Estos gases subirán, por lo que sus detectores deberán encontrarse en zonas altas del ambiente de análisis.

➤ **Gases menos ligeros que el aire**

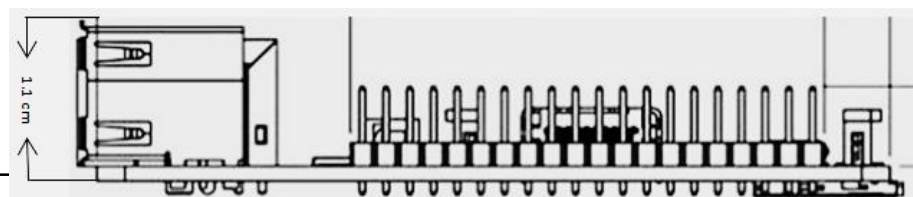
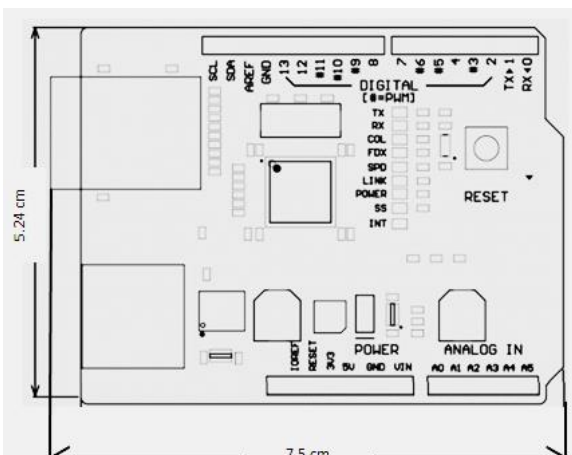
Estos gases descenderán, de modo que sus detectores deberán situarse en zonas bajas del lugar de trabajo.

PROPUESTA DE DISEÑO PARA PROTOTIPO

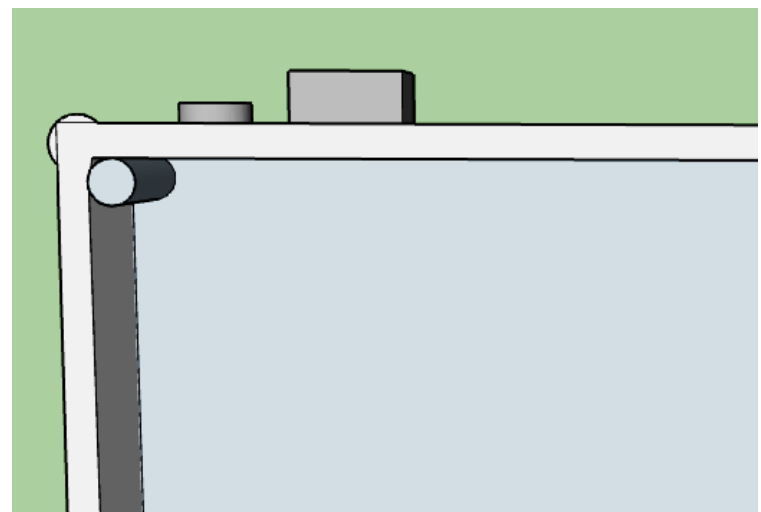
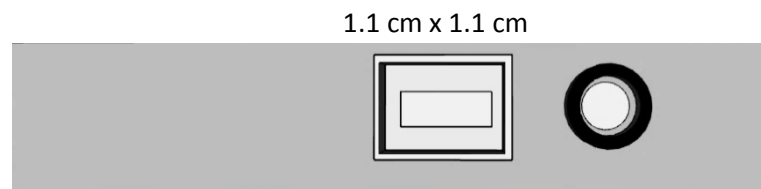
Medidas del gabinete:



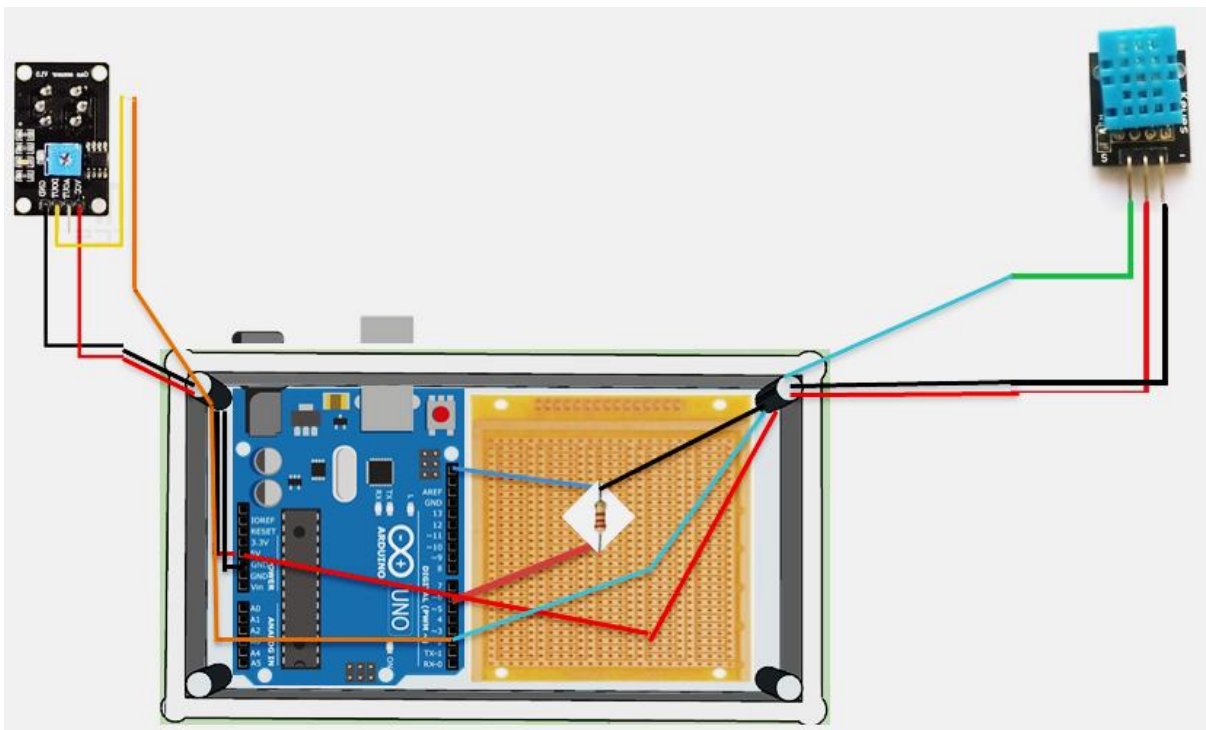
Medidas del arduino uno:



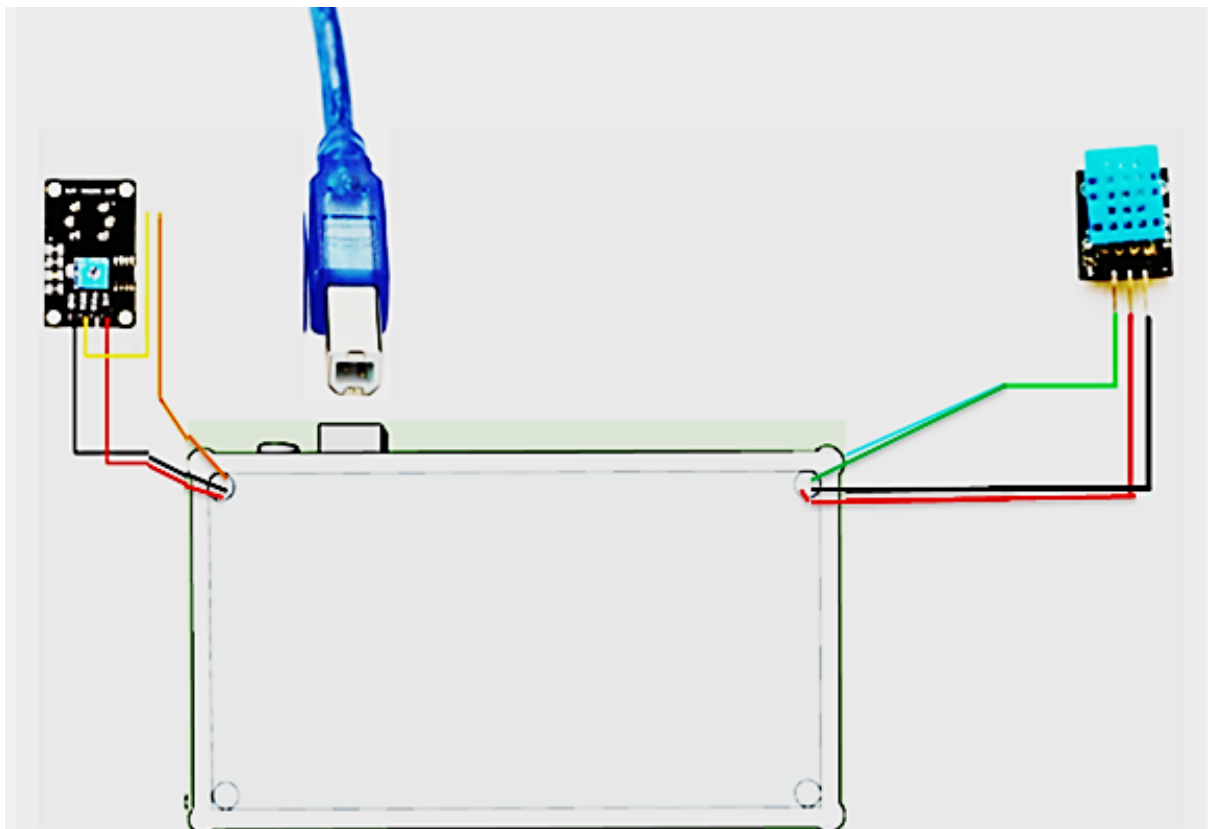
Introduciendo la placa para sensores y arduino uno:



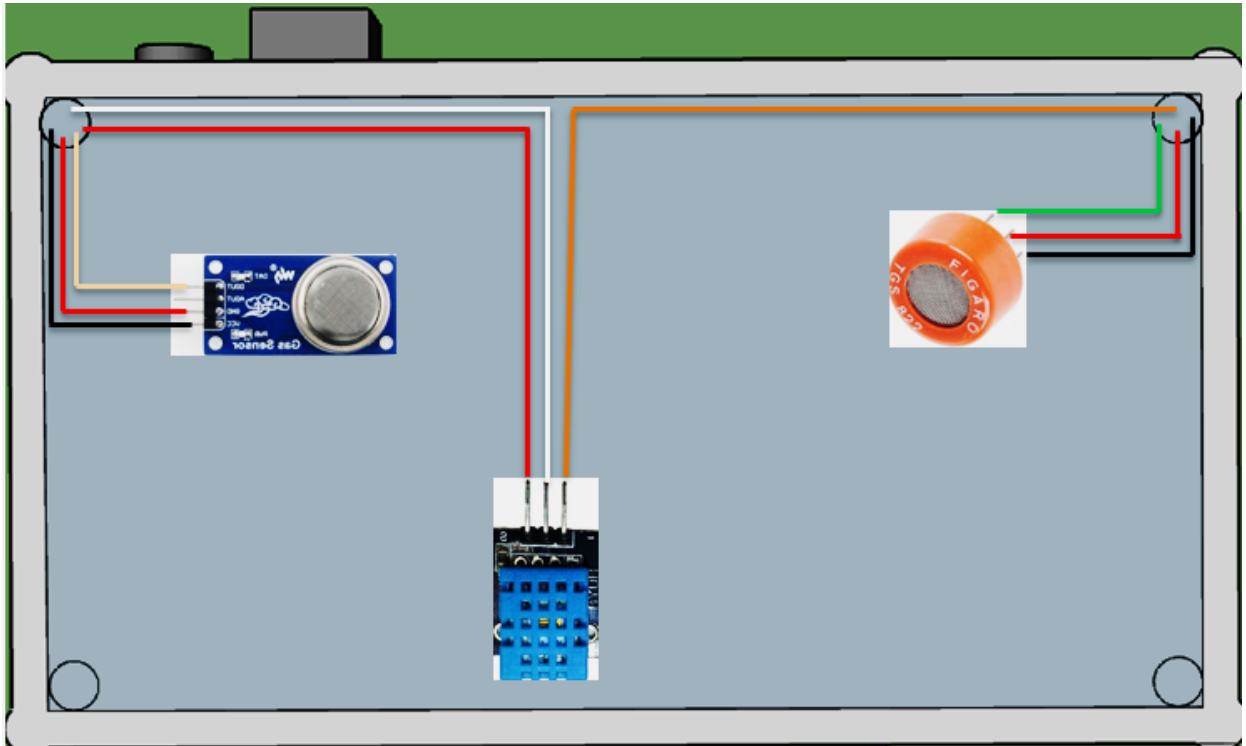
Conectando sensores:



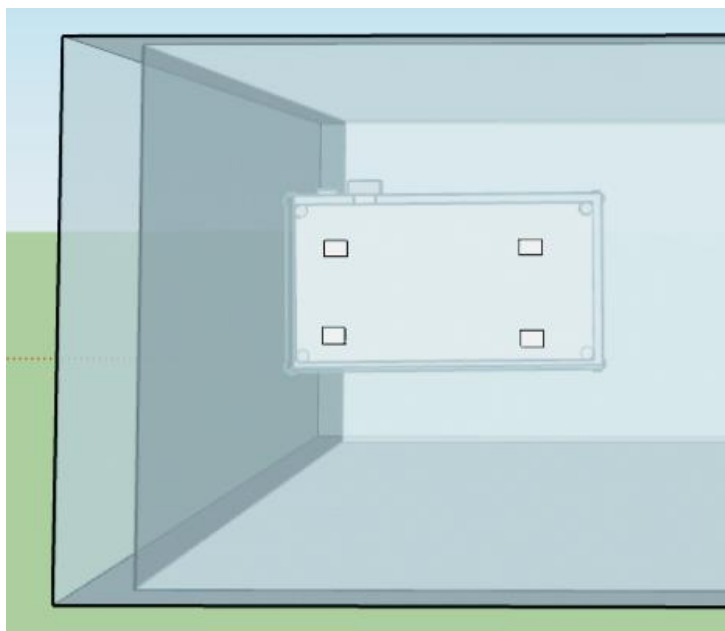
1.-



2.-



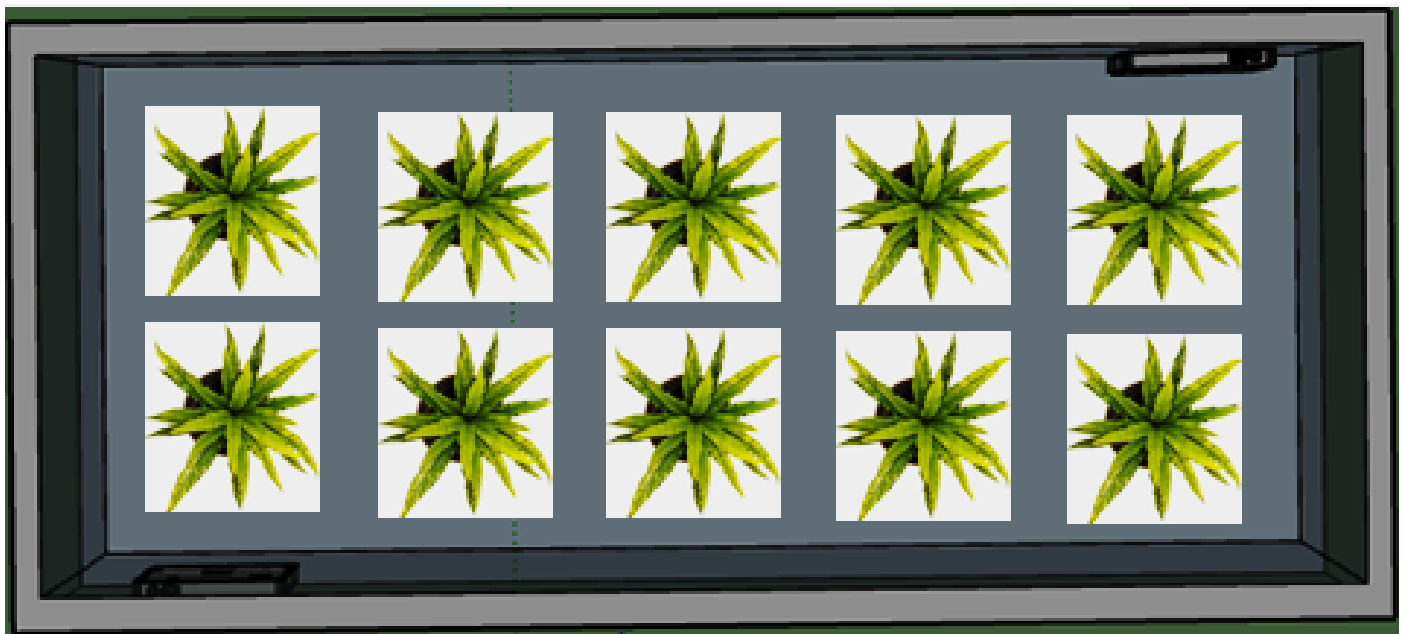
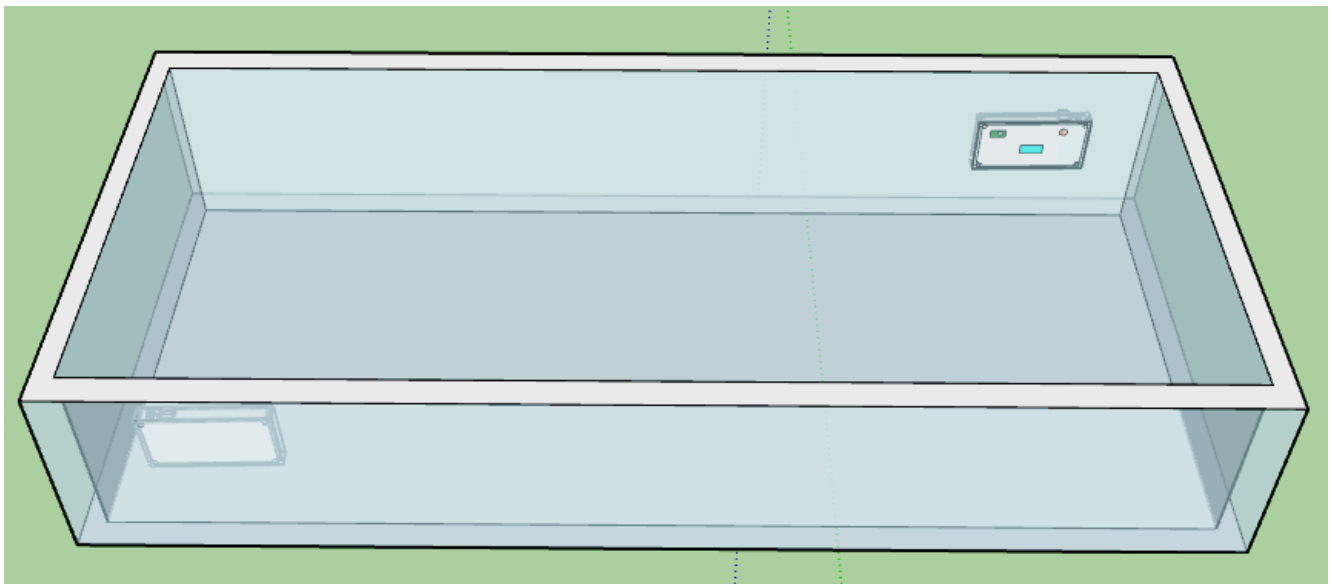
Adheribles:



- Cuadros Pre cortados de Espuma Doble Cara



Montado en la caja:



CONCLUSIÓN

- Se diseñó e implementó un subsistema transmisor que permite el monitoreo inalámbrico de los gases de Benceno (C_6H_6), Tolueno (C_7H_8) y Xileno (C_8H_{10}), cumpliendo con los requisitos establecidos en el presente proyecto.
- El diseño planteado para la base de datos fue el adecuado para obtener un sistema ordenado y escalable, brindando a futuros trabajos la posibilidad de adquirir información de varios equipos transmisores de manera simultánea.
- Debido a que el rango de variación de contaminación en las pruebas no se presentó cambios considerables, se implementó la gráfica de contaminación vs tiempo para representar adecuadamente la información adquirida, y se pueda visualizar los niveles máximos y mínimos de concentración de un determinado gas.
- Como puntos importantes podemos resaltar que la programación de cada sensor fue el óptimo con forme al objetivo planteado del proyecto para cada detección de los gases, ya que al momento de calibrarlos los resultados fueron los deseados con forme alas lecturas realizadas anterior mente en el cromatógrafo lo cual fue el punto de comparación.
- Como también la parte no cumplida, fue el no poder realizar pruebas en campo, ya que las pruebas fueron realizadas a nivel laboratorio, por lo cual desconocemos los datos que puedan detectar los estudios a un campo abierto o una área especificas a estudiar.

RECOMENDACIONES

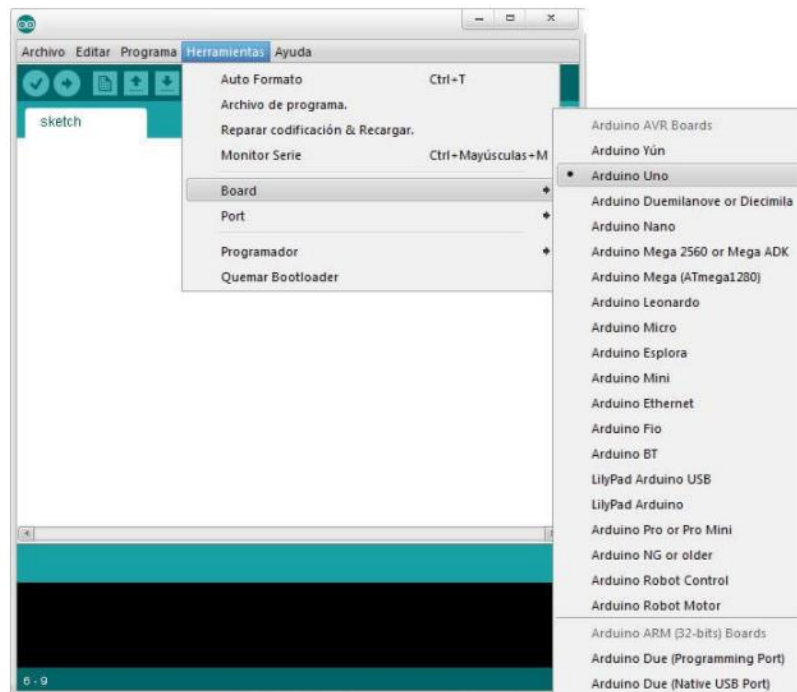
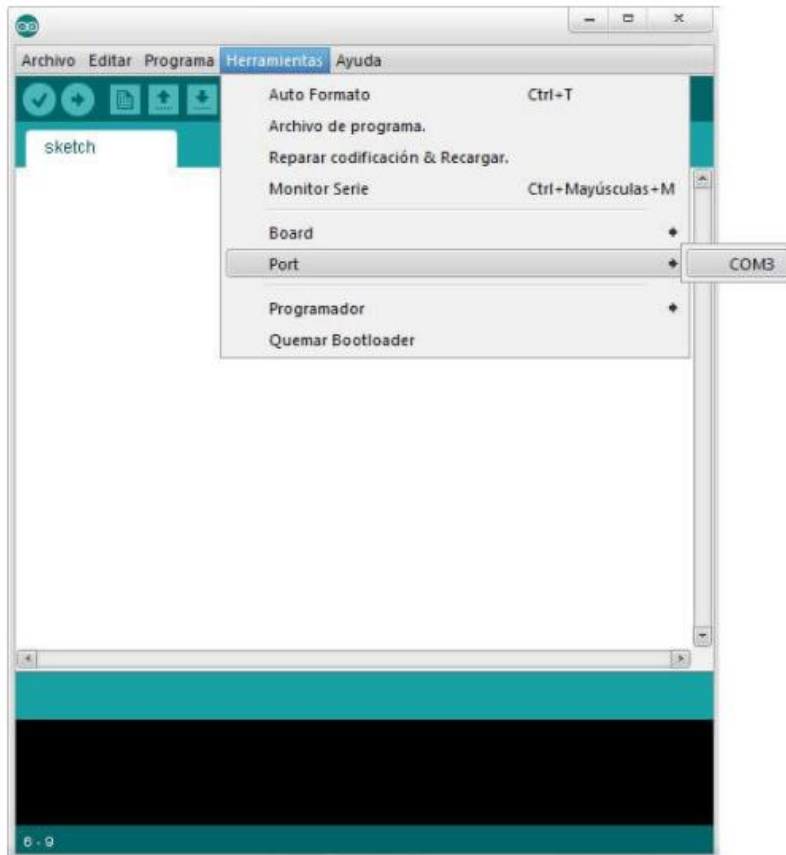
- Se recomienda utilizar un sistema de adquisición y distribución único para obtener la muestra de aire ambiente a ser procesada por los sensores de gases, manteniendo así un parámetro de medición equitativo.
- Se recomienda para futuros proyectos implementar un sistema de autonomía energética que evite una desconexión de los sensores de gases al suministro eléctrico al momento de trasladarlo de ambientes outdoor a indoor y viceversa.
- Para reducir los errores generados por variaciones de temperatura, se recomienda utilizar contenedores herméticos para los sensores de gases contaminantes, los cuales reduzcan el calentamiento por radiación solar.

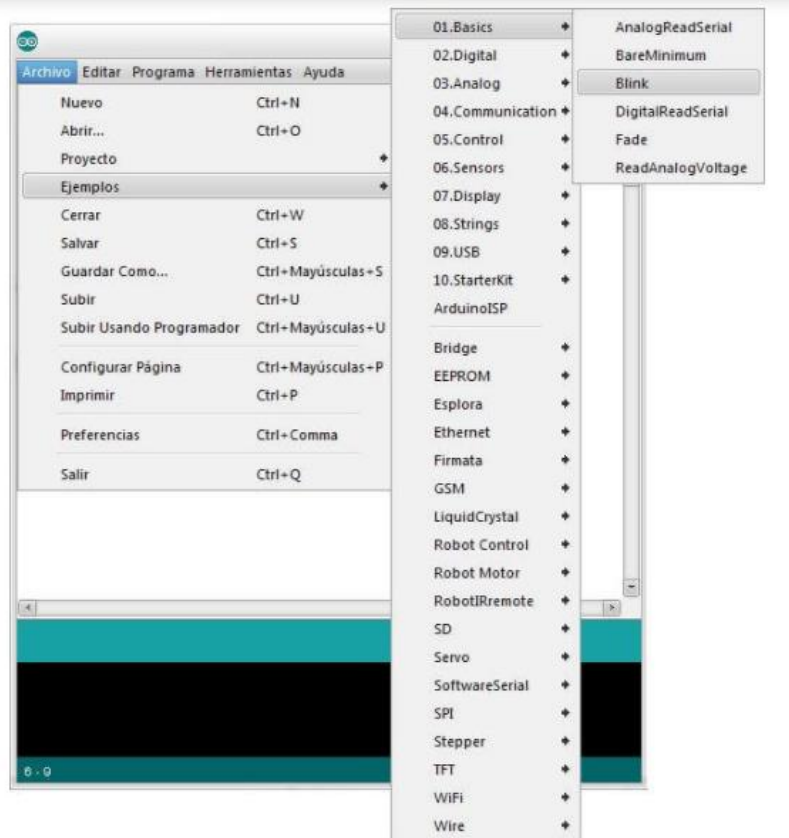
BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. C. Antognazzi, Nodo autónomo para la medida ambiental de gases volátiles organicos, temperatura y humedad, Catalunyaaa, 2008.
- [2] R. Pallás. "Sensores y acondicionadores de señal." Marcombo 1988.
- [3] Miguel A. Pérez García y otros, "Instrumentación Electrónica." International Thomson Editores Spain, Paraninfo, 2004.
- [4] Hernández, C. M. (2012). Un plan de gestión para la prevención y control de la contaminación del aire por BTX (Benceno, Tolueno, Xileno) en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Medellin, Colombia.
- [5] Juan Diego Arias Espinoza Viacheslav Sazhnikov, S. S. (2012). Flexible optical chemical sensor platform for BTX. . *ELSEVIER*.
- [6] <https://www.luisllamas.es/nuestro-primer-programa-en-arduino/>
- [7] http://www.naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html
- [8] <https://www.prometec.net/>

ANEXOS

22.1.- Anexo A. programación en arduino.





22.2.- Anexo B. Hoja de datos del sensor MQ-135

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

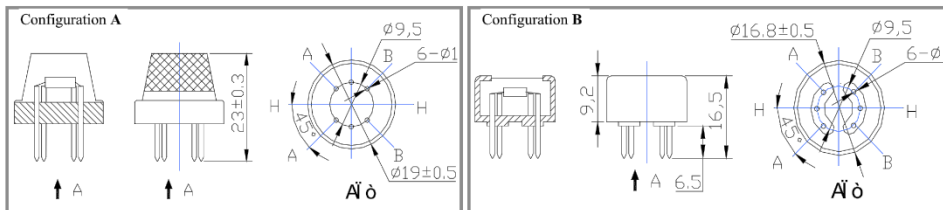
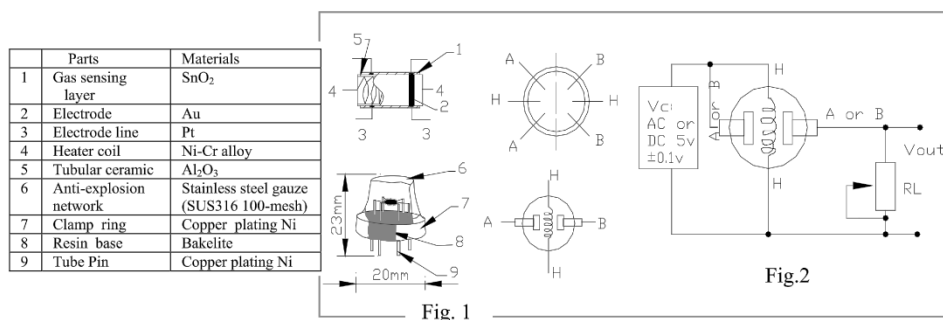
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10 -45	
T _{as}	Storage Tem	-20 -70	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20 ±2 V _c :5V±0.1 Humidity: 65%±5% V _H : 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

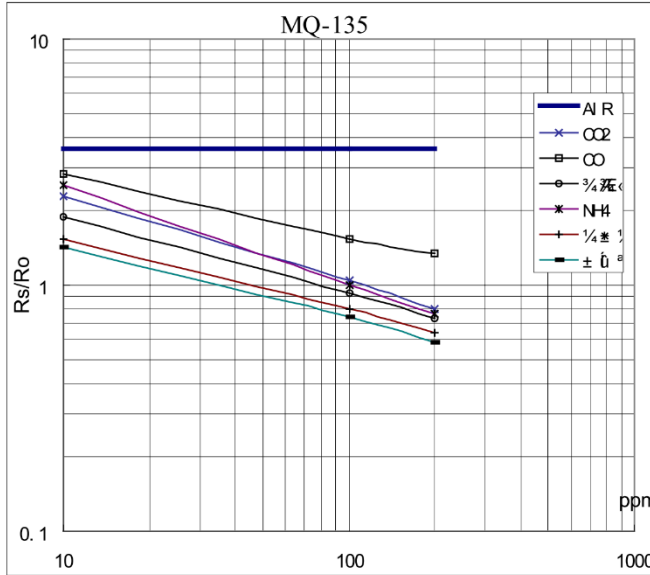


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 Humidity: 65% O₂ concentration 21% RL=20kΩ Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

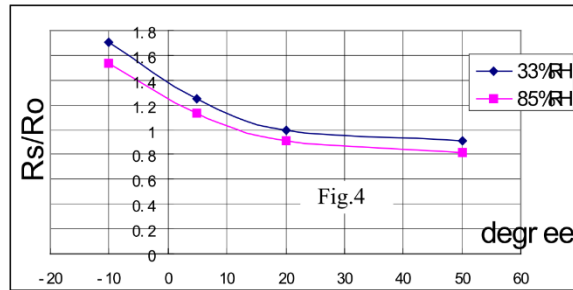
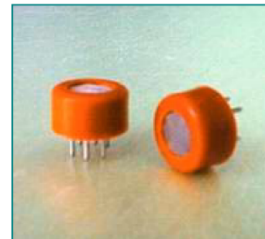


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. Rs: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So,When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



22.3.- Anexo C. Hoja de datos del sensor TGS-822

FIGARO

PRODUCT INFORMATION

TGS 822 - for the detection of Organic Solvent Vapors

Features:

- * High sensitivity to organic solvent vapors such as ethanol
- * High stability and reliability over a long period
- * Long life and low cost
- * Uses simple electrical circuit

Applications:

- * Breath alcohol detectors
- * Gas leak detectors/alarms
- * Solvent detectors for factories, dry cleaners, and semiconductor

The sensing element of Figaro gas sensors is a tin dioxide (SnO_2) semiconductor which has low conductivity in clean air. In the presence of a detectable gas, the sensor's conductivity increases depending on the gas concentration in the air. A simple electrical circuit can convert the change in conductivity to an output signal which corresponds to the gas concentration.

The TGS 822 has high sensitivity to the vapors of organic solvents as well as other volatile vapors. It also has sensitivity to a variety of combustible gases such as carbon monoxide, making it a good general purpose sensor. Also available with a ceramic base which is highly resistant to severe environments as high as 200°C (model# TGS 823).



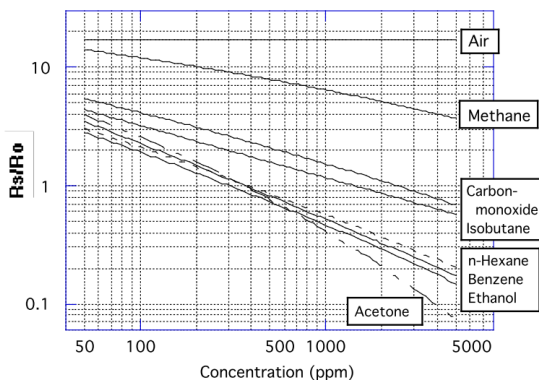
The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (R_s/R_o) which is defined as follows:

R_s = Sensor resistance of displayed gases at various concentrations
 R_o = Sensor resistance in 300ppm ethanol

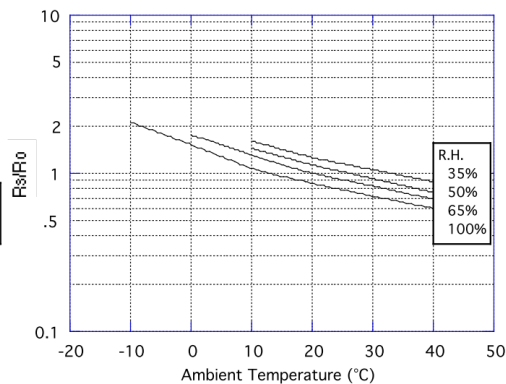
The figure below represents typical temperature and humidity dependency characteristics. Again, the Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (R_s/R_o), defined as follows:

R_s = Sensor resistance at 300ppm of ethanol at various temperatures/humidities
 R_o = Sensor resistance at 300ppm of ethanol at 20°C and 65% R.H.

Sensitivity Characteristics:

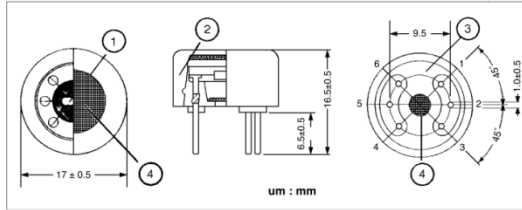


Temperature/Humidity Dependency:



IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

Structure and Dimensions:



- ① Sensing Element:
SnO₂ is sintered to form a thick film on the surface of an alumina ceramic tube which contains an internal heater.
- ② Cap:
Nylon 66
- ③ Sensor Base:
Nylon 66
- ④ Flame Arrestor:
100 mesh SUS 316 double gauze

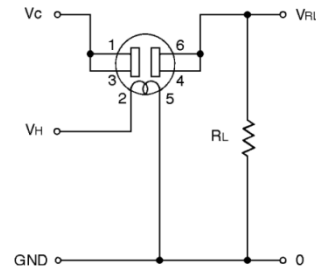
Pin Connection and Basic Measuring Circuit:

The numbers shown around the sensor symbol in the circuit diagram at the right correspond with the pin numbers shown in the sensor's structure drawing (above). When the sensor is connected as shown in the basic circuit, output across the Load Resistor (V_{RL}) increases as the sensor's resistance (R_s) decreases, depending on gas concentration.

Standard Circuit Conditions:

Item	Symbol	Rated Values	Remarks
Heater Voltage	V _H	5.0±0.2V	AC or DC
Circuit Voltage	V _c	Max. 24V	DC only P _s ≤15mW
Load Resistance	R _L	Variable	0.45kΩ min.

Basic Measuring Circuit:



Electrical Characteristics:

Item	Symbol	Condition	Specification
Sensor Resistance	R _s	Ethanol at 300ppm/air	1kΩ ~ 10kΩ
Change Ratio of Sensor Resistance	R _s /R _o	R _s (Ethanol at 300ppm/air) R _s (Ethanol at 50ppm/air)	0.40 ± 0.10
Heater Resistance	R _H	Room temperature	38.0 ± 3.0Ω
Heater Power Consumption	P _H	V _H =5.0V	660mW (typical)

Standard Test Conditions:

TGS 822 complies with the above electrical characteristics when the sensor is tested in standard conditions as specified below:

- Test Gas Conditions: 20°±2°C, 65±5%R.H.
- Circuit Conditions: V_c = 10.0±0.1V (AC or DC),
V_H = 5.0±0.05V (AC or DC),
R_L = 10.0kΩ±1%
- Preheating period before testing: More than 7 days

Sensor Resistance (R_s) is calculated by the following formula:

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

Power dissipation across sensor electrodes (P_s) is calculated by the following formula:

$$P_s = \frac{V_c^2 \times R_s}{(R_s + R_L)^2}$$

FIGARO USA, INC.
121 S. Wilke Rd. Suite 300
Arlington Heights, IL 60005
Phone: (847)-832-1701
Fax: (847)-832-1705
email: figarousa@figarosensor.com

For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of Figaro USA Inc.

REV: 09/02