



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**

---

**Diseño de una nariz electrónica para el control de  
calidad de frutas y alimentos**

**Universidad Politécnica de Valencia  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
del Diseño**

**Valencia, Curso 2019/2020**

TRABAJO FINAL DEL

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

REALIZADO POR

**Jose Luis Peñarrubia Gil**

TUTORIZADO POR

**Nicolás Laguarda Miró**



## Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado titulado "*Diseño de una nariz electrónica para el control de calidad de frutas y alimentos*" tiene como meta la creación de un sistema para la detección de aromas emitidos por frutas y alimentos.

El sistema está formado por una matriz de sensores de gas MQ junto con un sensor de humedad y temperatura DHT11. Esta matriz está alimentada por una fuente de alimentación *Mean Well* de 5 V y se conecta a un microcontrolador *Arduino* que se encargará de enviar los datos al ordenador para su posterior tratamiento en Excel donde se podrán ver las concentraciones de los distintos gases a detectar.

Palabras clave: nariz electrónica, matriz de sensores, MQ, microcontrolador Arduino, frutas.

## **Abstract**

The following final undergraduate project called "*Diseño de una nariz electronica para el control de calidad de frutas y alimentos*" has as an objective the design of a system that will be able to detect the smell emitted by fruits and food in general.

The system is formed by a MQ gas sensor matrix and a temperature and humidity sensor DHT11. This matrix is powered by a *Mean Well* 5 V power system and connected to an *Arduino* microcontroller which will send the data to the computer where it will be treated by *Microsoft Excel*.

Keywords: electronic nose, sensor matrix, MQ, Arduino microcontroller, fruits.

## Resum

El present Treball de Fi de Grau titulat "Disseny d'un nas electrònic per al control de qualitat de fruites i aliments" té com a meta la creació d'un sistema per a la detecció d'aromes emeses per fruites i aliments.

El sistema està format per una matriu de sensors de gas MQ juntament amb un sensor d'humitat i temperatura DHT11. Està matriu està alimentada per una font d'alimentació Mean Well de 5 V i es connecta a un microcontrolador Arduino que s'encarregarà d'enviar les dades a l'ordinador per al seu posterior tractament en Excel on es podran veure les concentracions dels diferents gasos a detectar.

Paraules clau: nas electrònic, matriu de sensors, MQ, microcontrolador Arduino, fruites.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Nicolás Laguarda Miró, por su implicación y ayuda para la realización de este trabajo a pesar de la inusual época que nos ha tocado pasar.

En segundo lugar, a mi familia, por el continuo apoyo mostrado durante estos 4 años.

Por último, a todas aquellas personas que han aparecido durante estos 4 años, y que han hecho este camino algo más fácil y cómodo.

# ÍNDICE GENERAL

1. Memoria descriptiva .....	8
2. Pliego de condiciones .....	71
3. Presupuesto.....	77
4. Planos.....	84

# CAPÍTULO 1:

## MEMORIA DESCRIPTIVA



# ÍNDICE CAPÍTULO 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Objeto.....	12
2. Justificación del proyecto.....	12
3. Conceptos teóricos.....	13
3.1. Nariz electrónica.....	13
3.2. Microcontrolador .....	14
3.3. Lenguajes de programación .....	15
4. Gases en alimentos .....	16
4.1. Temperatura ambiente .....	16
4.2. Temperaturas bajas.....	17
4.3. Gases a reconocer por la nariz electrónica .....	17
5. Requerimientos del proyecto.....	17
5.1. Especificaciones del encargo.....	17
5.2. Normativa.....	17
6. Proceso proyectual.....	18
6.1. Estructura del proyecto.....	18
6.2. Alimentación .....	18
6.3. Matriz de sensores .....	19
6.4. Microcontrolador .....	24
7. Descripción detallada de la solución adoptada.....	26
7.1. Matriz de sensores .....	26
7.2. Arduino.....	29
7.3. Estructura final del proyecto.....	34
8. Bibliografía .....	35
9. Conclusión y propuestas de mejora .....	36
10. Anexo.....	37
10.1. Código.....	37
10.2. Hojas de datos .....	39

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – La nariz electrónica y el sistema olfativo humano (Pinheiro et al, 2002).....	13
Figura 2 – Estructura de un microcontrolador .....	14
Figura 3 – Tabla de características de los modelos de <i>Arduino</i> .....	15
Figura 4 – Estructura de la nariz electrónica.....	18
Figura 5 – Fuente de alimentación <i>Mean Well</i> RS-15-5.....	19
Figura 6 – Estructura de un sensor electroquímico (Jose Antonio Llano Diaz, 2012) .....	20
Figura 7 – Tabla comparativa de sensores MQ.....	21
Figura 8 – Estructura de un sensor catalítico (Jose Antonio Llano Diaz, 2012).....	22
Figura 9 – Estructura de un sensor infrarrojo (Jose Antonio Llano Diaz, 2012).....	22
Figura 10 – Estructura del sensor DHT11 (Luis del Valle Hernández, 2019).....	24
Figura 11 – Estructura del microcontrolador <i>Arduino</i> Nano ( <i>Arduino</i> , <a href="https://store.arduino.cc/arduino-nano">store.arduino.cc/arduino-nano</a> ).....	25
Figura 12- Tabla de datos de los sensores MQ.....	26
Figura 13- Gases detectados por los sensores MQ.....	27
Figura 14- Gases detectados por el sistema final.....	27
Figura 15- Intensidad máxima de los sensores MQ.....	28
Figura 16- Control PLX-DAQ.....	31
Figura 17- Datos obtenidos en una medición.....	31
Figura 18- Datos de concentración del sensor MQ en una aplicación real.....	32
Figura 19- Flujograma <i>Arduino</i> .....	33
Figura 20 – Estructura final del sistema.....	34

## 1. Objeto

El objeto de este proyecto es diseñar un sistema electrónico mediante una matriz de sensores y el microcontrolador Arduino, para ser empleado como una nariz electrónica de laboratorio funcional.

Primero, se prepara la adquisición de datos por parte de la matriz de sensores y el microcontrolador. El microcontrolador servirá como puente entre la matriz de sensores y el ordenador.

## 2. Justificación del proyecto

Este proyecto se trata de un Trabajo de Fin de Grado, cuyo objetivo es su realización para la obtención del título del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Universidad Politécnica de Valencia.

Surge a partir de una propuesta del profesor y tutor, que encarga al alumno el diseño de una nariz electrónica, con las condiciones de que sea fácil de implementar, económica y sostenible.

### 3. Conceptos teóricos

#### 3.1. Nariz electrónica

El aroma de los alimentos ha sido analizado mediante técnicas de análisis sensorial o técnicas cromatográficas. El problema de estas técnicas es su falta de rapidez analítica, imprescindible en control de calidad. La nariz electrónica, procesa la fracción volátil del alimento igual que la nariz humana, permitiendo clasificar los diversos alimentos respecto a su aroma, sin determinar la composición de dicho aroma.

En 1999, Gardner y Barlett definieron el concepto de nariz electrónica como “Instrumento que comprende una agrupación de sensores químicos con sensibilidades parcialmente solapadas junto a un sistema de reconocimiento de patrones, capaz de analizar y reconocer aromas simples o complejos”.

El origen de la nariz se da en los años 60 con un dispositivo nombrado Sniffer por parte de la compañía Bacharac Inc. Consistía en un solo sensor de gas y por lo tanto no se consideraba una nariz electrónica.

En los años 80, surgieron dos grupos de investigadores. El primero, de la Universidad de Warwick en Gran Bretaña, centró sus investigaciones en comprender los procesos del olfato biológico. En cambio el otro grupo centró sus estudios en un aparato para detectar, identificar y medir sustancias químicas.

En Japón se comenzó a investigar la frescura del pescado con matrices de sensores MOX (sensores semiconductores de óxido metálico).

El objetivo inicial de las narices electrónicas era reemplazar a los paneles de expertos en la clasificación de aromas, debido a su coste, su difícil transporte y su subjetividad. Sin embargo, actualmente las narices electrónicas son usadas para detección de olores además de la clasificación de aromas.

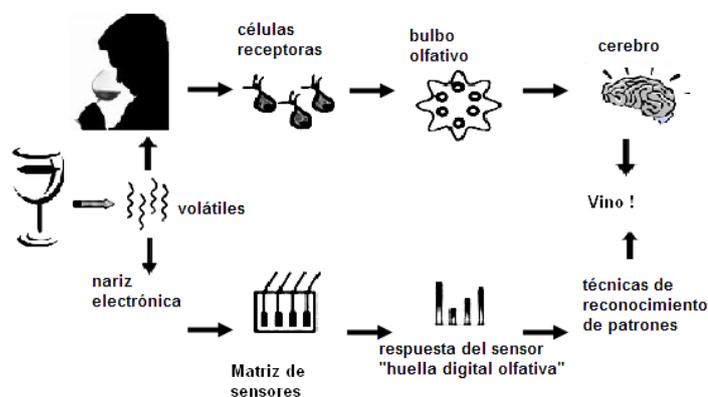


Figura 1 – La nariz electrónica y el sistema olfativo humano (Pinheiro et al, 2002)

### 3.2. Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado cuyo interior está formado por una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), periféricos y puertos de entrada/salida. Para realizar alguna tarea, el microcontrolador necesita un programa, almacenado en la memoria ROM, sin el programa, el microcontrolador no tiene utilidad.

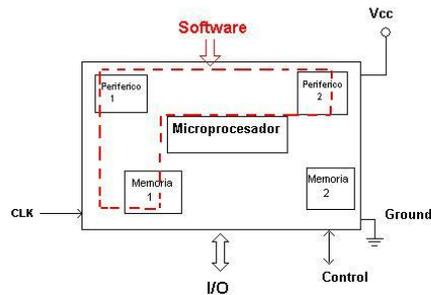


Figura 2 – Estructura de un microcontrolador

En 1974, *Texas Instrument* creó el primer microcontrolador llamado “*TMS 1000*”, destinado a los sistemas embebidos. Combinaba ROM, RAM, reloj y microprocesador en un solo chip.

En 1977, Intel desarrolló el *Intel 8048*, que combinaba RAM y ROM en el mismo chip. Su aplicación fue, desde consolas de videojuegos hasta como microcontrolador interno del teclado original del *IBM PC*.

Los microcontroladores de entonces se dividían en dos variantes. Los primeros tenían una memoria EPROM reprogramable, a diferencia de los segundos, con una memoria PROM que solo se podía programar una vez.

En 1993, se lanza la EEPROM, la cual podía ser borrada eléctrica y rápidamente, mientras que la EPROM necesitaba ser expuesta a luz ultravioleta. *Atmel* lanzó en este mismo año un microcontrolador que utilizaba memoria flash, sirviendo de precedente para modelos de otras compañías.

En la actualidad los microcontroladores son fáciles de encontrar y baratos. Uno de los más utilizados es *Arduino*.

Su origen proviene de Italia en el año 2005, donde en el Instituto IVREA, un alumno realizó un proyecto de tesis con el objetivo de crear herramientas simples y de coste bajo para creación de proyectos digitales. El proyecto se componía de una placa de circuito impreso con un microcontrolador y una biblioteca de funciones.

En la actualidad, *Arduino* es una compañía de desarrollo de hardware y software libres, y también que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware.

Algunas de las placas más utilizadas son las siguientes:

- **Arduino UNO.** Es la placa más utilizada, y por lo tanto la que más documentación e información reúne.
- **Arduino Micro.** Se basa en *ATmega32u4* y es uno de los modelos más compactos.
- **Arduino Mega 2560.** Su microcontrolador es el más potente de todos los utilizados por Arduino. Es ideal para proyectos de robótica o para la construcción de impresoras 3D gracias a su tamaño, y sus entradas y salidas.
- **Arduino Mini.** Se basa en el microcontrolador *ATmega328P*. Se usa en instalaciones donde se necesita la potencia de *Arduino UNO*, con menos tamaño.
- **Arduino Nano.** Es la versión reducida de Arduino UNO, minimizando su consumo de energía y el tamaño que ocupa. Se basa en *ATmega328* con una frecuencia de 16 MHz.

<u>Arduino</u>	<u>Microcontrolador</u>	<u>Bits</u>	<u>Pines E/S</u>	<u>Pines analógicos</u>	<u>Memoria flash</u>	<u>EEPROM</u>	<u>SRAM</u>
<b>UNO</b>	ATmega328	8	14	6	32 KB	1 KB	2 KB
<b>Micro</b>	ATmega32u4	8	20	12	32 KB	1 KB	2.5 KB
<b>Mega</b>	ATmega2560	8	54	16	256 KB	4 KB	8 KB
<b>Mini</b>	ATmega328P	8	14	8	32 KB	1 KB	2 KB
<b>Nano</b>	ATmega328	8	22	8	32 KB	1 KB	2KB

Figura 3 – Tabla de características de los modelos de Arduino

### 3.3. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal, cuyo objetivo es definir instrucciones o secuencias de órdenes, para controlar una computadora. El conjunto de órdenes se define como programa.

*Arduino* utiliza un lenguaje similar a *C++*. El gran éxito de *Arduino* se debe a su capacidad para programar un microcontrolador con unas herramientas sencillas y específicas proporcionadas por la placa. Su lenguaje está basado en

Processing, el cual es un lenguaje que proviene de *Java*. Processing es muy útil a la hora de almacenar y enseñar datos de *Arduino* en un ordenador.

*Java* es un lenguaje de programación que deriva de *C* y *C++*, pero con menos utilidades de bajo nivel.

*Java* fue desarrollado en 1991 por Sun Microsystems. Inicialmente se nombró al lenguaje como Oak, luego se renombró como Green, y finalmente recibió su nombre actual, *Java*.

El objetivo del desarrollador, James Gosling, era la creación de un lenguaje parecido a *C++* con máquina virtual. Era un lenguaje ligero y gratuito, cuyas aplicaciones podían ser ejecutadas en la gran mayoría de plataformas.

En la actualidad han aparecido multitud de lenguajes de programación basados en *Java*, como es el caso de *Processing*. *Processing* tiene como objetivo el de ser la herramienta para la enseñanza de las bases de la programación, a diseñadores visuales o miembros de otras comunidades. El lenguaje se caracteriza por una sintaxis simplificada y un modelo de programación de gráficos.

## 4. Gases en alimentos

### 4.1. Temperatura ambiente

Dentro de los gases de origen natural producido por frutas y verduras a temperatura ambiente se encuentra el etileno. Este gas, considerado como la hormona de envejecimiento de las plantas, es el responsable de su proceso de crecimiento y maduración. Entre sus efectos positivos podemos encontrar su actuación en la textura de la fruta, ya que la ablanda, provocando que sea comestible y más sabrosa. El problema viene en el momento que las frutas alcanzan su nivel máximo de madurez, comenzando entonces un proceso de putrefacción y envejecimiento.

El etileno es producido por la fruta durante su periodo de maduración, por lo tanto no todas las frutas serán productoras de etileno. Las frutas no climatéricas son aquellas frutas cuyo proceso de maduración se mantiene todo el tiempo que la fruta se encuentre en la planta. Una vez son recolectadas dejan de producir etileno. Algunos ejemplos de frutas no climatéricas son la naranja, la mandarina, la piña y el limón. El problema del etileno radica en que si se juntan frutas climatéricas con no climatéricas, la emisión de etileno afectará de la misma manera a ambas.

## 4.2. Temperaturas bajas

En algunos casos como en el zumo de naranja, se ha demostrado que para el almacenaje del zumo es preferible que sea congelado para reducir su volumen y eliminar algunos microorganismos. En este proceso se genera un impacto en el aroma y el sabor del zumo. En 1996, Steffen y Pawliszyn propusieron un método mediante el cual extrajeron 17 compuestos volátiles del zumo de naranja. Algunos de los gases fueron el etanol, el limoneno y metanol.

El limoneno es una sustancia extraída a partir del aceite de las cáscaras de los cítricos y es la fuente del aroma característico de los mismos. Pertenece al grupo de los terpenos y es normalmente utilizado en alimentos, medicamentos o cosméticos.

## 4.3. Gases a reconocer por la nariz electrónica

En general, todas las frutas y hortalizas producen compuestos volátiles a temperatura ambiente. Estos compuestos son los que definen el aroma de frutas y hortalizas.

Los compuestos volátiles más influyentes en los alimentos son alcoholes, compuestos de butano, terpenoides y derivados del benceno entre otros muchos.

En el proyecto que implementaremos utilizaremos detectores de gases de butano, alcohol y derivados ya que son los más comunes, fáciles de encontrar y económicos.

## 5. Requerimientos del proyecto

Para la realización del proyecto, se necesitará tener en cuenta una serie de factores que condicionarán el resultado final. Dichos factores pueden ser técnicos, de gestión o económicos.

### 5.1. Especificaciones del encargo

Lo primero que se debe cumplir son los requisitos del cliente:

- El sistema debe ser lo más **sencillo y económico** posible.
- La matriz de sensores debe estar compuesta por el **máximo de sensores posibles**, los cuales deben de ser redundantes. Esto se traduce en una mayor sensibilidad y fiabilidad por parte de la nariz electrónica.
- Si los sensores de gases lo indican, se implementará en el proyecto **sensores de humedad y temperatura**.
- Se deben analizar los **costes de producción**.

### 5.2. Normativa

El proyecto debe cumplir las normas UNE proporcionadas por la *Asociación Española de Normalización y Certificación*. Al ser un dispositivo que trabaja con pequeñas tensiones de seguridad no es necesario tener en cuenta demasiadas reglas. Las normas que seguirá el proyecto son:

- **UNE 20531:1979**  
Define las series de valores normales para resistencias y condensadores.
- **ITC 43**  
Referido a la instalación de receptores y sus prescripciones generales.

## 6. Proceso proyectual

### 6.1. Estructura del proyecto

En este apartado se divide el proyecto en subsistemas, que todos juntos formarán el sistema de olfato electrónico. El sistema olfativo biológico se compone por la nariz y el cerebro. El olfato electrónico trata de imitar la estructura del sistema olfativo humano. Los dos tienen en común sus receptores no específicos (células y sensores), junto con el sistema que procesa las señales. Por lo tanto el proyecto se dividirá en cuatro subsistemas:

- **Alimentación:** Se encarga de proveer la potencia necesaria para el funcionamiento de la matriz de sensores.
- **Matriz de sensores:** Está formado por los sensores de gases, que crearán una huella olfativa, que a su vez permitirá formar una base de datos para identificar olores con técnicas de reconocimiento de patrones.
- **Microcontrolador:** Su función es recibir la huella olfativa de los sensores, procesarla y enviarla al ordenador.
- **Ordenador:** Lee los datos enviados por el microcontrolador y permitirá la visualización de dichos datos para su posible reconocimiento.

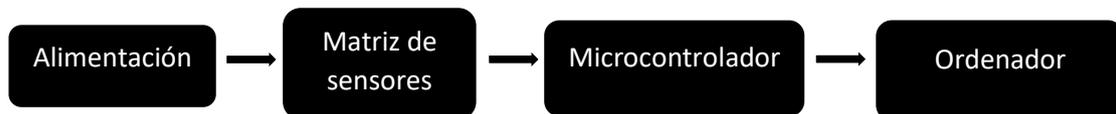


Figura 4 – Estructura de la nariz electrónica

### 6.2. Alimentación

La fuente de alimentación provee la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento de la matriz de sensores. La fuente de alimentación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Su salida de tensión debe ser de 5 Vdc, ya que es la más empleada por parte de los sensores MQ.
- La tensión proporcionada debe ser estable y sin oscilaciones para conseguir la lectura más precisa posible.
- Su coste debe ser bajo.
- Su tamaño debe ir acorde con el tamaño de la nariz electrónica, por lo tanto debe ser pequeña.

La fuente de alimentación escogida es RS-15-5 de la marca *Mean Well* cuyas características son:

- Tensión de salida: 5 VDC
- Corriente máxima de salida: 3 A
- Potencia de salida: 15 W



Figura 5 – Fuente de alimentación *Mean Well* RS-15-5

### 6.3. Matriz de sensores

Una matriz de sensores está formada por diferentes sensores que se construyen con distintos tipos de materiales químicos y biológicos que se caracterizan por su sensibilidad al olor. Cada aroma genera una huella electrónica que a su vez forma una base de datos para su posterior reconocimiento con técnicas de reconocimiento de patrones. (Iveth Moreno, 2016).

#### 6.3.1. Funcionamiento de los sensores de gas

Un sensor de gas es un dispositivo que detecta la presencia o concentración de gases en la atmósfera. Basándose en la concentración de gas, el sensor produce una respuesta cambiando la resistencia del material interno del sensor, que puede ser medida como voltaje de salida. A través de este voltaje se puede saber el tipo y la concentración del gas.

El tipo de gas que el sensor puede detectar depende de el material sensor, que se encuentra dentro del sensor.

#### 6.3.2. Número de sensores

La matriz debe de formarse por la mayor cantidad de sensores posibles. Esto dará lugar a un mayor rango de gases para su detección, y también a que el sistema sea más preciso y fiable.

En este proyecto se usarán 8 sensores diferentes, elegidos por su coste y potencia. También se añadirá un sensor de temperatura y un sensor de humedad para ver el nivel de influencia que ejercen estas magnitudes sobre cada una de las medidas realizadas por los sensores de olor.

### 6.3.3. Sensores de gas

Los sensores de gas son instrumentos que detectan la presencia de un gas específico, pudiendo incluso, en sus versiones más precisas, detectar la concentración de dicho gas.

Hay muchos tipos de sensores de gas. Se dividen dependiendo del tipo de gas que detectan, siendo estos tóxicos o combustibles.

Dentro de los sensores de gases tóxicos aparecen dos tipos:

#### Sensores electroquímicos

Funcionan a través de señales de electrodos cuando detectan un gas. Generalmente, este tipo de sensores son muy sensibles. En su estructura un detector electroquímico intercala un conductor iónico entre un electrodo sensor y un electrodo auxiliar. Cuando un gas como el monóxido de carbono entra en contacto con el electrodo sensor, el gas oxida a través de una reacción química con las moléculas de agua en el aire. En esta reacción, los protones de hidrógeno fluyen por el conductor iónico mientras que los electrones fluyen por un camino conductor. Esta corriente es medida para determinar el nivel de gas tóxico presente.

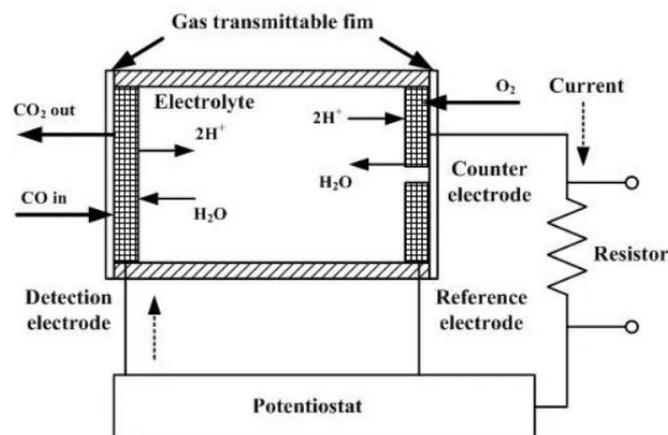


Figura 6 – Estructura de un sensor electroquímico (Jose Antonio Llano Diaz, 2012)

#### Sensores semiconductores (Estructura MOS)

Trabajan con una capa sensible al gas compuesta de óxidos de estaño o tungsteno. Llevada a una alta temperatura, la capa produce electrones libres que fluyen a través

del material, generando corriente. En presencia de aire, estos electrones combinan con oxígeno en la atmósfera, limitando el número de electrones libres disponibles que fluyen a través del material de detección. Como el aire es desplazado por otro gas como el monóxido de carbono, menos moléculas de oxígeno combinan con los electrones, permitiendo más flujo de electrones a través del material de detección. Cuanto menos moléculas de oxígeno hayan disponibles, mayor será el flujo de corriente. La resistencia del sensor correlaciona con la cantidad de gas reductor en la atmósfera.

Generalmente, los sensores semiconductores son considerados eficientes dada su capacidad para operar en rangos con baja humedad, al contrario que los sensores electroquímicos que requieren humedad en su utilización. Además son capaces de detectar una gran variedad de gases, incluyendo combustibles.

Dentro de este tipo de sensores se encuentran los detectores MQ, que se encuentran disponibles en diferentes series de dispositivos donde cada uno detecta uno o varios gases específicos.

<b>Modelo</b>	<b>Sustancia detectada</b>
MQ-2	Metano, butano, humo
MQ-3	Etanol
MQ-4	Metano
MQ-5	Gas natural
MQ-6	Butano
MQ-7	Monóxido de carbono
MQ-8	Hidrógeno
MQ-135	Benceno, alcohol, humo y calidad del aire (CO2)

Figura 7 – Tabla comparativa de sensores MQ

Para la medición de gases combustibles, hay otros dos tipos de sensores:

### **Sensores catalíticos**

Un gran número de detectores de gases actuales usan este tipo de sensores. Esta tecnología es usada para detectar gases combustibles como hidrocarburos y funciona a través de la oxidación catalítica. Estos sensores están formados por dos bobinas de platino encapsulados en un material cerámico de aluminio. Uno de estos encapsulados está recubierto de un material catalizador que produce la oxidación del elemento.

Cuando un gas combustible entra en contacto con la superficie catalítica, se oxida y el encapsulado aumenta con el calor.

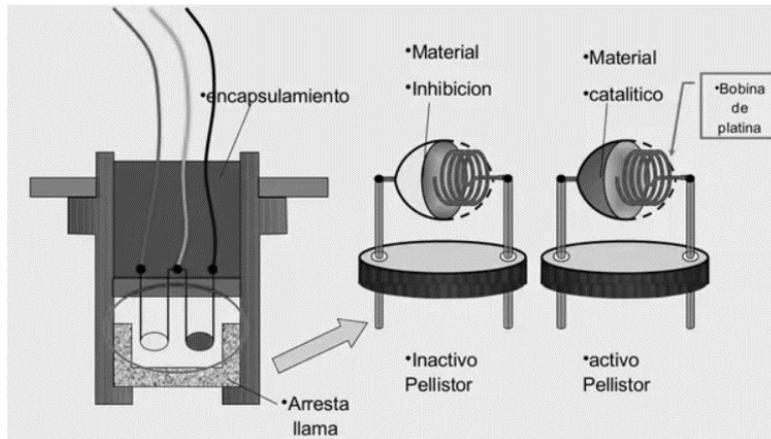


Figura 8 – Estructura de un sensor catalítico (Jose Antonio Llano Diaz, 2012)

### **Sensores infrarrojos**

Funcionan a través de un sistema de emisores y receptores para detectar gases combustibles, específicamente vapores de hidrocarburos. Normalmente, los emisores son fuentes de luz y los receptores son detectores de luz. Si un gas aparece en el camino óptico, interferirá con la potencia de luz transmitida por el emisor y el receptor. La alteración del estado de la luz determina si hay, y que tipo de gas está presente.

Estos sensores presentan algunos inconvenientes, como por ejemplo su deficiencia para detectar gases que no contienen más de un tipo de átomo, como por ejemplo el oxígeno (O<sub>2</sub>) o el hidrógeno (H<sub>2</sub>).

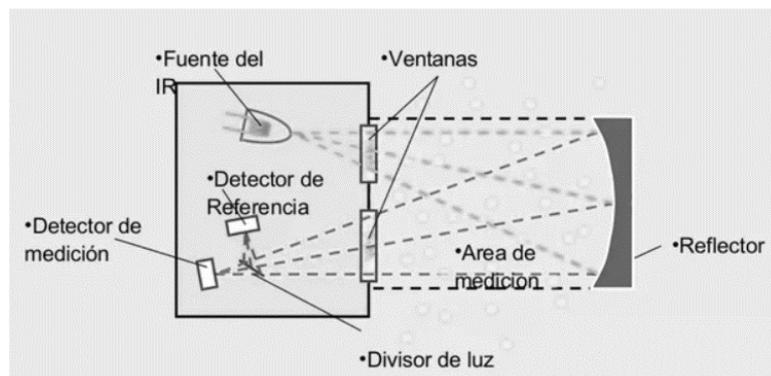


Figura 9 – Estructura de un sensor infrarrojo (Jose Antonio Llano Diaz, 2012)

#### 6.3.4. Sensor de humedad y temperatura

Los sensores de gases que se utilizarán pueden soportar variaciones en temperatura y humedad, a la hora de medir el aire. Se necesita saber el valor de estas magnitudes a la vez que el valor de los sensores de gas para poder compensar estas variaciones a la hora de analizar la huella electrónica. De no trabajar así, a la hora de medir una misma muestra en dos momentos diferentes con diferentes temperaturas o humedades, provocaría que los resultados fueran distintos, dando lugar a una identificación de la sustancia falsa.

Para solucionar este posible inconveniente podemos recurrir a dos alternativas. Se pueden implementar dos sensores, uno para medir la temperatura y otro para medir la humedad. La segunda opción sería utilizar un sensor que mida ambas magnitudes de forma simultánea.

##### **Dos sensores que midan temperatura y humedad**

La principal ventaja de esta alternativa es la gran variedad de sensores disponibles en el mercado. Al haber tanta variedad es fácil encontrar sensores que se ajusten a las especificaciones del proyecto.

Con respecto al sensor de temperatura encontramos el LM335Z, que es un sensor de temperatura que se calibra fácilmente. Si es calibrado en +25 °C, tiene un error de menos de 1 °C ante un rango de temperatura de más de 100 °C.

El sensor de humedad que más se adapta a nuestras especificaciones es el HIH-4000-001. Su principal inconveniente es su precio y también su falta de alternativas.

##### **Un sensor que mida temperatura y humedad simultáneamente**

La principal ventaja de utilizar solo un sensor que sea capaz de medir ambas magnitudes simultáneamente es la reducción de espacio y la simplificación del diseño. Otra ventaja es que no será necesario conectar a Arduino ya que estos sensores cuentan con una salida digital a través de la cual proporcionan los datos.

El sensor elegido será el DHT11 ya que es un sensor de temperatura y humedad relativa económico y fácil de usar. Muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

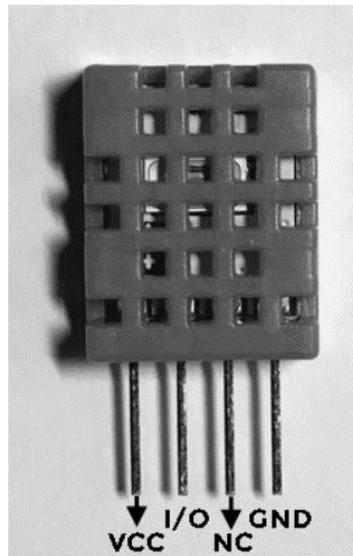


Figura 10 – Estructura del sensor DHT11 (Luis del Valle Hernández, 2019)

#### 6.4. Microcontrolador

Los sensores de gas que forman parte de la matriz de sensores dan como resultado una tensión que se corresponde a la concentración de gas de la sustancia que se está midiendo. En cambio, el sensor para temperatura y humedad envían sus datos a través de su salida digital.

Los ordenadores no son capaces de leer esta información directamente, por lo tanto se necesita incluir un dispositivo que sea capaz de comunicar la matriz de sensores con el ordenador para su posterior interpretación.

Por lo tanto se necesitará un dispositivo que cuente con una gran cantidad de entradas analógicas para poder conectar todos los sensores necesarios. También se requerirá que cuente con entradas digitales para poder conectar el sensor de temperatura y humedad. Por último, deberá ser barato y simple para que concuerde con el objetivo del proyecto.

Se encuentran dos posibilidades para la implementación del dispositivo:

##### **Tarjeta de adquisición**

La función de las tarjetas de adquisición de datos es actuar como interfaz entre el ordenador y las señales recibidas por los sensores, transformando las señales en códigos digitales, su función es comparable a la de un intérprete traduciendo un texto para que podamos comprenderlo. En este caso es el ordenador el que debe recibir la información analógica en digital para poder utilizarla.

El inconveniente que presentan las tarjetas de adquisición es su falta de entradas digitales en versiones económicas. Esto da lugar a que no se puede conectar el

sensor de temperatura y humedad manteniendo el sistema con coste bajo. Por lo tanto la tarjeta de adquisición no será buena opción para este proyecto.

### Microcontrolador

La tarjeta de adquisición no es una buena opción y por lo tanto se deberá emplear un microcontrolador ya que es la opción más sensata para la adquisición de datos.

La principal virtud de los microcontroladores es que cuenta tanto con entradas digitales como analógicas. Su precio es bastante económico y cuenta con otra ventaja que es su capacidad para tratar los datos antes de que llegue al ordenador, consiguiendo así que la única función del ordenador sea la de ejecutar la interfaz gráfica.

El microcontrolador que utilizaremos es el *Arduino Nano*. Esta versión de *Arduino* es bastante pequeña, favoreciendo el requerimiento de tamaño del proyecto. Posee 14 pines digitales y 8 analógicos, siendo justo los necesarios para la implementación de la matriz de sensores. La tensión de alimentación es de 5V, la cual es la misma que la de los sensores MQ.

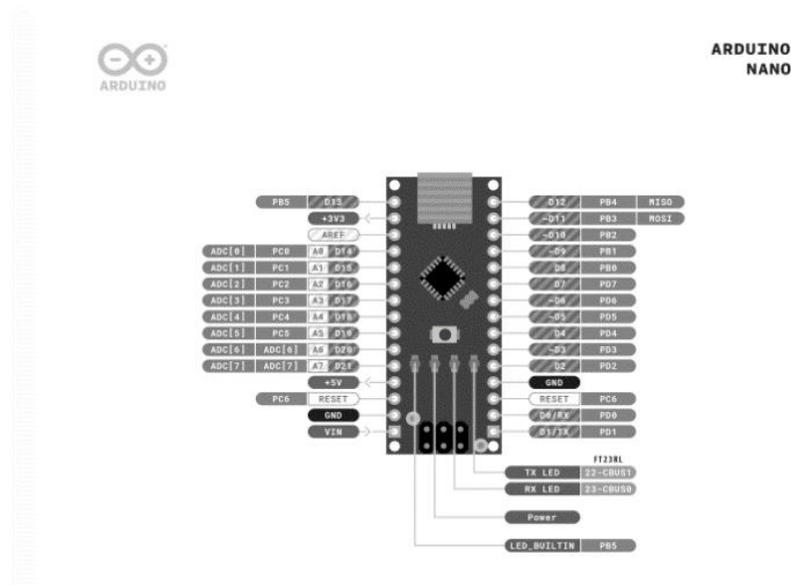


Figura 11 – Estructura del microcontrolador *Arduino Nano* (Arduino, [store.arduino.cc/arduino-nano](https://store.arduino.cc/arduino-nano))

## 7. Descripción detallada de la solución adoptada

En este apartado, se mostrarán las soluciones escogidas para cada uno de los apartados del proyecto.

### 7.1. Matriz de sensores

En primer lugar se necesita seleccionar los sensores que se implementarán en la matriz de sensores para el proyecto. Estos sensores tendrán que escogerse en función a las necesidades del proyecto y a la relación con el resto de elementos del proyecto.

Como el microcontrolador que se va a utilizar es el *Arduino Nano* que cuenta con 8 entradas analógicas, podremos escoger un máximo de 8 sensores de la serie MQ. Los sensores tendrán que funcionar con la alimentación de 3 A y 5 VDC.

Los sensores que cumplen con las especificaciones son los siguientes:

Sensor MQ	Tensión (V)	Intensidad (mA)
MQ-2	5	180
MQ-3	5	180
MQ-4	5	180
MQ-5	5	180
MQ-6	5	180
MQ-8	5	180
MQ-135	5	180

Figura 12- Tabla de datos de los sensores MQ

Estos sensores presentan las mismas características eléctricas, por lo que se cubrirán 7 de las 8 entradas analógicas disponibles. Esta última será utilizada por algún sensor redundante para mejorar su fiabilidad.

En esta tabla se pueden observar los diferentes gases que serán detectados por los sensores MQ:

Sensor	GLP	Humo	Etanol	Metano	Propano	Butano	Hidrogeno	Amoniaco	Benceno	Gas natural	Alcohol
MQ-2	█	█		█		█					
MQ-3		█	█								█
MQ-4				█	█					█	
MQ-5	█				█					█	
MQ-6	█			█	█	█					
MQ-8							█				
MQ135		█						█	█		█
Total	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	2

Figura 13- Gases detectados por los sensores MQ

En la tabla se puede observar, que hay gases cubiertos por varios sensores como el gas licuado de petróleo (GLP) que es cubierto por los sensores MQ-2, MQ-5 y MQ-6. En cambio, gases como el amoniaco o el benceno solo son detectados por el sensor MQ-135, siendo su fiabilidad menor.

Además de los sensores MQ para la detección de los gases, se necesitará un sensor que sea capaz de detectar el etileno, el cual se mencionó anteriormente que era el gas responsable de la maduración de las frutas. Para ello se ha escogido el sensor ME3-C2H4 de *Winsen* ya que aunque no es muy económico se puede conectar a una de las salida analógica disponible en el microcontrolador.

La tabla final será la siguiente:

Sensor	GLP	Humo	Etanol	Metano	Propano	Butano	Hidrogeno	Amoniaco	Benceno	Gas natural	Alcohol	Etileno
MQ-2	█	█		█		█						
MQ-3		█	█								█	
MQ-4				█	█					█		
MQ-5	█				█					█		
MQ-6	█			█	█	█						
MQ-8							█					
MQ135		█						█	█		█	
ME3-C2H4												█
Total	3	4	1	3	3	2	1	2	2	2	2	1

Figura 14- Gases detectados por el sistema final

El siguiente paso es comprobar que la alimentación del proyecto puede proveer potencia para todos los sensores. Utilizando la ley de Ohm se puede averiguar la intensidad máxima que consume cada sensor y la total consumida por todo el sistema.

El consumo de los sensores MQ puede elevarse a causa del calor necesario para el funcionamiento del calentador, llegando hasta potencias de hasta 800 mW.

La ley de Ohm dice que: “la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo”.

A partir de esta ley podemos sacar la fórmula que relaciona la intensidad con la potencia y el voltaje:

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{V_{CC}}$$

No todos los sensores tienen la misma potencia por lo que se deberá aplicar la fórmula a cada sensor para obtener su intensidad máxima. Para obtener la intensidad total del sistema se sumarán todas las intensidades obtenidas. En este caso el voltaje de la alimentación será de 5 V como se eligió anteriormente.

<b>Sensor</b>	<b>Potencia máxima</b>	<b>Intensidad máxima</b>
<i>MQ-2</i>	800 mW	160 mA
<i>MQ-3</i>	750 mW	150 mA
<i>MQ-4</i>	800 mW	160 mA
<i>MQ-5</i>	800 mW	160 mA
<i>MQ-6</i>	750 mW	150 mA
<i>MQ-8</i>	800 mW	160 mA
<i>MQ135</i>	800 mW	160 mA

Figura 15- Intensidad máxima de los sensores MQ

La intensidad total del sistema se obtiene sumando cada una de las intensidades de los sensores. Por lo tanto, la intensidad total será de 1260 mA. La fuente de alimentación escogida podía entregar 3000 mA de intensidad por lo que la matriz de sensores será alimentada sin problema.

El sensor ME3-C2H4 no dispone de la información sobre la potencia que consume, pero teniendo en cuenta su tamaño y que en la hoja de datos indica que consume poca potencia, podemos asegurar que no sobrepasará la intensidad del sistema. No necesitará conectarse a la fuente de alimentación, ya que al tratarse de un sensor electroquímico no necesita ser alimentado. Deberá ser calibrado antes de su uso.

El último factor a considerar en la matriz de sensores será el sensor de temperatura y humedad. Su corriente máxima es de 2.5 mA por lo cual no supondrá ningún problema para ser conectado a la fuente de alimentación.

## 7.2. Arduino

El siguiente paso es programar el *Arduino* para que trate los datos de los sensores correctamente. Para la lectura del sensor de temperatura y humedad, el cual es digital, utilizaremos una entrada digital para la comprobación del sensor. Se utilizará el puerto serie para la detección. El puerto serie es el interfaz que permitirá que el ordenador y el *Arduino* se puedan comunicar.

En el *Arduino Nano*, se usa un conector Micro USB que se conecta a uno de los puertos de serie, simplificando el proceso de interconexión entre la placa y el ordenador.

Para el tratamiento de los datos recibidos por los sensores se utilizará la herramienta Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ). Esta herramienta es un complemento para Microsoft Excel que es capaz de capturar hasta 26 canales de datos de un *Arduino* con puerto serie conectado. Esto hará el proceso más rápido y sencillo ya que podremos ver los datos de los sensores directamente pudiendo ser graficados al momento.

El programa de *Arduino* es sencillo e intuitivo, y se compone de un solo módulo *Main* en el cual se definirán primero los sensores MQ junto con el sensor de temperatura y posteriormente se prepararán los datos para mandarlos a Excel.

### 7.2.1. Sensores MQ y sensor de etileno

Para definir los sensores MQ se debe realizar la lectura analógica de cada sensor. Para ello se empleará una entrada analógica del microcontrolador para la lectura de la salida analógica del sensor y su muestra en la hoja de Excel.

Primero se definen los sensores asociando cada uno a una salida analógica del microcontrolador *Arduino*.

La función que se utilizará en el código de *Arduino* para la lectura de los datos de los sensores es **analogRead** que lee el valor del pin especificado. El tiempo que tardará el microcontrolador para la lectura es alrededor de 100 ms. El microcontrolador devolverá el valor analógico leído con una resolución máxima de 10 bits.

El sensor de etileno ME3-C2H4 se conectará como los sensores MQ ya que dispone de la misma salida analógica.

### 7.2.2. Sensor de temperatura y humedad DHT11

El sensor DHT11 es digital, por lo tanto se conectará a una de las salidas digitales del microcontrolador sin necesitar un pin analógico para su lectura. Para la comunicación con el sensor necesitaremos incluir su librería dentro de *Arduino*.

Lo primero que se debe hacer es incluir la librería *DHT.h* en el código para poder usar sus funciones. El segundo paso es definir el tipo de sensor DHT que se va a utilizar con el comando **DHTTYPE**. Seguidamente se define el pin al que se conectará el sensor.

Dentro de la función *setup* se inicializará el sensor DHT11 con el comando **dht.begin()**.

Para la lectura de la humedad y la temperatura se dispone de dos funciones dentro de la librería. **Dht.readHumidity()** la cual lee la humedad del sistema y **dht.readtemperature()** que se encarga de leer la temperatura en grados Celsius. Esto se coloca dentro del bucle del código.

### 7.2.3. Comunicación Arduino-Excel

Para la comunicación entre *Arduino* y *Excel* se utilizará la herramienta Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) que ya se mencionó anteriormente. Esta herramienta se descarga desde la página web de *Parallax*, obteniendo una hoja de datos de *Excel* en la cual ya se encuentra el programa.

En el código de *Arduino* se necesitan declarar alguno parámetros para su correcto funcionamiento. Estas directivas son:

**LABEL:** Su función es colocar los títulos de los datos que vamos a recibir en las columnas de *Excel*.

**DATA:** Su función es colocar los datos en la siguiente fila de *Excel*.

**TIME:** Esta etiqueta es reemplazada por la hora del sistema.

**CLEARDATA:** Borra los datos.

**CLEAR SHEET:** Borra todo.

El primer paso que se realiza es inicializar la variable LABEL para que pueda ser utilizada. Dentro de la función *setup*, donde se declaran las funciones a realizar por parte del microcontrolador, se procederá a borrar todos los datos y títulos que puedan quedar de anteriores mediciones.

Es muy importante definir dentro de la función *setup* el comando **Serial.begin** para que el programa inicie la comunicación serial. En esta función también se imprimirán

los títulos de los diferentes datos que se van a exportar a *Excel*. En este caso serán la hora, los 8 sensores junto con la humedad y la temperatura.

Dentro del bucle del código se imprimirán en el Excel los datos que se necesitan en el orden marcado anteriormente. Por último se añadirá un retardo de 2000 ms para que de tiempo a realizar todas las mediciones.

Una vez desarrollado el código solo falta abrir la hoja de *Excel* e indicar el puerto al que está conectado el microcontrolador.

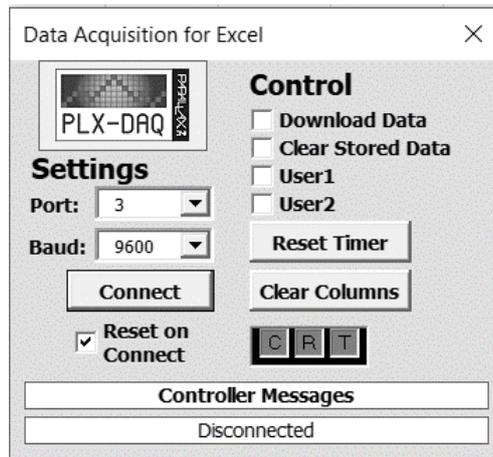


Figura 16- Control PLX-DAQ

Desde este panel de control se podrá conectar y desconectar el microcontrolador y limpiar los datos previos.

Hora	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ8	MQ1351	C2H4	Humedad	Temperatura
12:28:30	315,00									
12:28:30		335								
12:28:30			288							
12:28:30				259						
12:28:30					216					
12:28:30						187				
12:28:30							180			
12:28:30								181		
12:28:30									nan	
12:28:30										nan

Figura 17- Datos obtenidos en una medición

Los resultados se presentan como se aprecia en la *figura 17*. En este caso solo obtenemos valores reales por parte del sensor MQ3 ya que es el único del que se dispone y del cual se realizará la simulación para comprobar el correcto uso de la herramienta y del código.

Para comprobar que el sensor MQ3 funciona, como el resto del sistema se aplica una corriente de gas etanol al sensor mientras se realiza la toma de datos obteniendo en Excel una subida del valor de la concentración. Dicha subida la podemos apreciar en la siguiente imagen.

Hora	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ8	MQ1351	C2H4	Humedad	Temperatura
12:39:01	176,00									
12:39:01		509								
12:39:01			415							
12:39:01				352						
12:39:01					280					
12:39:01						231				
12:39:01							210			
12:39:01								212		
12:39:01									nan	
12:39:01										nan
12:39:03	178,00									
12:39:04		561								
12:39:04			453							
12:39:04				381						
12:39:04					300					
12:39:04						247				
12:39:04							222			
12:39:04								220		
12:39:04									nan	
12:39:04										nan
12:39:06	172,00									
12:39:06		578								
12:39:06			466							
12:39:06				388						
12:39:06					304					
12:39:06						247				
12:39:06							220			

Figura 18- Datos de concentración del sensor MQ en una aplicación real

## 7.2.4. Flujograma

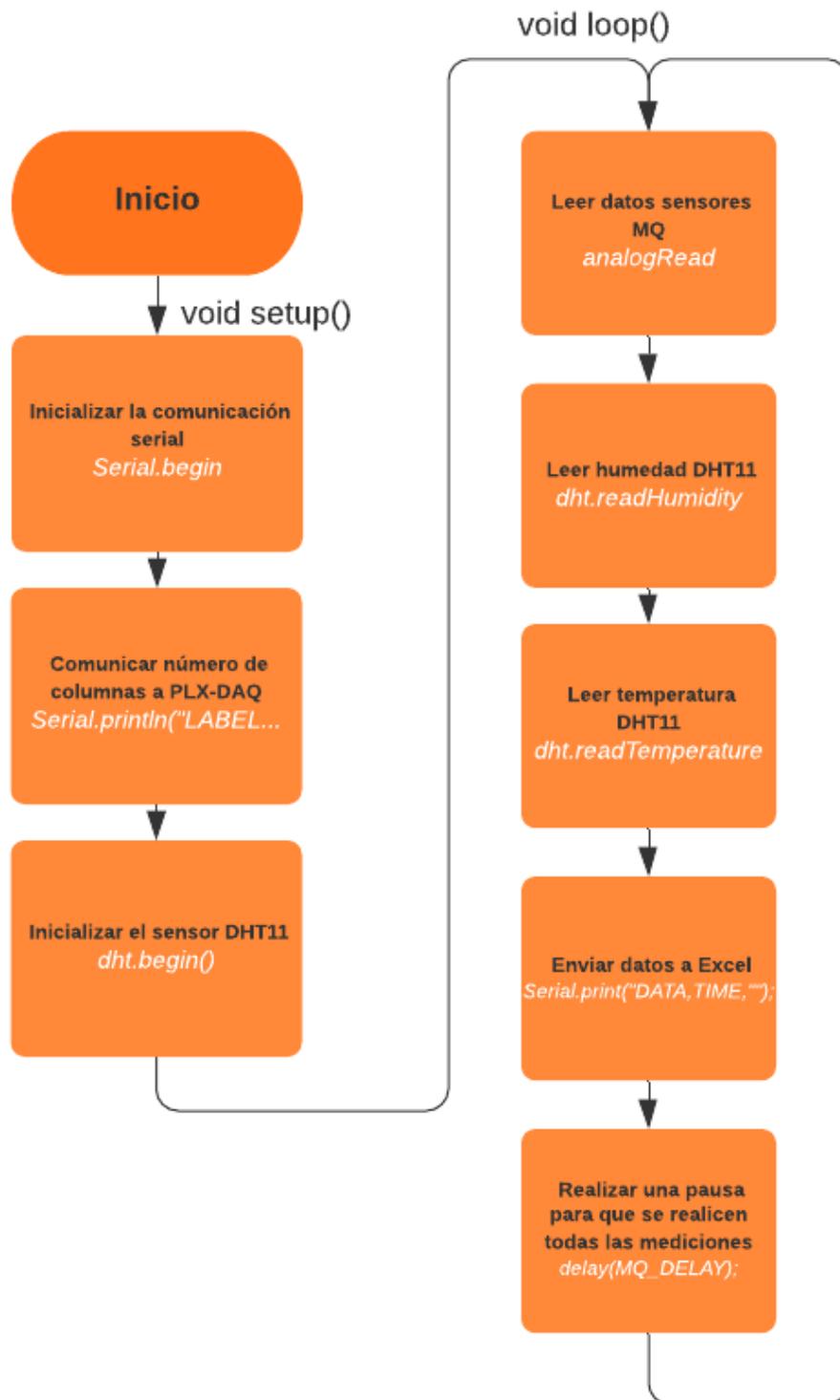


Figura 19- Flujograma Arduino

### 7.3. Estructura final del proyecto

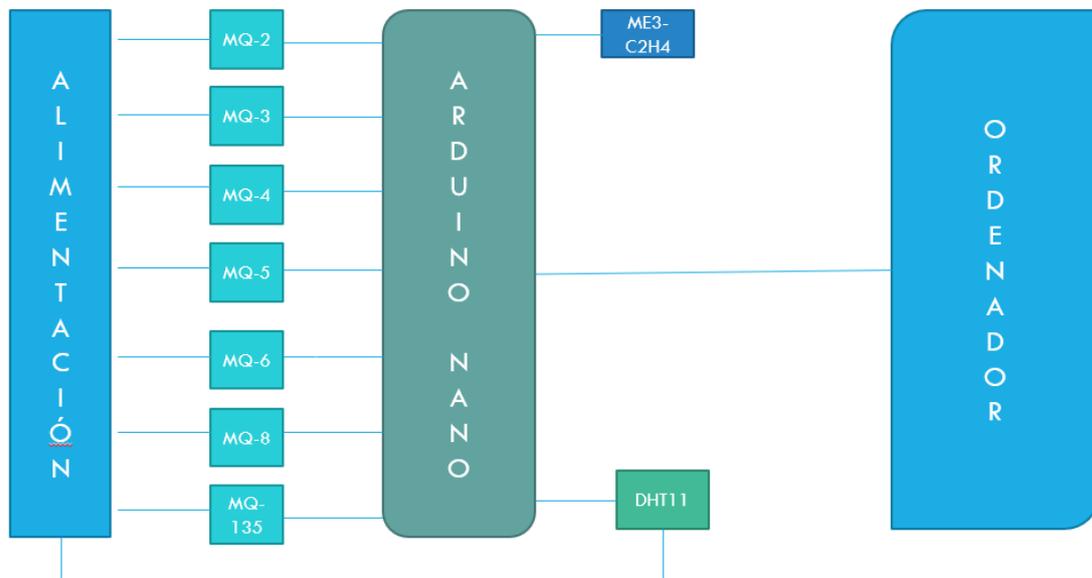


Figura 20 – Estructura final del sistema

En el siguiente esquema podemos ver las conexiones que se deberán realizar entre los diferentes componentes.

Los sensores MQ serán conectados al positivo de la alimentación con su pin VCC y al negativo con su pin GND. La conexión con el microcontrolador *Arduino Nano* se realizará con el pin A0 del sensor. El sensor ME3-C2H4 también será conectado a una de las entradas analógicas del microcontrolador. El sensor DHT11 será conectado a la alimentación del sistema de la misma manera que los MQ, pero su pin de datos será conectado a una de las entradas digitales del microcontrolador. Por último se conectará mediante el cable mini USB al ordenador para la transmisión de los datos.

## 8. Bibliografía

- Moreno I., Caballero R., (Julio 2009). La Nariz Electrónica: Estado del Arte. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*.
- Bittar Mastello R., Soares Janzantti N., Monteiro M. (Junio 2015). Volatile and odoriferous compounds changes during frozen concentrated orange juice processing. *Elsevier*.
- Rubio J., Avila J., Meléndez Ramírez A., Stein Carrillo J M. (Septiembre 2015). A fuzzy interference system for the identification. *IEEE Latin America Transactions*.
- ZULUAGA D., Carlos M. (2011). LA NARIZ ELECTRÓNICA, UNA NOVEDOSA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y CALIDAD EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA. *Vitae*, 18(2),209-217
- Moreno I., Serracín J. (2016). Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica.
- Bataller R. (2017). Fabricación y puesta a punto de una nariz electrónica húmeda para la detección de gases y vapores. UPV.

## 9. Conclusión y propuestas de mejora

El objetivo de este proyecto era diseñar una nariz electrónica cumpliendo con los requisitos de que fuese económica y sencilla de implementar. Se puede afirmar que estos objetivos han sido cumplidos. Aunque el sistema no se ha podido validar completamente por la situación actual, con la experiencia con el sensor MQ-3 se ha validado el código de *Arduino* y la visión de datos en Excel.

Durante el desarrollo del proyecto se han aplicado diversos conocimientos adquiridos durante el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, destacando las asignaturas de Instrumentación Electrónica, donde se estudió todo lo relativo a sensores, lo cual ha servido de gran ayuda a la hora de diseñar la matriz de sensores. También cabe mencionar la asignatura de Electrónica Digital, donde se adquirió los conocimientos necesarios para programar el microcontrolador.

Sin embargo, para obtener un sistema más fiable y más profesional se deberían incluir algunas mejoras:

- Para obtener unos resultados más fiables se debería hacer que los sensores fueran redundantes para poder comparar ambos resultados y asegurarse de que el sistema funciona correctamente.
- Crear un algoritmo para poder identificar distintas sustancias por sus valores de concentración característicos sin necesidad de enviarlos a Excel para visionarlos.
- Añadir un sensor de limoneno y más gases específicos. El limoneno es una sustancia extraída a partir del aceite de las cáscaras de cítricos y es la fuente del aroma característico de ellos. No se ha incluido en el proyecto por la escasez de sensores que cumplan las características para adaptarse al sistema.

## 10. Anexo

### 10.1. Código

```
.
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define DHTTYPE DHT11

const int DHTPin = 2;

DHT dht(DHTPin, DHT11);

const int MQ_PIN0 = A0;
const int MQ_PIN1 = A1;
const int MQ_PIN2 = A2;
const int MQ_PIN3 = A3;
const int MQ_PIN4 = A4;
const int MQ_PIN5 = A5;
const int MQ_PIN6 = A6;
const int MQ_PIN7 = A7;
const int MQ_DELAY = 2000;
const int LABEL = 1;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("CLEARSHEET");
  Serial.println("LABEL, Hora, MQ2, MQ3, MQ4, MQ5, MQ6, MQ8, MQ1351, C2H4, Humedad, Temperatura");

  dht.begin();
}

void loop() {
  int vMQ2 = analogRead(MQ_PIN0);
  int vMQ3 = analogRead(MQ_PIN1);
  int vMQ4 = analogRead(MQ_PIN2);
  int vMQ5 = analogRead(MQ_PIN3);
  int vMQ6 = analogRead(MQ_PIN4);
  int vMQ8 = analogRead(MQ_PIN5);
  int vMQ1351 = analogRead(MQ_PIN6);
  int vC2H4 = analogRead(MQ_PIN7);

  float h1 = dht.readHumidity(); //leemos humedad
  float t1 = dht.readTemperature(); //leemos temperatura

  Serial.print("DATA, TIME, ");
  Serial.println(vMQ2);
  Serial.print("DATA, TIME, ");
  Serial.print(", ");
  Serial.println(vMQ3);
  Serial.print("DATA, TIME, ");
  Serial.print(", ");
  Serial.print(", ");
  Serial.println(vMQ4);
  Serial.print("DATA, TIME, ");
  Serial.print(", ");
  Serial.print(", ");
  Serial.print(", ");
  Serial.println(vMQ5);
  Serial.print("DATA, TIME, ");
  Serial.print(", ");
  Serial.print(", ");
  Serial.print(", ");
  Serial.println(vMQ6);
  Serial.print("DATA, TIME, ");
```

```
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.println(vMQ8);
Serial.print("DATA, TIME, ");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.println(vMQ1351);
Serial.print("DATA, TIME, ");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.println(vC2H4);
Serial.print("DATA, TIME, ");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.println(h1);

Serial.print("DATA, TIME, ");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.print(",");
Serial.println(t1);

delay(MQ_DELAY);
}
```

## 10.2. Hojas de datos



15W Single Output Switching Power Supply

**RS-15** series



- Features :
  - Universal AC input / Full range
  - Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
  - Cooling by free air convection
  - LED indicator for power on
  - 100% full load burn-in test
  - No load power consumption < 0.5W
  - All using 105°C long life electrolytic capacitors
  - Withstand 300VAC surge input for 5 second
  - High operating temperature up to 70°C
  - Withstand 5G vibration test
  - High efficiency, long life and high reliability
  - 3 years warranty



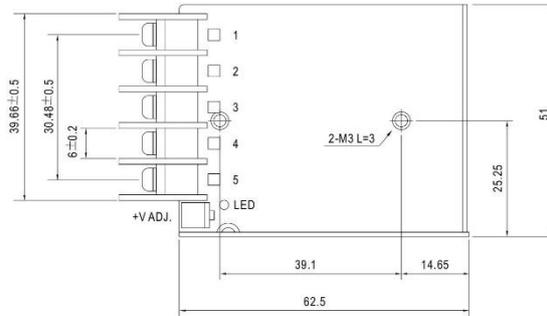
### SPECIFICATION

MODEL	RS-15-3.3	RS-15-5	RS-15-12	RS-15-15	RS-15-24	RS-15-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	12V	15V	24V	48V
	RATED CURRENT	3A	3A	1.3A	1A	0.625A	0.313A
	CURRENT RANGE	0 ~ 3A	0 ~ 3A	0 ~ 1.3A	0 ~ 1A	0 ~ 0.625A	0 ~ 0.313A
	RATED POWER	9.9W	15W	15.6W	15W	15W	15.024W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	200mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.9 ~ 3.6V	4.75 ~ 5.5V	10.8 ~ 13.2V	13.5 ~ 16.5V	22 ~ 27.6V	43.2 ~ 52.8V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION Note.5	±2.0%	±1.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	1000ms, 30ms/230VAC		1000ms, 30ms/115VAC at full load			
HOLD UP TIME (Typ.)	70ms/230VAC		12ms/115VAC at full load				
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC	120 ~ 370VDC				
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz					
	EFFICIENCY (Typ.)	72%	77%	81%	81%	82%	82%
	AC CURRENT (Typ.)	0.35A/115VAC		0.25A/230VAC			
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 65A / 230VAC					
	LEAKAGE CURRENT	<2mA / 240VAC					
PROTECTION	OVERLOAD	Above 105% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed					
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.45V	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	17.25 ~ 20.25V	28.4 ~ 32.4V	55.2 ~ 64.8V
	OVER TEMPERATURE	Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down					
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-20 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")					
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing					
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH					
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)					
SAFETY & EMC (Note 6)	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes					
	SAFETY STANDARDS	UL62368-1, TUV EN62368-1, EAC TP TC 004, CCC GB4943.1, BSMI CNS14336-1 approved					
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC					
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C/ 70% RH					
OTHERS	EMC EMISSION	Compliance to EN55032 (CISPR32) Class B, EN61000-3-2,-3, GB9254 class B, GB17625.1, EAC TP TC 020, CNS13438 Class B					
	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, EN55024, EN61000-6-1, light industry level, criteria A, EAC TP TC 020					
OTHERS	MTBF	1608.8Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)					
	DIMENSION	62.5*51*28mm (L*W*H)					
OTHERS	PACKING	0.13Kg; 108pcs/15Kg/0.71CUFT					
	NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load. 6. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 230mm*230mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on <a href="http://www.meanwell.com">http://www.meanwell.com</a> ) 7. The ambient temperature derating of 3.5°C/1000m with fanless models and of 5°C/1000m with fan models for operating altitude higher than 2000m(6500ft).					

File Name:RS-15-SPEC 2019-07-03

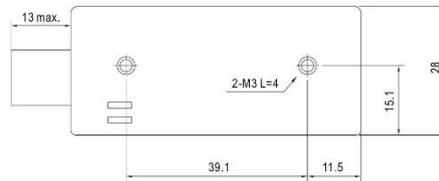
■ Mechanical Specification

Case No.971A Unit:mm

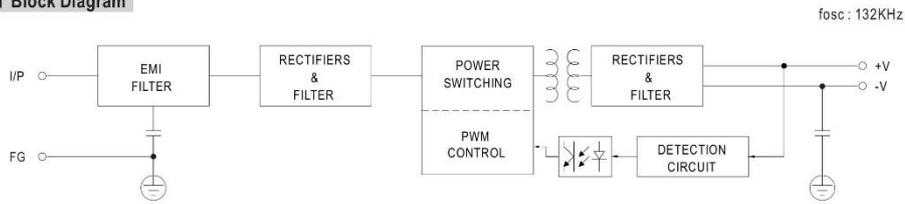


Terminal Pin No. Assignment

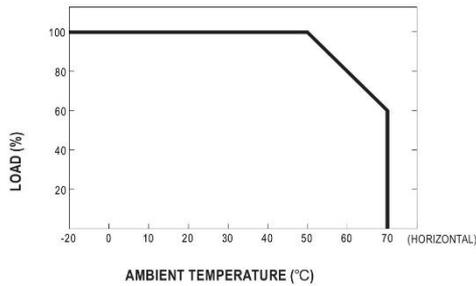
Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4	DC OUTPUT -V
2	AC/N	5	DC OUTPUT +V
3	FG		



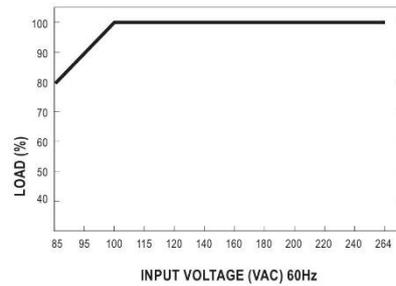
■ Block Diagram



■ Derating Curve



■ Output Derating VS Input Voltage





crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-2 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

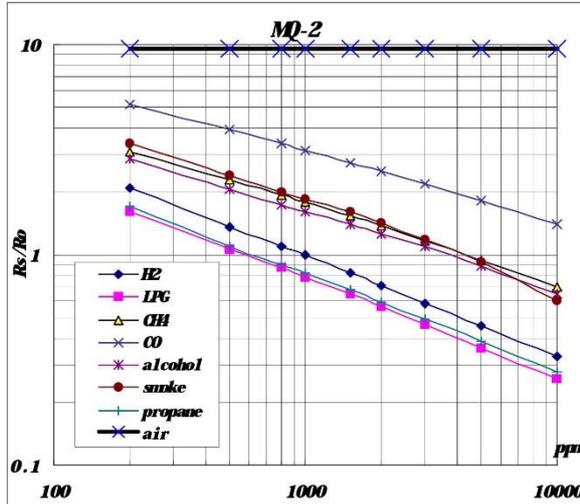


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-2

Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2 for several gases. in their: Temp: 20°C, Humidity: 65%, O<sub>2</sub> concentration 21% RL=5k Ω  
 Ro: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in the clean air.  
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

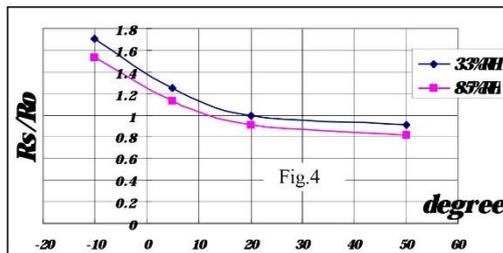


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-2 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in air at 33%RH and 20 degree.  
 Rs: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-2 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 1000ppm liquified petroleum gas<LPG>,or 1000ppm iso-butane<i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>>concentration in air and use value of Load resistance that( R<sub>L</sub>) about 20 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

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

# TECHNICAL DATA

# MQ-3 GAS SENSOR

## FEATURES

- \* High sensitivity to alcohol and small sensitivity to Benzine .
- \* Fast response and High sensitivity
- \* Stable and long life
- \* Simple drive circuit

## APPLICATION

They are suitable for alcohol checker, Breathalyser.

## SPECIFICATIONS

### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	200KΩ	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

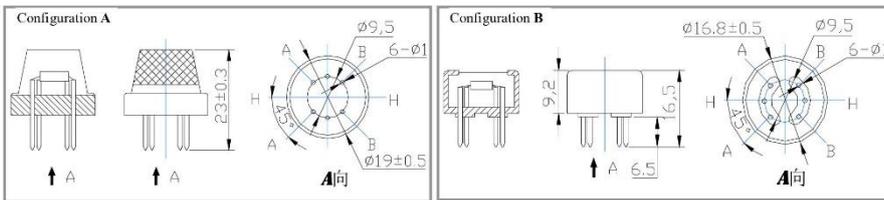
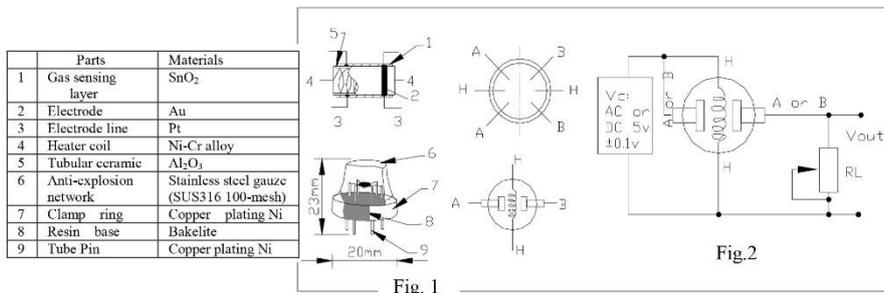
### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10°C-50°C	minimum value is over 2%
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	1MΩ - 8 MΩ (0.4mg/L alcohol )	Detecting concentration scope: 0.05mg/L.—10mg/L. Alcohol
α (0.4/1 mg/L)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> :5V±0.1 V <sub>H</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

### D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-3 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) 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-3 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

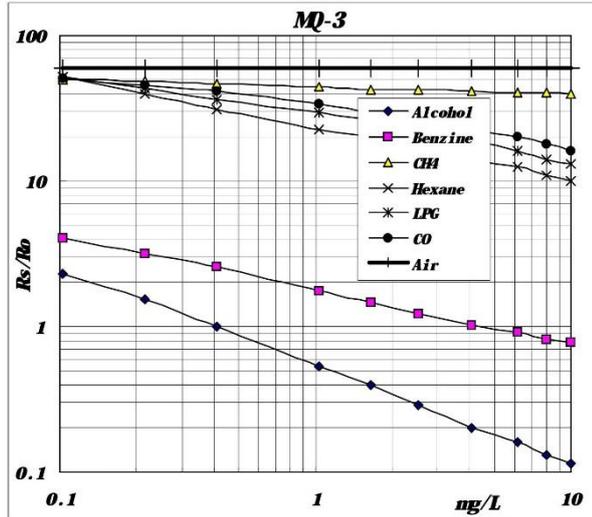


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-3

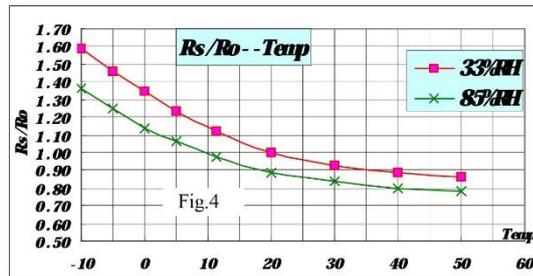


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-3 on temperature and humidity.  
 Ro: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol in air at 33%RH and 20 °C  
 Rs: sensor resistance at 0.4mg/L of Alcohol at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-3 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 0.4mg/L ( approximately 200ppm ) of Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that ( R<sub>L</sub> ) about 200 KΩ (100KΩ to 470 KΩ).

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

**TECHNICAL DATA**

**MQ-4 GAS SENSOR**

**FEATURES**

- \* High sensitivity to CH<sub>4</sub>, Natural gas.
- \* Small sensitivity to alcohol, smoke.
- \* Fast response .      \* Stable and long life      \* Simple drive circuit

**APPLICATION**

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH<sub>4</sub>, Natural gas. LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	20K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

B. Environment condition

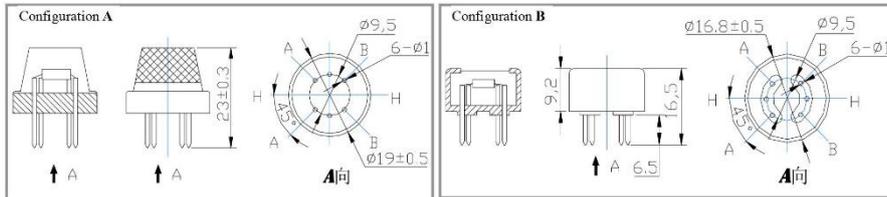
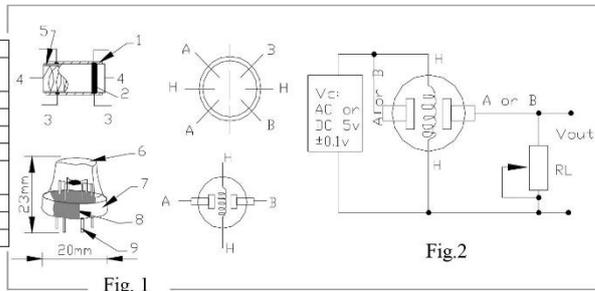
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10°C-50°C	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH <sub>4</sub> )	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH <sub>4</sub> , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH <sub>4</sub> )	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65% ± 5%	V <sub>c</sub> : 5V ± 0.1 V <sub>H</sub> : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



TEL:86-371-67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) 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-4 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

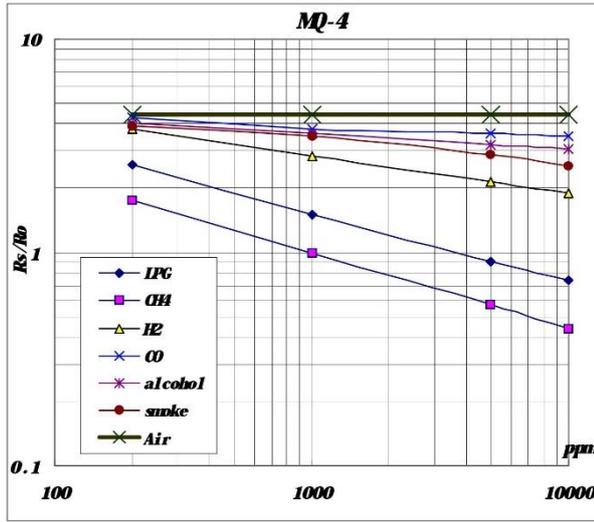


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases. in their: Temp: 20°C, Humidity: 65%,  $O_2$  concentration 21%  $R_L=20k \Omega$   
 Ro: sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in the clean air.  
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

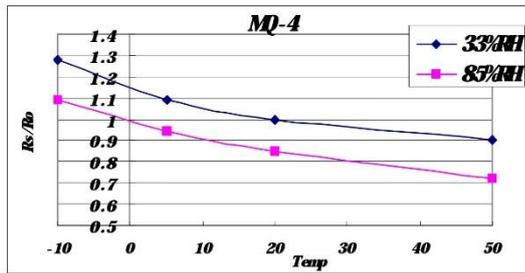


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in air at 33%RH and 20 degree.  
 Rs: sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in air at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-4 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 5000ppm of  $CH_4$  concentration in air and use value of Load resistance ( $R_L$ ) about 20K  $\Omega$  (10K  $\Omega$  to 47K  $\Omega$ ).

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

**TECHNICAL DATA****MQ-5 GAS SENSOR****FEATURES**

- \* High sensitivity to LPG, natural gas , town gas
- \* Small sensitivity to alcohol, smoke.
- \* Fast response .      \* Stable and long life      \* Simple drive circuit

**APPLICATION**

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, natural gas , town gas, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

**SPECIFICATIONS****A. Standard work condition**

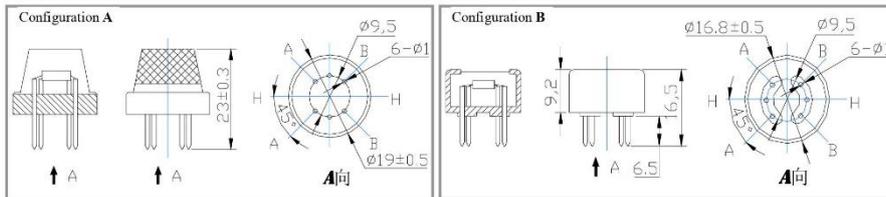
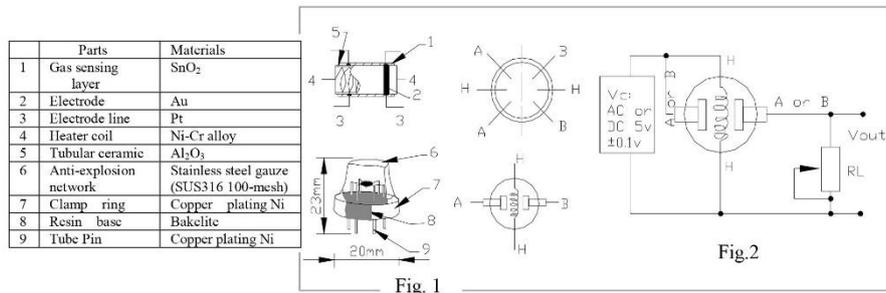
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	20K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	31 ± 10%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 800mw	

**B. Environment condition**

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10℃-50℃	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20℃-70℃	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

**C. Sensitivity characteristic**

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (5000ppm methane )	Detecting concentration scope: 200-10000ppm LPG,LNG Natural gas, iso-butane, propane Town gas
α (5000ppm/1000ppm CH <sub>4</sub> )	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃±2℃ Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> :5V±0.1 V <sub>H</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

**D. Structure and configuration, basic measuring circuit**

Structure and configuration of MQ-5 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by

TEL: 86-371- 67169070 67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) 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-5 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-5

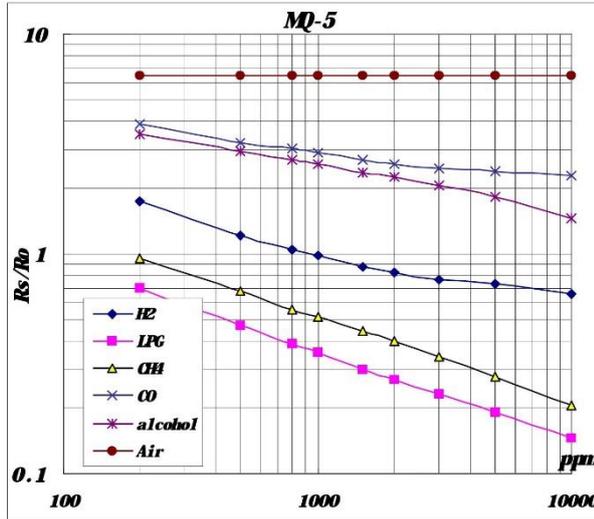


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-5 for several gases. in their: Temp: 20°C、 Humidity: 65%、 O<sub>2</sub> concentration 21% R<sub>L</sub>=20kΩ R<sub>0</sub>: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in the clean air. R<sub>s</sub>:sensor resistance at various concentrations of gases.

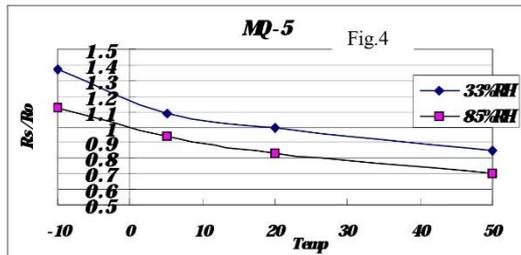


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-5 on temperature and humidity. R<sub>0</sub>: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in air at 33%RH and 20 degree. R<sub>s</sub>: sensor resistance at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-5 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 1000ppm H<sub>2</sub> or LPG concentration in air and use value of Load resistance ( R<sub>L</sub>) about 20 KΩ (10KΩ to 47KΩ).

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

# TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR

## FEATURES

- \* High sensitivity to LPG, iso-butane, propane
- \* Small sensitivity to alcohol, smoke.
- \* Fast response .      \* Stable and long life      \* Simple drive circuit

## APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, iso-butane, propane, LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

## SPECIFICATIONS

### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	20K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

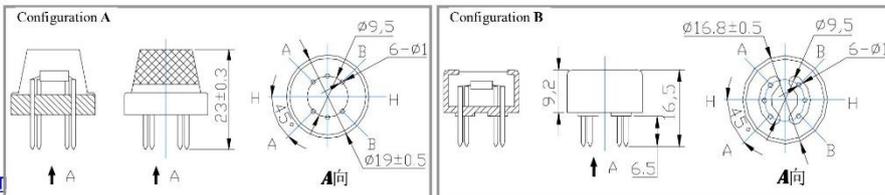
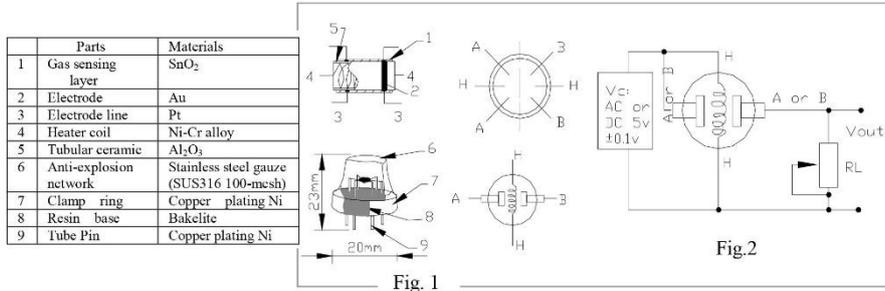
### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10℃-50℃	minimum value is over 2%
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20℃-70℃	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm LPG )	Detecting concentration scope: 200-10000ppm LPG , iso-butane, propane, LNG
α (1000ppm/ 4000ppm LPG)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> :5V±0.1 V <sub>H</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

### D. Strucyure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-6 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) 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-6 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-6

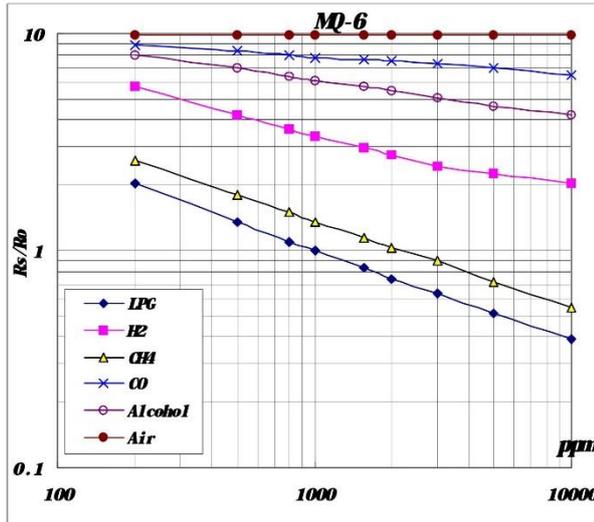


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-6 for several gases. in their: Temp: 20°C、 Humidity: 65%、 O<sub>2</sub> concentration 21% RI=20kΩ  
 Ro: sensor resistance at 1000ppm of LPG in the clean air.  
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

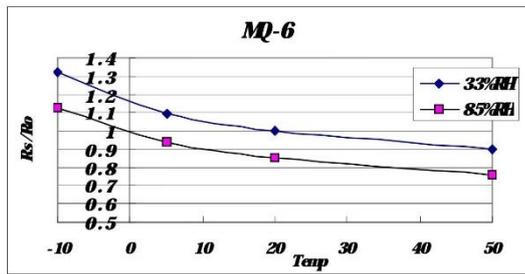


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-6 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 1000ppm of LPG in air at 33%RH and 20 degree.  
 Rs: sensor resistance at 1000ppm of LPG in air at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-6 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 1000ppm of LPG concentration in air and use value of Load resistance (  $R_L$  ) about 20KΩ (10KΩ to 47KΩ ).

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

# TECHNICAL DATA

# MQ-8 GAS SENSOR

### FEATURES

- \* High sensitivity to Hydrogen (H<sub>2</sub>)
- \* Small sensitivity to alcohol, LPG,cooking fumes
- \* Stable and long life

### APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of Hydrogen (H<sub>2</sub>), avoid the noise of alcohol and cooking fumes, LPG,CO.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	10K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	31 ± 5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than800mW	

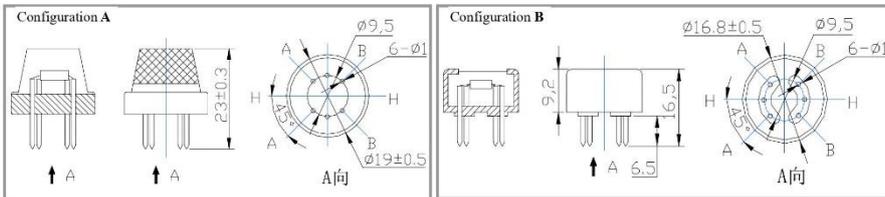
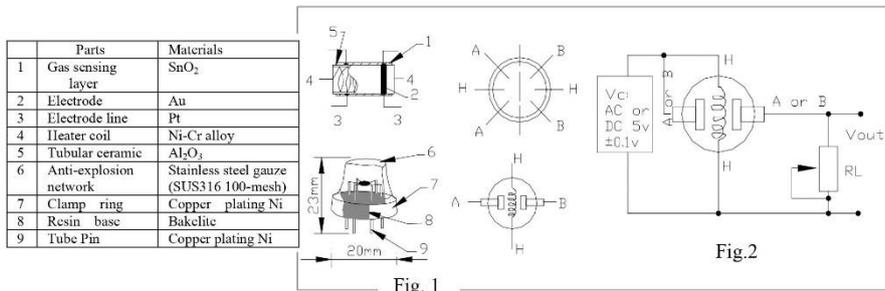
#### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10°C-50°C	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	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 <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm H <sub>2</sub> )	Detecting concentration scope: 100-10000ppm Hydrogen (H <sub>2</sub> )
α (1000ppm/ 500ppmH <sub>2</sub> )	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ±2°C Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> :5V±0.1 V <sub>H</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-8 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) 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-8 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

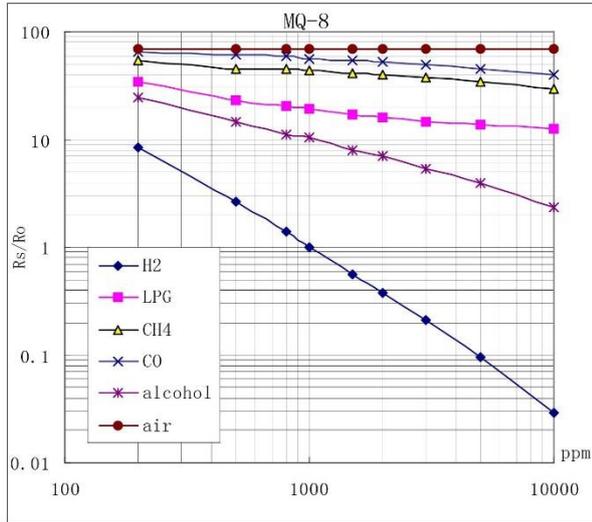


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-8

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-8 for several gases. in their: Temp: 20℃、 Humidity: 65%、 O<sub>2</sub> concentration 21% RL=10kΩ  
R<sub>0</sub>: sensor resistance at 1000ppm H<sub>2</sub> in the clean air.  
R<sub>s</sub>:sensor resistance at various concentrations of gases.

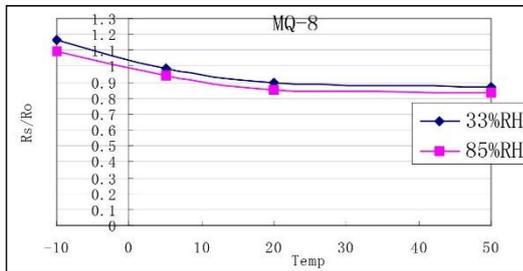


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-8 on temperature and humidity. R<sub>0</sub>: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in air at 33%RH and 20 degree.  
R<sub>s</sub>: sensor resistance at 1000ppm of H<sub>2</sub> in air at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-8 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 1000ppm H<sub>2</sub> concentration in air and use value of Load resistance ( R<sub>L</sub>) about 10 K Ω (5K Ω to 33 K Ω).

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

# 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 NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, Benzene, smoke, CO<sub>2</sub>, etc.

## SPECIFICATIONS

### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	can adjust	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 800mw	

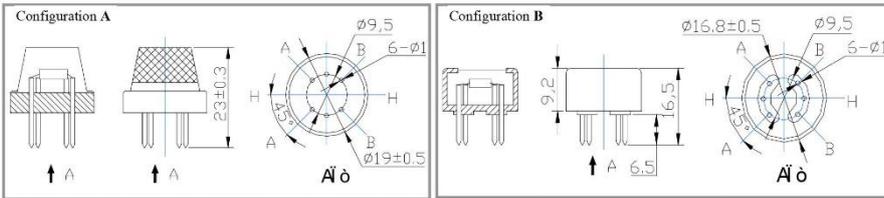
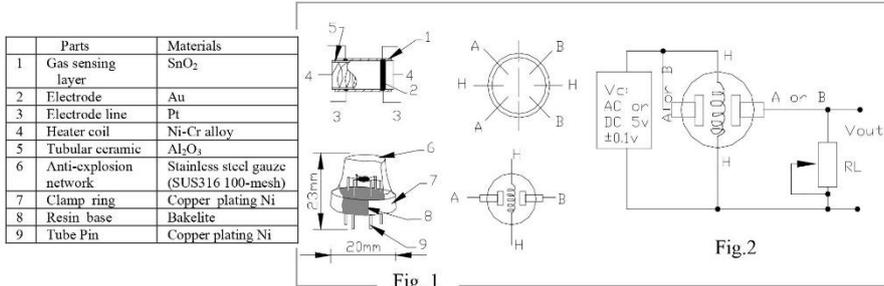
### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10℃-45℃	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20℃-70℃	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	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 <sub>s</sub>	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH <sub>3</sub> )	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH <sub>3</sub> 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH <sub>3</sub>	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃±2℃ V <sub>c</sub> :5V±0.1 Humidity: 65%±5% V <sub>H</sub> : 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 AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) 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

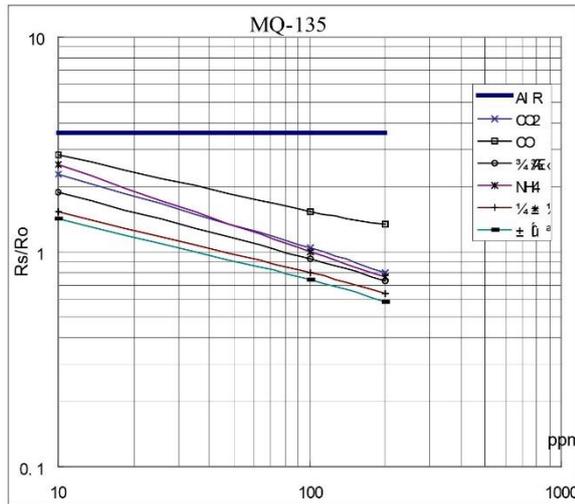


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20°C Humidity: 65% O<sub>2</sub> concentration 21% RL=20kΩ Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in the clean air. Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

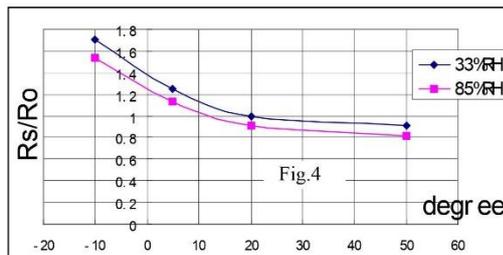
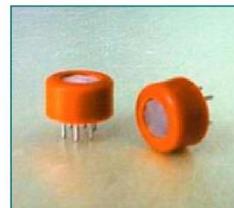


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in air at 33%RH and 20 degree. Rs: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-135 is different 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 NH<sub>3</sub> or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R<sub>L</sub>) 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.





# **ME3-C2H4 Electrochemical Sensor**

## **Manual (Model: ME3-C2H4)**

Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd

## ME3-C2H4 Electrochemical Gas Sensor



ME3-C2H4 electrochemical gas sensor make use of electrochemical oxidation process on the working electrode in electrolytic cell. And the current produced in electrochemical reaction is in direct proportion to concentration while following Faraday law. So that concentration of target gas can be tested by current.

### Features

- Low consumption
- High precision & high sensitivity
- Wide range of linearity
- Good anti-interference ability
- Excellent Stability and reliability

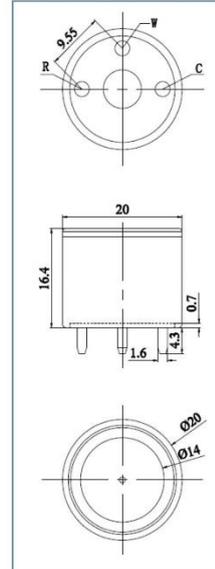
### Application

Detecting ethylene in industry and environmental protection field

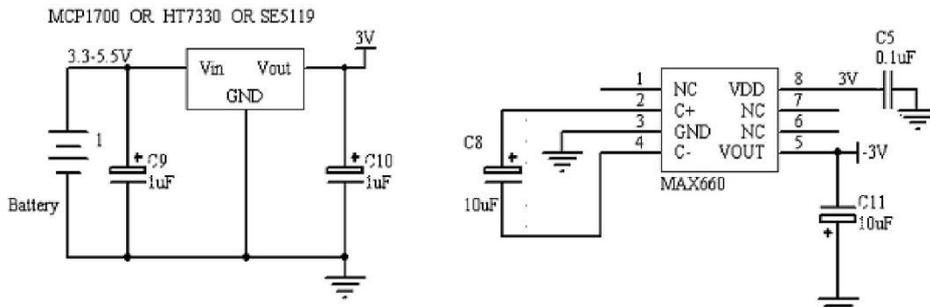
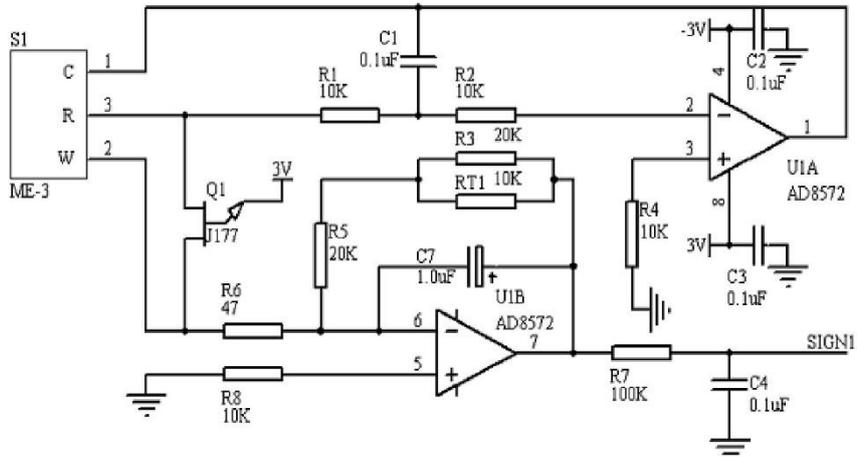
### Technical Parameter

Model	ME3-C2H4
Detection gas	C2H4
Detection range	0-100ppm
Max. range	200ppm
Sensitivity	0.04±0.012 uA/ppm
Filter	Filtering SO <sub>x</sub> /NO <sub>x</sub> and H <sub>2</sub> S
Resolution	0.5ppm
Tem. range	-20°C-50°C
Pressure range	standard atmosphere ±10%
Response time(T90)	<30S
Humidity range	15%—90%RH
Bias voltage	no
Reproducibility	1% of signal output
output	Linearity output
Anticipated using life	3 years in air

### External dimension



**Basic circuit**



**Anti-Interference**

Besides target gas, ME3-C2H4 sensor also responds to other gases. Below are the response characteristics of interferential gases.

Gas	Concentration	ME3-C2H4
H2S	100ppm	0ppm
SO2	20ppm	0ppm
H2	200ppm	100ppm
NO	35ppm	9ppm
NO2	5ppm	2ppm

**Application Notes**

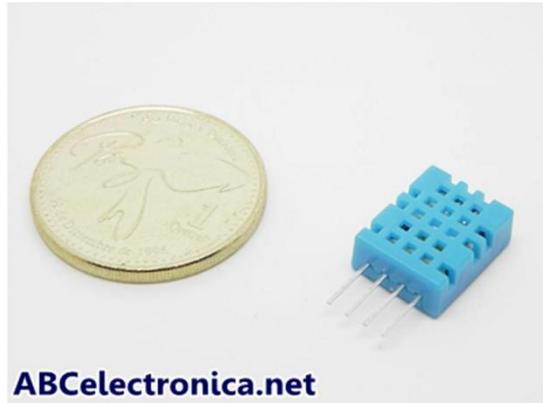
- Sensor shall avoid organic solvent, coatings, medicine, oil and high concentration gases.
- All ME Sensors shall not be encapsulated completely by resin materials, and shall not immerse in pure oxygen environment, otherwise, it will damage the function of sensor.
- All ME sensors shall not be applied in corrosive gas environment, or the sensor will be damaged.
- Please test the sensitivity of gas sensors in clean atmosphere.
- Sensors Shall be avoided to face the gas, which flow directly from front side.
- To avoid to bend and break of pins.
- Blowhole of the sensor should not be blocked and polluted, which will cause the sensitivity decrease.
- Excessive impact or vibration should be avoided.
- Do not use the sensor when the shell is damaged.
- It takes some time for the sensor to return to normal state After applied in high concentration gas.
- Do not take apart the sensor, otherwise electrolyte leakage can cause sensor damage.
- Working electrode and reference electrode of the sensor shall be in short circuit when stored.
- To preheat over 48hs before using and soldering forbidden.

**Note: To keep continual product development, we reserve right to change design features without prior notice.**

<p><b>Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd</b> <b>Add.:</b> NO.299 Jin Suo Road, National Hi-Tech Zone, Zhengzhou, 450001 China <b>Tel.:</b> 0086-371-67169097 <b>Fax:</b>0371-60932988 <b>E-mail:</b>sales@winsensor.com</p>
---

## Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22

Los sensores DHT11 y DHT22 son los más básicos y los más utilizados para implementarlos con Arduino, estos sensores están compuestos en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también constan de un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de analógico a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad.



## DHT11 vs DHT22

Aunque lucen físicamente similares y tiene la misma identificación de pines, estos poseen características diferentes:

### DHT11

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 20% a 80%
- Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C
- No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

### DHT 22

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 2% a 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 0.5°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 0% a 100%
- Capaz de medir temperatura de -40°C a 125°C
- No más de 0.5Hz en velocidad de muestreo (una vez cada dos segundos)
- Dimensiones: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

De acuerdo a las características es un sensor ligeramente más preciso y cuenta con un rango un poco mayor. Ambos utilizan un único pin digital de salida y son lentos en cierto aspecto, ya que no se puede consultar más de una vez cada uno o dos segundos.

## Conectando un sensor DHT

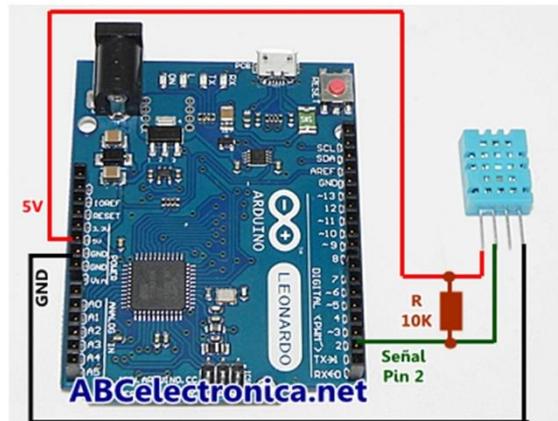
Los sensores DHTxxx cuentan con cuatro pines:

- VCC (3.3VDC A 5VDC) (pin 1)
- Salida de datos
- No se conecta (pin 3)
- GND



El pin 3 no se utiliza, y se debe de colocar una resistencia de 10K entre VCC y pin salida de datos, de esta manera se coloca en *pull up* y la lectura se hace sin problemas.

La siguiente imagen muestra la manera de conectar un DHT11 o un DHT22 a un Arduino UNO o LEONARDO (también un MEGA o NANO)

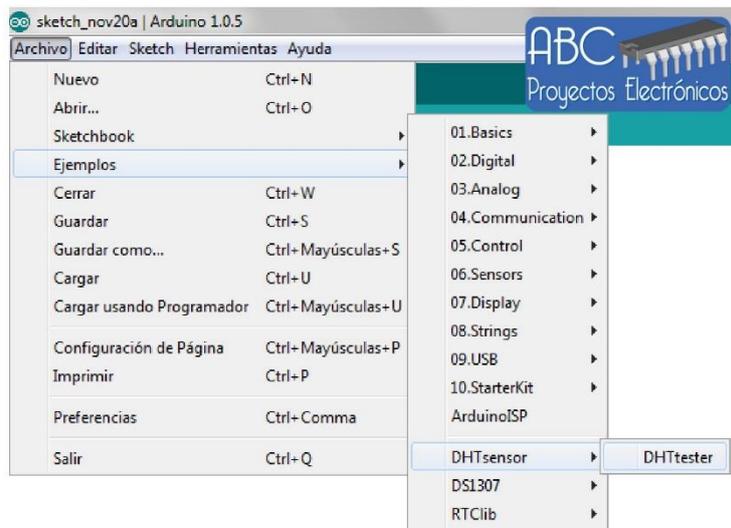


## Programando

Primero que nada se deberá de instalar la librería para este sensor  
<https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>

Para instalar librería, ver siguiente [tutorial](#)

Una vez instalada la librería, clic en Archivo > Ejemplos > DHTsensor > DHTtester



El código de programación será el siguiente:

```
// Ejemplo para lectura de humedad y temperatura
// de los sensores DHTxxx
// Escrito por ladyada,

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2 // pin de salida

// quitar barra de comentario dependiendo del
// tipo de sensor que usara
// -- en este caso se utilizo un DHT11--
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

// Conectar pin1 del sensor a +5V
// Conectar pin 2 al pin de arduino
// Conectar pin 4 GND
// Conectar una resistencia de 10K del pin 2 al pin 1 del sensor

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");

  dht.begin();
}

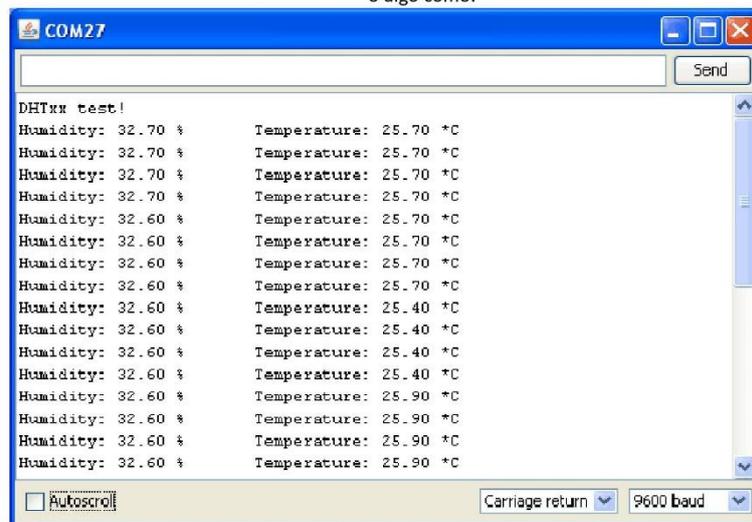
void loop() {
  // Leyendo temperatura y humedad que toma 250ms
  // el sensor puede leer hasta dos segundos despues de la lectura
  // lo que se considera "lento"
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();

  // revisa si retorna un valor valido, de lo contrario hay un error
  if (isnan(t) || isnan(h)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT");
  } else {
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C");
  }
}
```

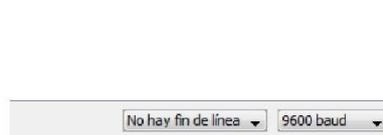
Una vez cargado el programa al Arduino el monitor serial (Herramientas > monitor serial) deberá de mostrar la humedad y temperatura:

```
DHTxx test!  
Humidity: 73.00 %    Temperature: 19.00 *C  
Humidity: 73.00 %    Temperature: 19.00 *C
```

o algo como:



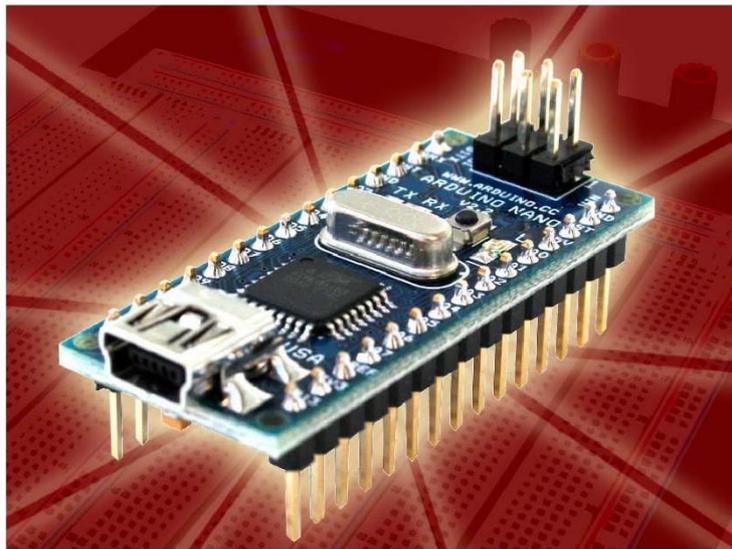
*Tomar en cuenta que los baudios del monitor serial deben ser iguales al de código programación ya que de lo contrario aparecerán símbolos de modo aleatorio.*



Sobre referencia de la información y para conocer más sobre el código: [Adafruit](#)

# *Arduino Nano (V2.3)*

## *User Manual*



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

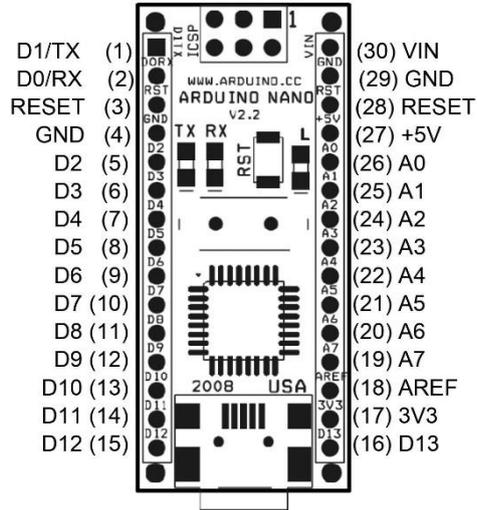
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

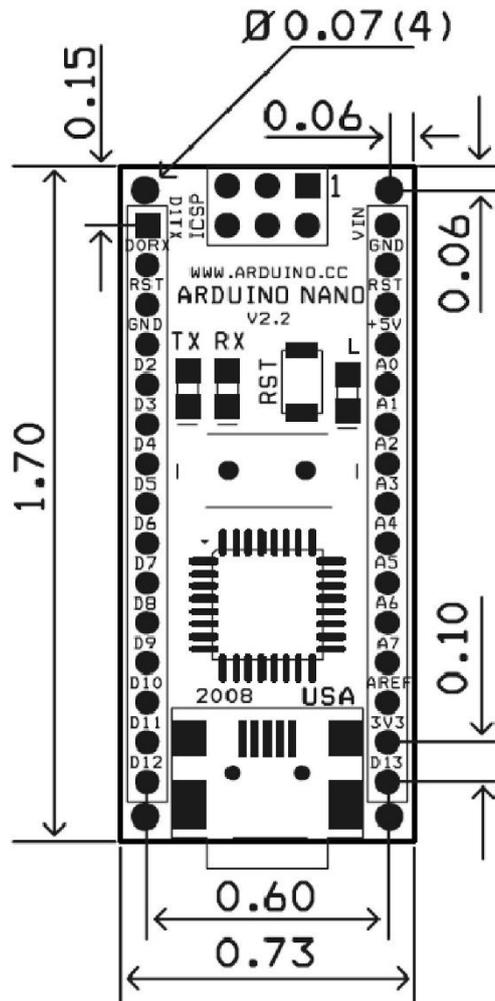
Rev. 2.3

## Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

**Arduino Nano Mechanical Drawing**



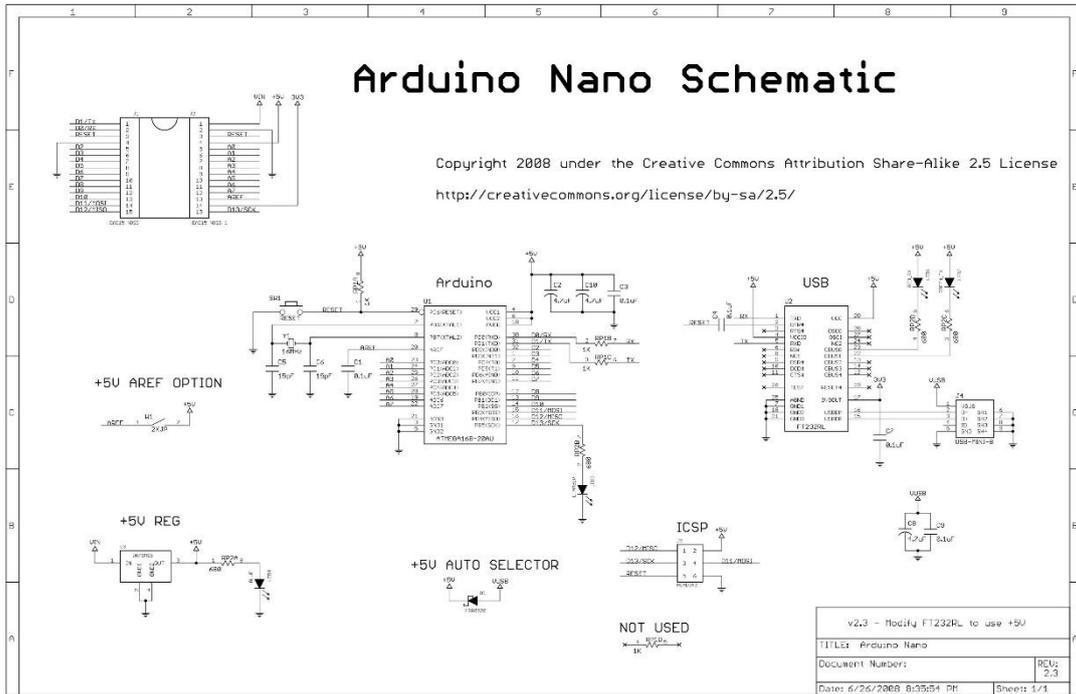
ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES

**Arduino Nano Bill of Material**

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONSem	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Cystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

# Arduino Nano Schematic

Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>





# CAPÍTULO 2

## PLIEGO DE CONDICIONES



# ÍNDICE CAPÍTULO 2. PLIEGO DE CONDICIONES

1. Presentación.....	74
2. Normas y condiciones generales.....	74
3. Condiciones de los Materiales .....	74
3.1. Cables .....	74
3.2. Sensores .....	74
4. Condiciones de la Ejecución .....	75

## 1. Presentación

En este apartado se determinarán las condiciones a cumplir por parte de los materiales y elementos empleados en el sistema diseñado, junto con la ejecución del proyecto.

Se aplicará este documento tanto para los componentes electrónicos como a todo lo relativo al software a utilizar.

## 2. Normas y condiciones generales

En el proceso de ejecución del proyecto se tendrán en cuenta las normas siguientes, obtenidas a partir del Boletín oficial del Estado (BOE) :

- **Real Decreto 486/97** por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 614/01** por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- **Real Decreto 485/1997** por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

## 3. Condiciones de los materiales

Los materiales y elementos electrónicos que se utilizarán deben cumplir con las normas relativas a dichos componentes por parte de la legislación actual. Su montaje y uso procederá tal y como se indica en las hojas de datos que proveen los fabricantes.

También será necesario el Marcado CE en el cual el fabricante afirma que el producto que se va a utilizar cumple con los requisitos mínimos de seguridad.

En el caso del proyecto que se va a realizar afectará la Directiva 2014/30/UE aplicable a los dispositivos electrónicos que regula la compatibilidad electromagnética de los equipos para garantizar el funcionamiento del mercado interior, exigiendo que los equipos cumplan un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética.

### 3.1. Cables

- **Cable Mini-B USB de Arduino:** Cable mini USB con conector tipo A y mini B. Longitud de 50 cm y color negro.

- **Jumpers macho/macho:** Cable con conexión macho/macho. Longitud 10 cm y colores variados. Compuestos por metal y plástico.

### 3.2. Sensores

- **Sensor de temperatura y humedad:** Sensor DHT11 con dimensiones 16x12x5 mm. Peso de 1 gramo. Con 4 pines de 8 mm de largo.
- **Sensores de gas:** Sensor MQ-3 con dimensiones 32x20 mm. Encapsulado de tipo B.  
Sensores MQ2, MQ4, MQ5, MQ6, MQ8 y MQ135 con encapsulado de tipo A y dimensiones 40x20 mm.

## 4. Condiciones de la ejecución

En la memoria descriptiva del proyecto deberán estar indicadas todos los pasos necesarios para realizar el montaje correctamente. También deberá contar con las pautas requeridas para su correcto uso.

Los componentes y dispositivos que han sido empleados deberán haber sido comprobados para evitar un posible mal funcionamiento. Para ello se deberá ensayar con dichos elementos asegurando su correcto comportamiento.



# CAPÍTULO 3

## PRESUPUESTO



# ÍNDICE CAPÍTULO 3. PRESUPUESTO

1. Precios unitarios.....	80
2. Cuadro de amortización .....	80
3. Cuadro de precios descompuestos .....	81
4. Presupuesto final.....	82

# Presupuesto

## 1. Precios unitarios

En este cuadro podemos ver el coste unitario de los materiales utilizados en el proyecto, junto con la mano de obra y otros gastos.

Cuadro de precios unitarios			
Ref	Ud	Descripción	Precio
<b>Materiales</b>			
M1	Ud	Arduino Nano	20 €
M2	Ud	Sensor MQ2	4,99 €
M3	Ud	Sensor MQ3	5,65 €
M4	Ud	Sensor MQ4	4,82 €
M5	Ud	Sensor MQ5	5,65 €
M6	Ud	Sensor MQ6	0,89 €
M7	Ud	Sensor MQ7	5,20 €
M8	Ud	Sensor MQ8	2,88 €
M9	Ud	Sensor MQ135	6,53 €
M10	Ud	Sensor DHT11	2,10 €
M11	Ud	Placa de prueba 80x60x10 mm	9,78 €
M12	Ud	Placa de prueba 114x48x12 mm	20,16 €
M13	Ud	Cable tipo Jumper macho/macho	3,00 €
M14	Ud	Conector mini USB	6,00 €
M15	Ud	Fuente de alimentación Mean Well RS-15-5	12,92 €
M16	Ud	Licencia Windows 10 Home	116,98 €
M17	Ud	Ordenador HP Pavilion 15-cs0012ns	1.079,00 €
M18	Ud	Cable tres hilos, 3 x 1,75 mm	1,75 €
M19	Ud	Sensor ME3-C2H4	101,46 €
<b>Mano de obra</b>			
P1	h	Ingeniero electrónico	15 €
P2	h	Doctor especialista en electrónica	25 €
<b>Medios auxiliares</b>			
AUX	%	Medios auxiliares	1,50%

## 2. Cuadro de amortización

En el siguiente cuadro se mostrarán los costes de amortización del equipo utilizado en función de las horas de uso de los mismos.

Cuadro de amortización					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Amortización	Total
M16	Ud	Licencia Windows 10 Home	116,98 €	1,50%	1,75 €
M17	Ud	Ordenador HP Pavilion 15-cs0012ns	1.079,00 €	1,50%	16,20 €

### 3. Cuadro de precios descompuestos

En este apartado se detalla el número de material empleado en el proyecto, junto con la mano de obra y los medios auxiliares.

El primer subapartado será el relativo a la matriz de sensores:

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
D1	Ud	Matriz de sensores. Montada y lista para usar	557,89 €	1	557,89 €
Materiales					
M2	Ud	Sensor MQ2	4,99 €	1	4,99 €
M3	Ud	Sensor MQ3	5,65 €	1	5,65 €
M4	Ud	Sensor MQ4	4,82 €	1	4,82 €
M5	Ud	Sensor MQ5	5,65 €	1	5,65 €
M6	Ud	Sensor MQ6	0,89 €	1	0,89 €
M7	Ud	Sensor MQ7	5,20 €	1	5,20 €
M8	Ud	Sensor MQ8	2,88 €	1	2,88 €
M9	Ud	Sensor MQ135	6,53 €	2	13,06 €
M10	Ud	Sensor DHT11	2,10 €	1	2,10 €
M19	Ud	Sensor ME3-C2H4	101,46 €	1	101,46 €
M16	Ud	Licencia Windows 10 Home	1,75 €	1	1,75 €
M17	Ud	Ordenador HP Pavilion 15-cs0012ns	16,20 €	1	16,20 €
Mano de obra					
P1	h	Ingeniero electrónico	15 €	24	360,00 €
P2	h	Doctor especialista en electrónica	25 €	1	25,00 €
Medios auxiliares					
AUX	%	Medios auxiliares	1,50%	549,65 €	8,24 €

El siguiente subapartado vendrá referido al montaje de la placa de *Arduino* junto con su programación:

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
D2	Ud	Microcontrolador Arduino. Programado y listo para su uso	374,48 €	1	374,48 €
Materiales					
M1	Ud	Arduino Nano	20 €	1	20 €
M14	Ud	Conector mini USB	6,00 €	1	6 €
M16	Ud	Licencia Windows 10 Home	1,75 €	1	1,75 €
M17	Ud	Ordenador HP Pavilion 15-cs0012ns	16,20 €	1	16,20 €
Mano de obra					
P1	h	Ingeniero electrónico	15 €	20	300,00 €
P2	h	Doctor especialista en electrónica	25 €	1	25,00 €
Medios auxiliares					
AUX	%	Medios auxiliares	1,50%	368,95 €	5,53 €

El tercer subapartado viene relacionado con la alimentación del sistema:

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
D3	Ud	Alimentación	192,52 €	1	192,52 €
Materiales					
M15	Ud	Fuente de alimentación Mean Well RS-15-5	12,92 €	1	12,92 €
M18	Ud	Cable tres hilos, 3 x 1,75 mm	1,75 €	1	1,75 €
Mano de obra					
P1	h	Ingeniero electrónico	15 €	10	150,00 €
P2	h	Doctor especialista en electrónica	25 €	1	25,00 €
Medios auxiliares					
AUX	%	Medios auxiliares	1,50%	189,67 €	2,85 €

El último subapartado será el que abarque el presupuesto relacionado con la implementación del sistema:

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Parcial
D4	Ud	Implementación de prototipo	308,45 €	1	308,45 €
Materiales					
M11	Ud	Placa de prueba 80x60x10 mm	9,78 €	1	9,78 €
M12	Ud	Placa de prueba 114x48x12 mm	20,16 €	1	20,16 €
M13	Ud	Cable tipo Jumper macho/macho (30 unidades)	3,00 €	2	6,00 €
M16	Ud	Licencia Windows 10 Home	1,75 €	1	1,75 €
M17	Ud	Ordenador HP Pavilion 15-cs0012ns	16,20 €	1	16,20 €
Mano de obra					
P1	h	Ingeniero electrónico	15 €	15	225,00 €
P2	h	Doctor especialista en electrónica	25 €	1	25,00 €
Medios auxiliares					
AUX	%	Medios auxiliares	1,50%	303,89 €	4,56 €

#### 4. Presupuesto final

En este apartado se obtendrá el precio final del proyecto en su totalidad al juntar los diferentes subapartados y aplicar los impuestos convenientes (IVA y beneficio industrial).

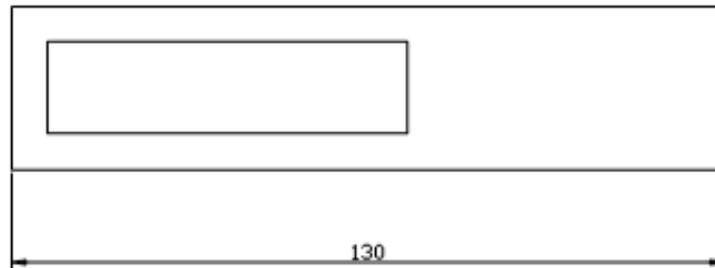
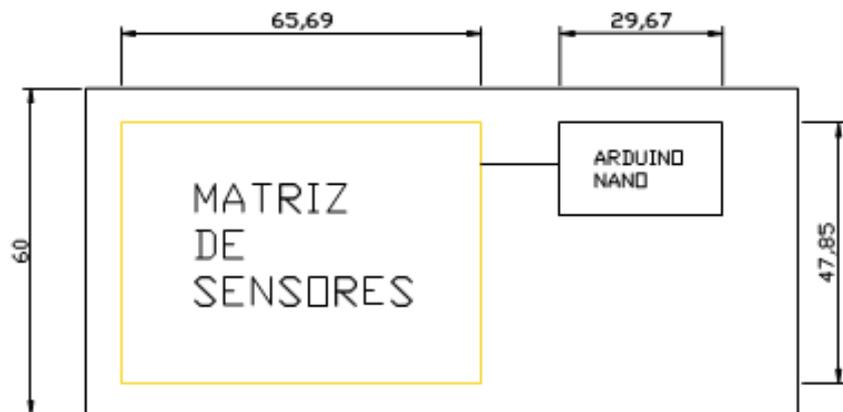
Presupuesto final					
Ref	Ud	Descripción	Precio	Cantidad	Total
D1	Ud	Matriz de sensores. Montada y lista para usar	557,89 €	1	557,89 €
D2	Ud	Microcontrolador Arduino. Programado y listo	374,48 €	1	374,48 €
D3	Ud	Alimentación	192,52 €	1	192,52 €
D4	Ud	Implementación de prototipo	308,45 €	1	308,45 €
Total (sin impuestos)					1.433,34 €
IVA (21%)					301,00 €
Beneficio industrial (20%)					286,67 €
<b>Total</b>					<b>2.021,01 €</b>

El coste total de ejecución y montaje del proyecto es de **DOS MIL VEINTIÚN EUROS CON UN CÉNTIMO.**

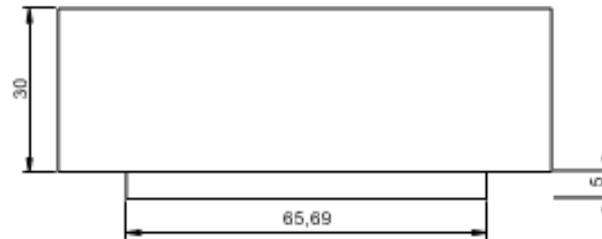
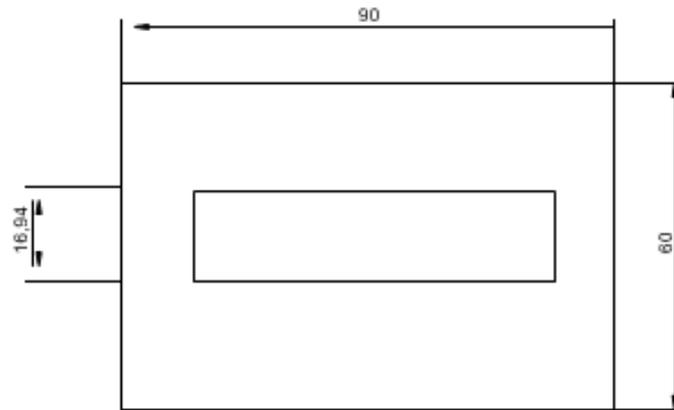


# CAPÍTULO 4

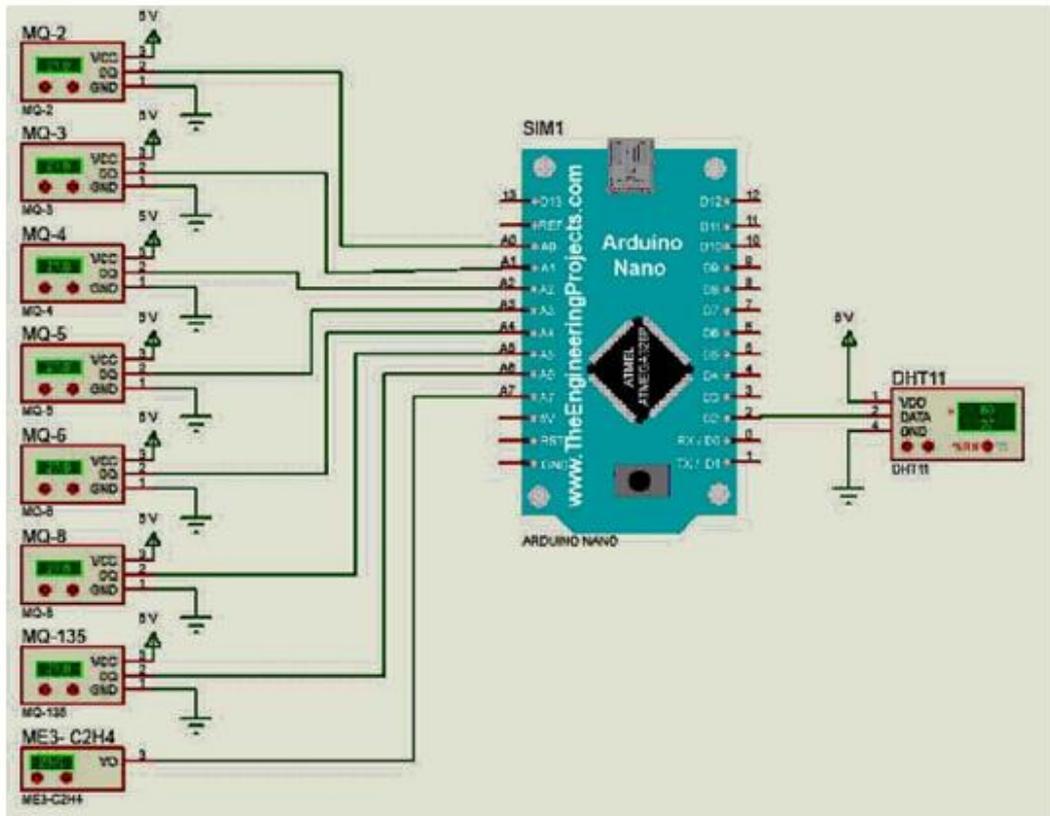
## PLANOS



	<b>Nombre</b>	<b>Firma:</b>	
<b>Dibujado</b>	Jose Luis Peñarrubia		
<b>Comprobado</b>			
<b>Ed. s. normas</b>			
<b>Escala:</b>	<b>ENCAPSULADO</b>		<b>Lamina n.</b> 1
1:4			



	<b>Nombre</b>	<b>Firma:</b>	
<b>Dibujado</b>	Jose Luis Peñarubia		
<b>Comprobado</b>			
<b>Ed. e. normas</b>			
<b>Escala:</b>	<b>CÁMARA ALIMENTOS</b>		<b>Lamina n. 2</b>
<b>1:4</b>			



	<b>Nombre</b>	<b>Firma:</b>	
<b>Dibujado</b>	Jose Luis Peñarrubia		
<b>Comprobado</b>			
<b>Id. a norma</b>			
<b>Escala:</b> <b>1:4</b>	<b>ESQUEMA ELÉCTRICO</b>		<b>Lamina n. 3</b>