



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA  
DETERMINAR LA PRODUCCIÓN DE ETILENO DE  
PRODUCTOS FRUTIHORTÍCOLAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**DIEGO FERNANDO TELLO MORA**

**DIRECTOR: ING. PABLO VELARDE, Ph.D.**

**Quito, agosto 2020**

© Universidad UTE 2020.

Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1721374153
APELLIDO Y NOMBRES:	DIEGO FERNANDO TELLO MORA
DIRECCIÓN:	MARCOS JOFRE OE6-74 Y JERÓNIMO URETA
EMAIL:	diegotm_93@outlook.com
TELÉFONO FIJO:	02 3316936
TELÉFONO MOVIL:	0991418265

DATOS DE LA OBRA					
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN DE ETILENO DE PRODUCTOS FRUTIHORTÍCOLAS.				
AUTOR O AUTORES:	DIEGO FERNANDO TELLO MORA				
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	08 – Octubre – 2020				
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	PABLO VELARDE, PhD				
PROGRAMA	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PREGRADO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">POSGRADO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>
PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA				
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>En el presente trabajo de titulación se llevó a cabo el diseño y construcción de un dispositivo para determinar la producción de etileno en los productos frutihortícolas para la Universidad UTE, con base en los requerimientos del centro de investigación de alimentos (CIAL). El dispositivo consta de un sensor de gas electroquímico <math>ME_3 - C_2H_4</math>. Se examinaron las características y aplicaciones de cada uno de los materiales, que se disponen en el país, que pueden estar en contacto con alimentos en especial con productos frutihortícolas. Para el proyecto se dimensionó cada componente utilizado con base en las cargas a soportar y su función dentro del sistema. La unidad de control la cual se utilizó en el proyecto se realizó con un microcontrolador Atmega 328p, el cual es el encargado de administrar y ejecutar cada una de las etapas del proceso de medición de etileno. Se desarrolló una aplicación de escritorio en la cual podemos descargar la información almacena en el sistema del dispositivo medidor de etileno. Una vez ya diseñado y construido el dispositivo se procedió</p>				

	<p>a evaluar el correcto funcionamiento mediante pruebas de precisión y repetitividad con productos frutihortícolas.</p> <p>El dispositivo ha sido verificado tanto en las mediciones como en el proceso de putrefacción de la fruta en el tiempo deseado. Para así validar la funcionalidad total del sistema construido y detectar posibles fallas en el diseño del hardware y software.</p> <p>Resultado de este trabajo es un instrumento para la medición de etileno portátil y que permite registrar, almacenar y mostrar la información obtenida en una aplicación de escritorio la cual podremos descargar en un archivo Excel para su posterior tratamiento.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	<p>microprocesador, productos frutihortícolas, etileno, sensor de gas electroquímico <math>ME_3 - C_2H_4</math>.</p>
<b>ABSTRACT:</b>	<p>In the present degree work, the design and construction of a device to determine the production of ethylene in fruit and vegetable products was carried out for the UTE University, based on the requirements of the food research center (CIAL). The device consists of a <math>ME_3 - C_2H_4</math>.electrochemical gas sensor. The characteristics and applications of each of the materials, which are available in the country, which may be in contact with food, especially fruit and vegetable products, were examined. For the project, each component used was dimensioned based on the loads to be supported and their function within the system. The control unit which was used in the project was made with an Atmega 328p microcontroller, which is in charge of managing and executing each of the stages of the ethylene measurement process. A desktop application was developed in which we can download the information stored in the ethylene measuring device system. Once the device had been designed and built, the correct operation was evaluated through precision and repeatability tests with fruit and vegetable products.</p> <p>The device has been verified both in the measurements and in the rotting process of the fruit in the desired time. In order to validate the total functionality of the built system and detect possible flaws in the hardware and software design.</p>

	The result of this work is a portable ethylene measurement instrument that allows to record, store and display the information obtained in a desktop application which we can download in an Excel file for further processing.
<b>KEYWORDS</b>	microprocessor, fruit and vegetable products, ethylene, the electrochemical gas sensor ME <sub>3</sub> – C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:  \_\_\_\_\_

TELLO MORA DIEGO FERNANDO

C.I. 1721374153

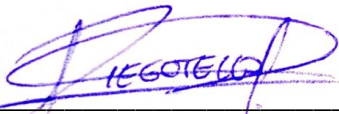
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, DIEGO FERNADO TELLO MORA, C.I.1721374153 autor/a del trabajo de titulación: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN DE ETILENO DE PRODUCTOS FUTIHORTÍCOLAS** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 08 de Octubre del 2020

f: \_\_\_\_\_

  
TELLO MORA DIEGO FERNANDO  
C.I. 1721374153

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN DE ETILENO DE PRODUCTOS FRUTIHORTÍCOLAS”** para aspirar al título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** fue desarrollado por **TELLO MORA DIEGO FERNADO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Pablo Velarde Rueda

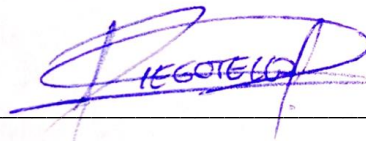
**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I.1718907478

## DECLARACION JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, Diego Fernando Tello Mora, portador(a) de la cédula de identidad N° 1721374153, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

TELLO MORA DIEGO FERNANDO

1721374153



# **DEDICATORIA**

## **A DIOS**

Por todas las bendiciones que he recibido en toda mi vida, porque no ha habido ocasión en que no estés conmigo.

Gracias a Dios por que con su ayuda lo logré.

## **A TODA MI FAMILIA**

Por todo el apoyo incondicional que he recibido a lo largo de mi carrera profesional, por los buenos consejos, y por los constantes momentos de ayuda en cada etapa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Jorge Tello y Lidia Mora por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias porque siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder; gracias por cada consejo y por cada de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y con los cuales he compartido momentos en mi vida y me han brindado su apoyo, conocimiento y amistad durante mi trayectoria de estudiante.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1 MEDIDORES DE ETILENO .....	4
1.2 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	6
1.2.1 SENSORES.....	6
<b>2. METODOLOGÍA Y DISEÑO</b> .....	11
2.1 REQUERIMIENTOS.....	9
2.2 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA.....	10
2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA .....	11
2.3.1 DISEÑO DEL CIRCUITO.....	11
2.3.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AIRE .....	13
2.3.3 SELECCIÓN DE LA BATERÍA .....	14
2.3.4 DISEÑO DEL PROGRAMA .....	15
2.3.4.1 Método para el procesamiento de recepción y envío de datos .....	15
2.3.4.2 Algoritmos del funcionamiento del programa .....	16
2.3.4.3 Interfaz Gráfica.....	17
2.3.5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA .....	18
2.3.5.1 Propiedades de material.....	20
2.3.5.2 Cargas.....	20
2.3.5.3 Resultados de estudio.....	21
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	26
3.1.1 MATERIALES E INSUMOS .....	27
3.1.2 PROCEDIMIENTO .....	27
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	30
CONCLUSIONES .....	30
RECOMENDACIONES .....	30
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	31
<b>ANEXOS</b> .....	32

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1</b> Ethan.....	4
<b>Figura 2</b> F-950.....	5
<b>Figura 3</b> Ci-900 .....	5
<b>Figura 4</b> Dräger Pac 7000 .....	6
<b>Figura 5</b> Metodología .....	8
<b>Figura 6</b> Diagrama De Requerimientos.....	9
<b>Figura 7</b> Estructura General Del Medidor De Etileno .....	10
<b>Figura 8</b> Ensamblaje De Medidor De Gas Etileno .....	10
<b>Figura 9</b> Circuito Sensor Etileno.....	12
<b>Figura 10</b> Batería Lipo 7.4v 3500 Mah Recargable Nueva .....	15
<b>Figura 11</b> Comunicación Puerto Serie Entre Arduino Y C#.....	16
<b>Figura 12</b> Algoritmo Al Iniciar El Sistema .....	16
<b>Figura 13</b> Algoritmo De Medición .....	17
<b>Figura 14</b> Diseño Base De Medidor .....	18
<b>Figura 15</b> Diseño Tapa Del Medidor .....	19
<b>Figura 16</b> Diseño Tapa Del Sensor .....	19
<b>Figura 17</b> Tensión De Von Mises .....	21
<b>Figura 18</b> Vista Frontal Del Prototipo .....	22
<b>Figura 19</b> Vista Isométrica Del Prototipo .....	22
<b>Figura 20</b> Componentes Electrónicos Del Sistema .....	23
<b>Figura 21</b> Aplicación De Escritorio .....	24
<b>Figura 22</b> Archivo Excel .....	24
<b>Figura 23</b> Menú Del Medidor.....	24
<b>Figura 24</b> Productos Escogidos Para Las Pruebas.....	25
<b>Figura 25</b> Escogida La Fruta.....	25
<b>Figura 26</b> Medición En Ejecución.....	25
<b>Figura 27</b> Fin De Muestra.....	26
<b>Figura 28</b> Envío De Datos .....	26
<b>Figura 29</b> Grabado Exitoso .....	26
<b>Figura 30</b> Pruebas Realizadas .....	28

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1</b> Tabla Comparativa De Sensores De Etileno .....	11
<b>Tabla 2</b> Tabla Comparativa De Display Lcd .....	13
<b>Tabla 3</b> Tabla Comparativa De Microcontroladores .....	13
<b>Tabla 4</b> Tabla Comparativa De Bombas .....	14
<b>Tabla 5</b> Características Batería Tcbworth.....	15
<b>Tabla 6</b> Diseño Interfaz Gráfica .....	18
<b>Tabla 7</b> Dimensiones Generales .....	19
<b>Tabla 8</b> Propiedades Del Material .....	20
<b>Tabla 9</b> Tabla De Carga .....	20
<b>Tabla 10</b> Calibración Del Sensor .....	27
<b>Tabla 11</b> Pruebas De Precisión .....	28
<b>Tabla 12</b> Variación Del Error Relativo .....	28

# ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> Planos De La Estructura .....	32
<b>ANEXO 2</b> Hoja De Datos Del Sensor .....	34

## RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo el diseño y construcción de un dispositivo para determinar la producción de etileno de productos frutihortícolas, con base en los requerimientos del centro de investigación de alimentos (CIAL). El dispositivo consta del sensor de gas electroquímico  $ME_3 - C_2H_4$ . Se examinaron las características y aplicaciones de cada uno de los materiales, disponibles en el país, que pueden estar en contacto con alimentos. Se dimensionó cada componente utilizado con base en las cargas a soportar y su función dentro del sistema. La unidad de control se realizó con un microcontrolador, el cual es el encargado de administrar y ejecutar cada etapa del proceso de medición de etileno. Se desarrolló una aplicación de escritorio para descargar la información almacenada en el sistema. Una vez diseñado y construido el dispositivo se evaluó el funcionamiento mediante pruebas de precisión y repetitividad. Resultado de este trabajo es un instrumento de medición de etileno portátil que permite registrar, almacenar y mostrar la información obtenida para su posterior tratamiento.

**Palabras claves:** microprocesador, productos frutihortícolas, etileno, sensor de gas electroquímico  $ME_3 - C_2H_4$ .

## ABSTRACT

In the present work, the design and construction of a device to determine the ethylene production of fruit and vegetable products were carried out, based on the requirements of the food research center (CIAL). The device consists of the electrochemical gas sensor  $ME_3 - C_2H_4$ . The characteristics and applications of each of the materials, available in the country, that may be in contact with food were examined. Each component used was designed based on the supported loads and its function within the system. The control unit was made by a microcontroller, which manage and executes each stage of the ethylene measurement process. A desktop application was developed to download the information stored in the system. Once the device was designed and built, its performance was evaluated through precision and repeatability tests. The result of this work is a portable ethylene measuring instrument that allows the obtained information to be recorded, stored and displayed for later treatment.

**Keywords:** microprocessor, fruit and vegetable products, ethylene, the electrochemical gas sensor  $ME_3 - C_2H_4$ .



## **1. INTRODUCCIÓN**

El etileno es una hormona vegetal que controla una amplia gama de procesos fisiológicos en las plantas. Durante el almacenamiento poscosecha de frutas y verduras, el etileno puede inducir efectos negativos, como senescencia<sup>1</sup>, sobre-maduración, pérdida de calidad acelerada, aumento de susceptibilidad a patógenos frutales y trastornos fisiológicos, entre otros (Balaguera-López, et al., 2015).

El etileno regula la maduración y senescencia<sup>1</sup> de productos agrícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico (Kesari et al., 2007), debido a que estimula la expresión de genes que codifican las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia (Jiang y Fu, 2000).

El etileno tiene un papel doble en la poscosecha, por un lado ocasiona que los frutos adquieran características organolépticas<sup>2</sup> óptimas para su consumo, pero también es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad (Bapat et al., 2010).

El conocimiento del mecanismo de acción del etileno ha permitido generar diferentes tecnologías y procedimientos para disminuir sus efectos negativos, donde se incluyen la refrigeración, uso de atmósferas modificadas y controladas, aplicación de calcio, entre otros. Sin embargo, los retardantes químicos de madurez han mostrado mayor eficiencia en el control de la madurez y senescencia de frutos, hortalizas y flores (Arora et al., 2008).

Los dispositivos electrónicos ligados a la medición de gases como el etileno, la mayoría de ellos son muy costosos y estos no ofrecen la función de guardar las mediciones y si lo hacen tienen poca memoria de almacenamiento, además no tienen aplicación de escritorio, la cual permita ver las tomas realizadas con información acerca de la hora de muestra realizada, lo que hace que el proyecto ofrezca alternativas diferentes en comparación con las existentes en el mercado.

En el presente trabajo de investigación se desarrolla un dispositivo para medir la cantidad de etileno en partes por millón (ppm) que se produce en frutas y hortalizas, de esta manera poder clasificar con alta, baja o media producción de etileno, evaluando las condiciones de almacenamiento.

---

<sup>1</sup> **Senescencia:** Etapa final del ciclo de vida de la planta, cuando la mayoría de los nutrientes pasan a las partes reproductivas.

<sup>2</sup> **Organolépticas:** Son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general.

El sistema consiste en un medidor de gas de fácil uso, que pueda reconocer las cantidades de etileno que producen las frutas, hortalizas y flores. En cuanto, a los componentes incorporados en el diseño y construcción, se realizó el acoplamiento de la señal con base en la información del fabricante, el procesamiento de los datos se lo recopila en la memoria del microcontrolador.

Dentro de la implementación del sistema mecatrónico, se busca brindar facilidad al usuario para realizar estudios que se basen en la medición de gases de etileno en las frutas, hortalizas y flores.

Con el diseño y la construcción del dispositivo se midió la cantidad de etileno que tienen las frutas o hortalizas bajo el estudio, los datos son almacenados y posteriormente guardados en una tabla de Excel.

## 1.1 MEDIDORES DE ETILENO

### Contador de Partículas

Es un instrumento portátil como se muestra en la Figura 1 el cual funciona con pilas y sirve para medir las ppm de etileno contenido en las cámaras de almacenamiento y preservación de frutas, verduras y flores. Mide la concentración de etileno durante el transporte de frutas y hortalizas con una resolución de 0.2 ppm. Tiene una célula electroquímica y bomba de muestreo eléctrica (Biotempak,2019).



**Figura 1** ETHAN  
(bioconservacion.es ,2019)

### F-950 Analizador de etileno portátil

El analizador F-950 mide los niveles de etileno,  $CO_2$  y  $O_2$  en la atmósfera, y puede escalarse para diferentes ambientes, desde una cámara frigorífica a un almacén, hasta un contenedor de transporte. Muestra resultados en menos de 30 s. Registro y almacenamiento de datos internos (tarjeta SD de 4GB). La batería dura más de 8 horas. Pantalla fácil de ver en entornos con poca luz como se indica en la Figura 2 (elixinstruments.com,2019).



**Figura 2** F-950  
(elixinstruments.com,2019)

### CI-900 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

En el núcleo del instrumento, el CI-900 utiliza una tecnología de sensor electroquímico que ofrece extraordinaria sensibilidad al etileno, con lecturas precisas tan bajas como 10 ppm en el aire. Tiene alta sensibilidad al  $C_2H_4$  hasta 1 ppm. Tiene la capacidad de detección de  $CO_2$  opcional. La batería es recargable de iones de litio y proporciona 4 horas de uso en el campo ininterrumpida. Es portátil y tiene un peso de 2.43 kg como se observa en la Figura 3 (lapacacr.com (s.f.),2019).



**Figura 3** CI-900  
(lapacacr.com,2019)

## Dräger Pac 7000

El Dräger Pac 7000 detector de gas es un instrumento impresionante con lo último en tecnología de sensores y un alto nivel de fiabilidad. Su carcasa de protección tiene revestimiento de hule lo que la hace durable y resistente a los impactos como se observa en la Figura 4. Se puede reemplazar fácilmente el sensor y la batería. Tiene una alarma incorporada de dos tonos con indicador de batería baja. El rango de medición del gas etileno es de 0 a 200 ppm con una resolución de 1 ppm. Cuenta con un almacenamiento de datos de 120 horas a un conjunto de datos por minuto (oremor.com (s.f.),2019).



**Figura 4** Dräger Pac 7000  
(oremor.com,2019)

## 1.2 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

En todo proceso productivo se debe medir permanentemente una o más variables físicas, por ejemplo, la presión de una caldera, la temperatura de una cámara frigorífica o la vibración de un motor. Este monitoreo se lo realiza con la finalidad de conocer el estado del proceso y conforme a ello tomar decisiones, es decir, se debe recoger las mediciones “del mundo real” (presión, temperatura, vibración) y transformarlas en “datos numéricos” para poderlos recopilar, analizar y presentar en un computador en forma de tablas, gráficos u otro formato para permitir entender y operar con esta información. Esta función es la que cumple un “Sistema Adquisición de Datos y Registro” también conocido como DAQ (Data Acquisition System) (veto.cl et al ,2018).

### 1.2.1 SENSORES

Los sensores, también conocidos como transductores, tienen por finalidad medir una magnitud física cualquiera, por ejemplo, temperatura, y convertir esa lectura en una señal eléctrica factible de ser medida y comunicada de algún modo (veto.cl et al,2018).

El objetivo general planteado es diseñar y construir un dispositivo portátil para determinar la tasa de respiración de productos frutihortícolas.

Los objetivos específicos del proyecto son:

Implementar un sistema para la adquisición de datos de las señales captadas del etileno en tres cámaras de almacenamiento; diseñar y construir un dispositivo portátil; diseñar una aplicación de escritorio para registrar los datos obtenidos, los cuales serán guardados para su descarga; validar el prototipo y su funcionamiento.

El alcance de este proyecto consiste en el desarrollo de un medidor portátil para obtener datos de la cantidad de ppm de etileno en cámaras de almacenamiento, mediante la utilización de un sensor electroquímico sensible al gas. La señal del sensor será acoplada para poder realizar el tratamiento de la misma para su análisis posterior. Los datos serán almacenados para su descarga y se presentarán en un archivo de Excel.

## **2. METODOLOGÍA Y DISEÑO**

Para desarrollar este proyecto se utilizó la metodología mecatrónica basada en el modelo en V, proceso que representa la secuencia de pasos en el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto, donde se describen y analizan los requerimientos del sistema a diseñar e implementar. (Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H., 2005).

Una vez planteada una solución se procedió a adquirir el sensor de etileno, el microprocesador, el display LCD, amplificadores, convertidor de voltaje, bomba de aire y la fuente de alimentación, elementos que necesarios para construir nuestro medidor de etileno, se modeló y diseñó la estructura del dispositivo y se realizó el código de programación para que logre detectar las cantidades de etileno con el sensor, luego tener las variables en una base de datos.

Posteriormente, se integraron los sistemas mencionados para realizar pruebas de funcionamiento, que actúen en conjunto y de esta manera validar los requerimientos planteados.



**Figura 5** Metodología  
(Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H., 2005)

La Figura 5 muestra la metodología que se utilizó en el diseño y construcción del proyecto.



## 2.1 REQUERIMIENTOS

En la Figura 6 se especifican los requerimientos establecidos por el Centro de Investigación de Alimentos UTE (CIAL) para el diseño y construcción del medidor de etileno fueron los que se detallan a continuación:

- El dispositivo debe hacer tomas en tres cámaras de almacenamiento.
- El dispositivo debe ser portátil.
- El dispositivo es indispensable que cuente con almacenamiento para guardar los datos de las mediciones obtenidas.
- El dispositivo debe contar con una aplicación de escritorio para registrar los datos obtenidos, los cuales serán guardados para su descarga.

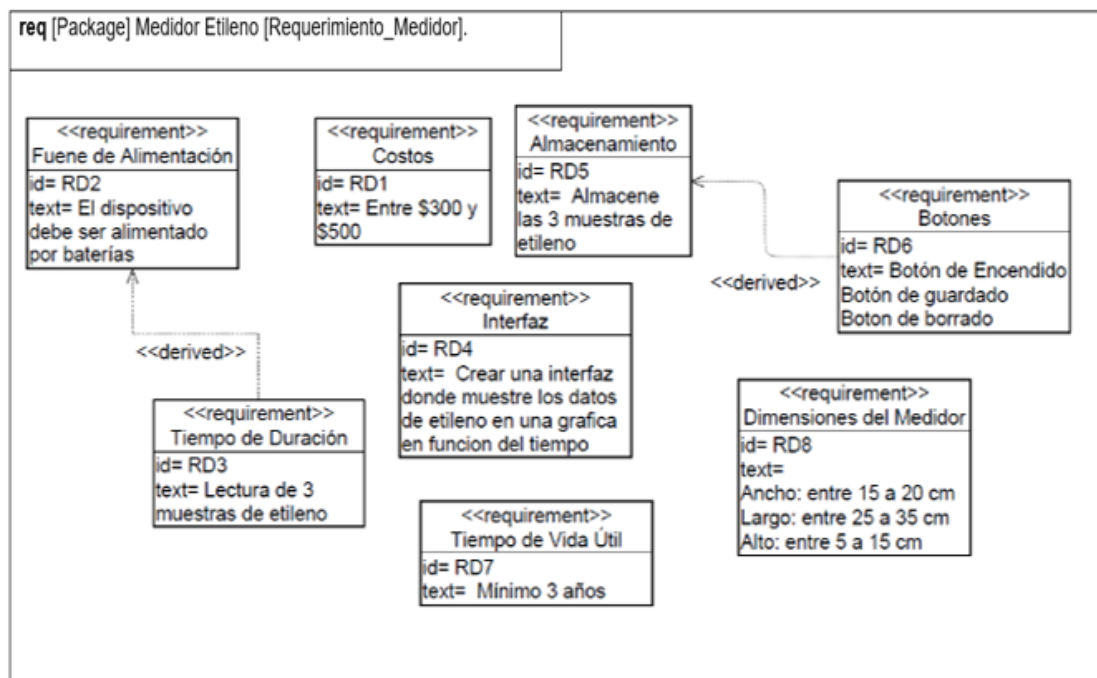


Figura 6 Diagrama de Requerimientos.

## 2.2 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA

El sistema cuenta con una estructura que ayuda a la integración de los componentes del sistema, como el display, LCD y el microcontrolador, además de un computador, para comunicarse con el dispositivo y posterior descargar las muestras realizadas. La alimentación del medidor de etileno consta de una fuente DC, tal como se indica en la Figura 7.

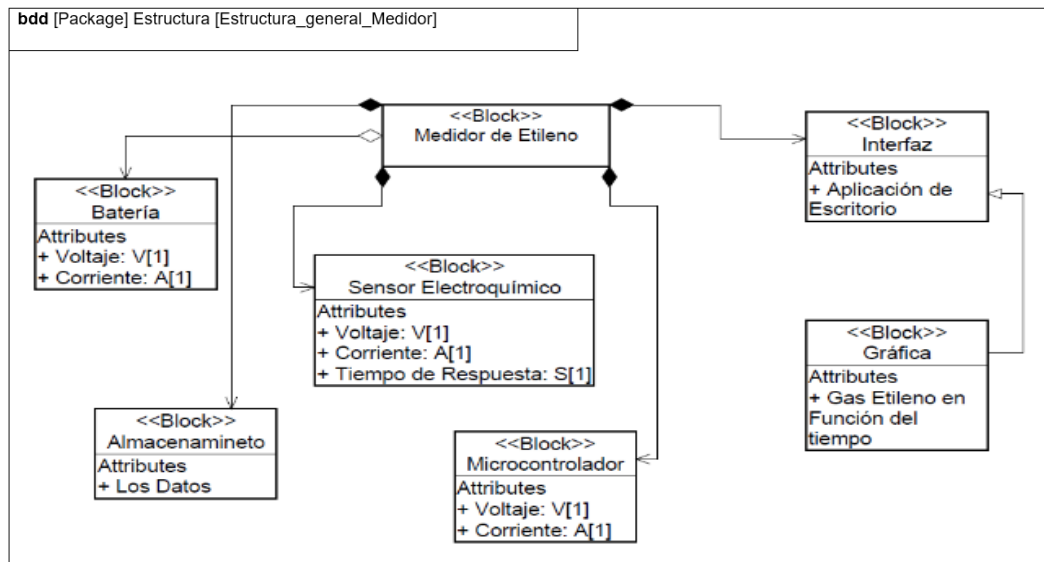


Figura 7 Estructura general del Medidor de Etileno

La Figura 8 especifica la estructura interna y la conexión que existe entre los diferentes componentes que conforman el dispositivo, el cual medirá la cantidad de gas etileno, cómo se guardan y descargan los datos obtenidos y finalmente se presentará en una tabla de Excel.

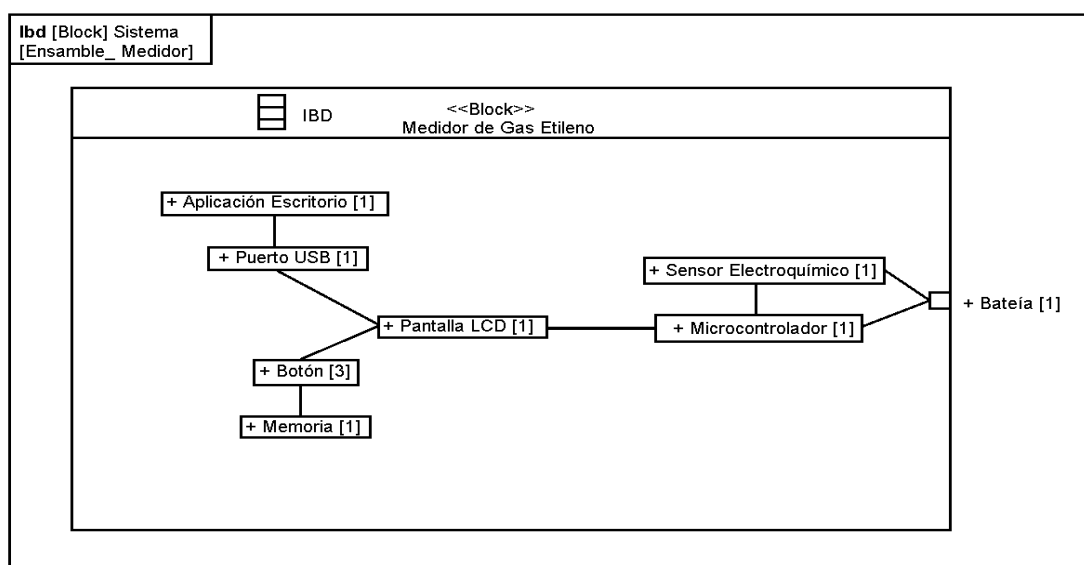


Figura 8 Ensamblaje de medidor de gas etileno

## 2.3 DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA

### 2.3.1 DISEÑO DEL CIRCUITO

Se tomaron en cuenta para la elección del microprocesador aspectos como: la capacidad de memoria de almacenamiento, puertos de entrada y salida y periféricos. Además, se consideró para la programación un software libre. Por otro lado, se buscó que el sensor sea sensible al etileno para poder realizar las medias al gas propuesto. Finalmente, se escogió el tamaño de la pantalla LCD de acuerdo con el tamaño de los caracteres mostradas en la pantalla.

En la Tablas 1 se muestran las comparaciones de las principales características de sensores de etileno existentes en el mercado.

**Tabla 1** Tabla comparativa de sensores de etileno

Sensor	Sensibilidad	Tiempo de Respuesta	Vida Útil
ETO-A1	1600 a 2000 nA/ppm a 20 ppm	<75s	2 años
4ETO-S	1.9± 05µA/ppm	≤120S	18 meses
ME3-C2H4	(0,04 ±0,012) uA/ppm	<30 S	3 años

Para el proyecto se eligió el sensor de gas electroquímico  $ME_3 - C_2H_4$  ya que es un sensor que tiene alta presión, alta sensibilidad y tiene una buena fiabilidad en la medición.

El sensor de gas electroquímico  $ME_3 - C_2H_4$  utiliza el proceso de oxidación electroquímica en el electrodo de trabajo de la célula electrolítica. La corriente producida en la reacción electroquímica es directamente proporcional a la concentración.

#### Características

- De bajo consumo
- Alta Precisión y alta sensibilidad
- Amplia gama de linealidad
- Buena capacidad anti interferencias
- Una excelente estabilidad y fiabilidad

## Parámetros técnicos

- Modelo: ME3-C2H4
- Detección de gas: C2H4
- Rango de detección: 0-100ppm
- Rango máximo: 200ppm
- Sensibilidad:  $(0,04 \pm 0,012)$  uA/ppm
- Resolución: 0.5ppm
- Tiempo de respuesta: <20 s
- Salida: linealidad de salida
- Vida útil: 3 años en el aire

Una vez elegido al sensor se tomó en cuenta el circuito que recomienda el fabricante (Anexo 2). En la Figura 9 se muestra dicho circuito de conexión para la utilización del sensor.

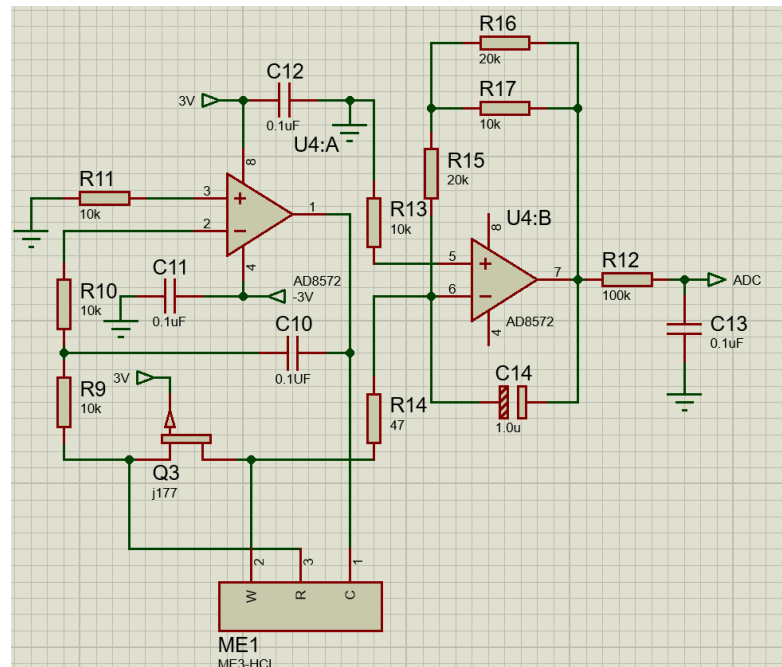


Figura 9 Circuito Sensor Etileno

En la Tabla 2 se muestra la comparación de las principales características del display LCD existentes en el mercado.

**Tabla 2** Tabla comparativa de display LCD

Display LCD	Caracteres	Alimentación	Compatible con Atmega 328p
LCD 16x2 Color Azul	16 caracteres x 2 líneas	3 – 5 V	Si
LCD 20x4 Color Azul	20 caracteres x 4 líneas	5V	Si
LCD 128x64 Color Azul	128 caracteres x 64 líneas	5 V	Si

Posteriormente se seleccionó el microcontrolador. En la Tabla 3 se muestra una comparación entre las funciones principales de diversos microcontroladores existentes en el mercado.

**Tabla 3** Tabla comparativa de microcontroladores

Microcontrolador	Número de Bits	Número de Instrucciones	Tipo de Memoria
Pic 16F84	14 bits	37	FLASH
Pic 16C84	14 bits	33	EEPROM
Atmega 328p	8 Bits	131	FLASH Y RAM

Se escogió el microcontrolador Atmega 328p que tiene 14 puertos digitales de entrada/salida, 6 puertos analógicos, una memoria de 16 KB, 1 KB de SRAM, 512 bytes de EPROM y en el proyecto se utilizan 12 puertos digitales y 1 puerto analógico.

### 2.3.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AIRE

Para la selección de la bomba de aire se tomó en cuenta el tiempo de respuesta que tiene el sensor que es de 20 s. El lado del recipiente cúbico donde va a estar la fruta para su prueba es de 9.36 cm. Posterior a esto se obtuvo el volumen del recipiente:

$$\text{Vol} = \text{lado}^3 \quad [1]$$

$$\text{Vol} = (9.36 \text{ cm})^3$$

$$\text{Vol} = 820.03 [\text{cm}^3]$$

Se obtuvo el caudal teniendo en cuenta el tiempo de succión y el volumen del recipiente:

$$Q = \frac{Vol}{t} \quad [2]$$

$$Q = \frac{820.03 \text{ cm}^3}{20 \text{ s}}$$

$$Q = 41 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 2.46 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Se eligió la bomba de succión como se muestra en la Tabla 4, que cumple los requerimientos establecidos.

**Tabla 4** Tabla comparativa de Bombas

Bomba de Aire	Caudal	Alimentación	Compatible con Atmega 328p
Bomba de Succión	2 - 3 l/min	5 - 12 V	Si
Bomba Peristáltica	20-60 ml/min	12V	Si
mini bomba SUMERGIBLE	80-120l/h	2.5-6V	Si

### 2.3.3 SELECCIÓN DE LA BATERÍA

Para la selección de la batería se tomó en cuenta el consumo de corriente que tienen la bomba, el microcontrolador, el LCD y el sensor.

Consumo de Corriente Bomba Succión :500 [mA]

Consumo de Corriente Arduino nano :15 [mA]

Consumo de corriente con luz de fondo del LCD: 25 [mA]

Consumo de corriente Sensor  $ME_3 - C_2H_4$ : 500 [mA]

Se sumaron todas las corrientes para tener un consumo de corriente total:

$$I_{TOTAL} = 500 + 15 + 25 + 500 [mA] \quad [3]$$

$$I_{TOTAL} = 1040 [mA] = 1.04[A]$$

Para determinar que batería A utilizar se considera el tiempo de funcionamiento estimado. (t=3 horas). La capacidad de la batería es:

$$W = I_{TOTAL} \times t \quad [4]$$

$$W = 1040 \times 3$$

$$W = 3120 [mAh]$$

Se adquiere la Bateria Lipo 7.4v 3500 mAh Recargable Nueva Tcbworth como se observa en la Figura 10, Las características se indican en la Tabla 5.



**Figura 10** Batería Lipo 7.4v 3500 Mah Recargable Nueva (Tcbworth,2020).

**Tabla 5** Características Batería Tcbworth

Tamaño	135*42*17mm
Voltaje	7.4 v
Peso	220g
Corriente	3500[mAh]

## 2.3.4 DISEÑO DEL PROGRAMA

### 2.3.4.1 Método para el procesamiento de recepción y envío de datos

Comunicación puerto serie entre Arduino y C#:

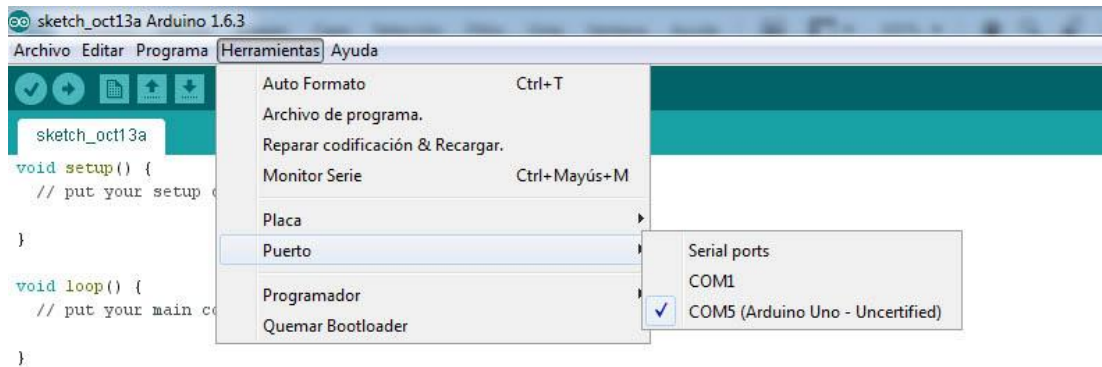
Cuando se programa el microcontrolador de Arduino, se hace a través del puerto serie. Este puerto permite cargar el programa, pero también sirve para monitorear de forma sencilla los datos de salida de los sensores conectados y poderlos visualizar en alguna aplicación.

BaudRate

Establece la velocidad en baudios del puerto serie. Un baudio es el número de señales por segundo, se trata de una medida usada en telecomunicaciones. Normalmente se utiliza 9600 y se coloca igual en la configuración de Arduino (Arduino, 2019).

PortName

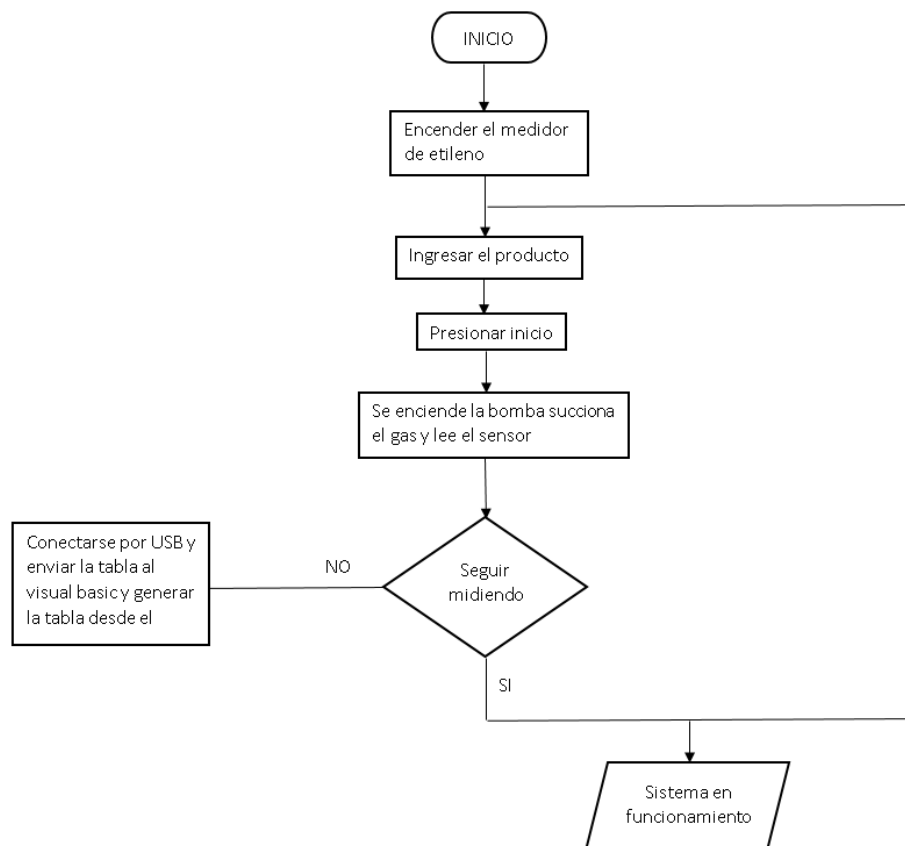
Establece el puerto de comunicaciones. Dependerá del puerto COM asignado a cada placa de Arduino. Una manera de saber qué número de puerto se ha asignado es a través del IDE de desarrollo, en Herramientas/Puerto se puede observar en la Figura 11.



**Figura 11** Comunicación puerto serie entre Arduino y C#

### 2.3.4.2 Algoritmos del funcionamiento del programa

En las Figuras 12 y 13 se muestran los algoritmos del funcionamiento del programa, el mismo que fue diseñado en lenguaje C++. A continuación, se detalla la función que cumplen estos algoritmos.

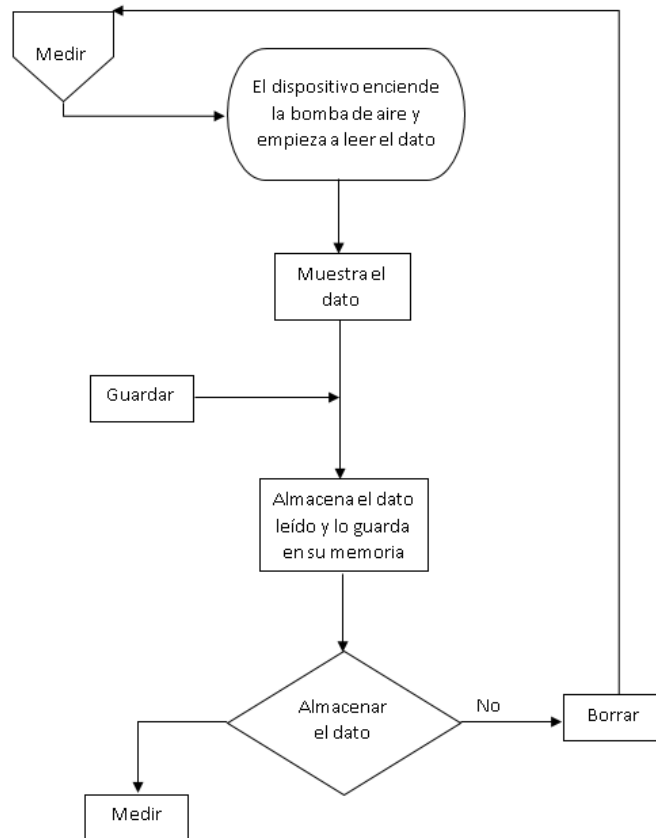


**Figura 12** Algoritmo al Iniciar el sistema

La Figura 12 muestra el primer paso, el cual es encender el dispositivo presionando el botón de nombre “Encender”, luego se ingresa el producto en el dispositivo de ahí se presiona el botón inicio en el dispositivo, se enciende



la bomba de aire y empieza a sensar la cantidad de etileno presente en el producto.



**Figura 13** Algoritmo de Medición

En la Figura 13 se muestra la opción de medición, que enciende la bomba por un tiempo de 10 s que es el tiempo que necesita para dar el dato correcto; a continuación, se puede guardar y si no está bien tomado el dato, se puede borrar y volver a medir.

### 2.3.4.3 Interfaz Gráfica

En el diseño de la interfaz gráfica se la toma en cuenta una vez que ya se ha mostrado y guardado todos los datos. Estos son almacenados con 12 mediciones por muestra, se puede recolectar 12 cantidad de datos de un mismo fruto y cuatro diferentes tipos de frutos, así como la hora en la cual se tomó la muestra y el dato obtenido.

La Tabla 6 muestra las acciones, elementos y funciones que conforman el diseño de la interfaz del dispositivo y la distribución de los elementos del dispositivo.

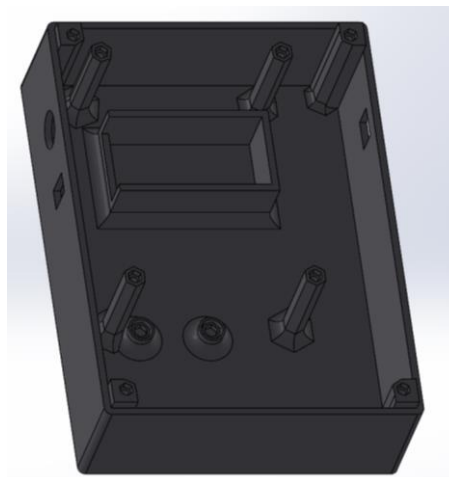
**Tabla 6** Diseño interfaz gráfica

Acción	Elemento	Función
Encendido	Acceso directo dispositivo	Run acceso directo programa
Mostrar datos obtenidos	Pantalla	Show datos directo pantalla
Guardar datos obtenidos	Tecla	Save datos directo teclado
Apagar dispositivo	Acceso directo apagar	Run poweroff

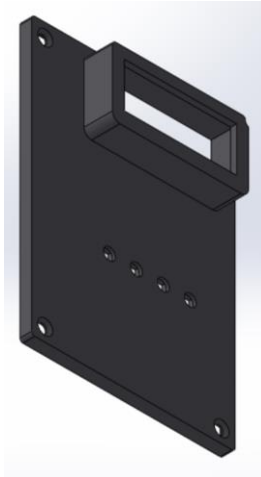
### 2.3.5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura se tomaron en cuenta las dimensiones del microprocesador, de la pantalla y PCB, posteriormente se realizó un modelo CAD de todas las piezas que conforman la estructura y un ensamble que muestra cómo se integran.

En la Figura 14 se indica la parte inferior de la estructura del medidor de etileno donde soporta todo el ensamble del circuito y la bomba de aire.



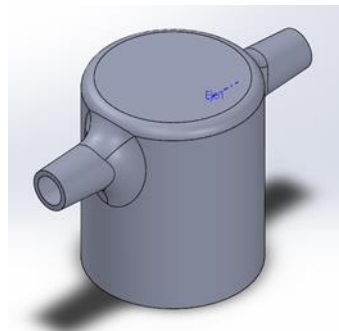
**Figura 14** Diseño Base de Medidor



**Figura 15** Diseño Tapa del Medidor

En la Figura 15 se indica la parte frontal de la estructura del medidor de etileno donde se colocará la pantalla LCD y los botones.

El sensor de etileno necesita estar herméticamente cerrado para que no haya fugas de gas y la medición sea exacta, para esto se diseñó un recubrimiento, el cual está indicado en la Figura 16.



**Figura 16** Diseño tapa del sensor

En la Tabla 7 se muestra las dimensiones de los complementos estructurales de los elementos mostrados en la Figuras 14 - 16.

**Tabla 7** Dimensiones generales

<b>Pieza</b>	<b>Largo [mm]</b>	<b>Ancho [mm]</b>	<b>Profundidad [mm]</b>
Base Medidor	186	136	49
Tapa Medidor	186	136	8
Tapa Sensor	14	14	25

Para obtener una vista más detallada de las piezas que conforman la estructura, el Anexo 1 contiene un plano de las partes.

Debido a su ligero peso para la fácil transportación, su forma sólida que sirve para proteger los componentes electrónicos y a su vez la durabilidad que ofrecen, se establecieron los materiales para las piezas que conforman la estructura. El material empleado en toda la estructura es ABS.

### 2.3.5.1 Propiedades de material

Para la construcción de la estructura se utilizó ABS, con las propiedades mecánicas anotadas en la Tabla 8.

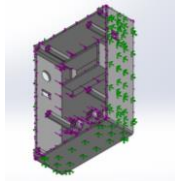
**Tabla 8** Propiedades del material

Propiedad	Valor	Unidad
Módulo elástico	$2,41 \times 10^9$	$N/m^2$
Coefficiente de Poisson	0.3897	N/D
Módulo cortante	$8,62 \times 10^8$	$N/m^2$
Densidad de masa	1070	$kg/m^3$
Límite de tracción	$4 \times 10^7$	$N/m^2$
Conductividad térmica	0.2618	$W/(m.K)$
Calor específico	1900	$J/(kg.K)$

### 2.3.5.2 Cargas

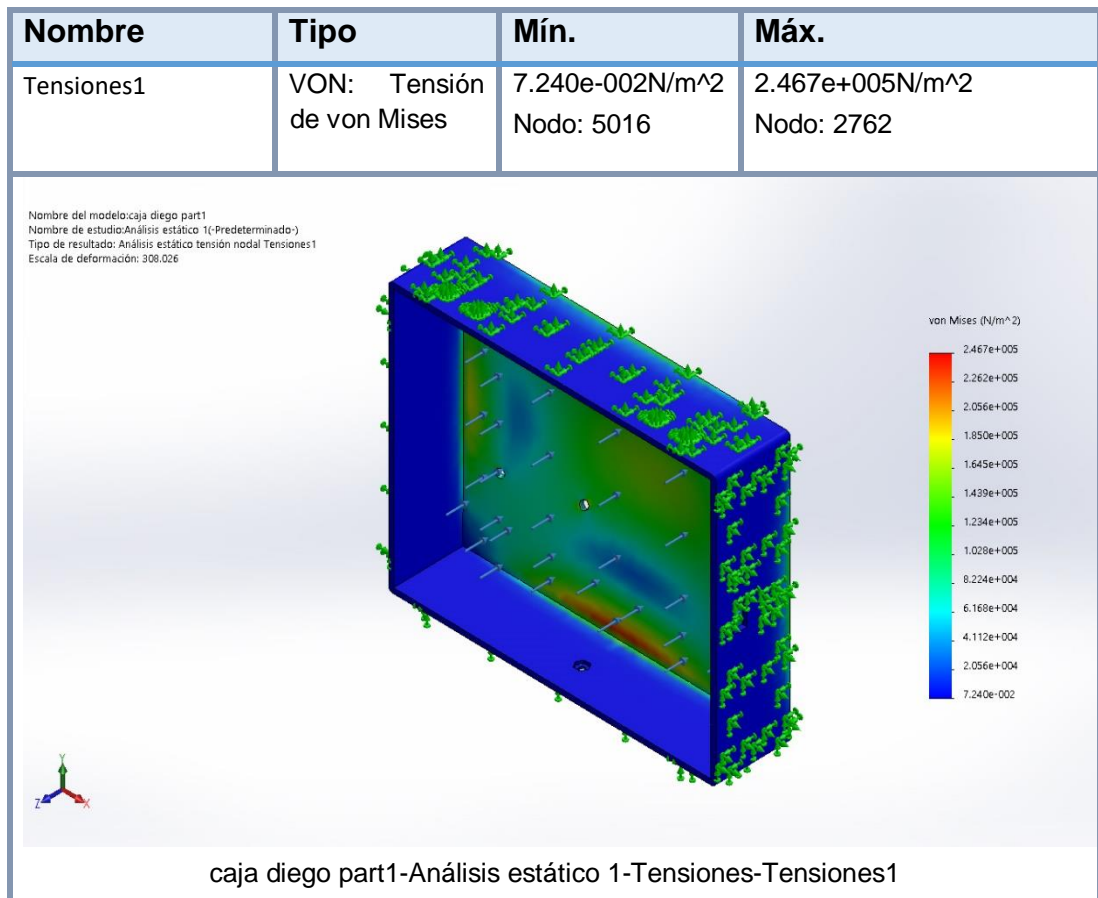
En la Tabla 9 se indican las cargas que soporta la estructura por el peso de los componentes utilizados. El peso medido es de 720 g.

**Tabla 9** Tabla de Carga

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 7 N

### 2.3.5.3 Resultados de estudio

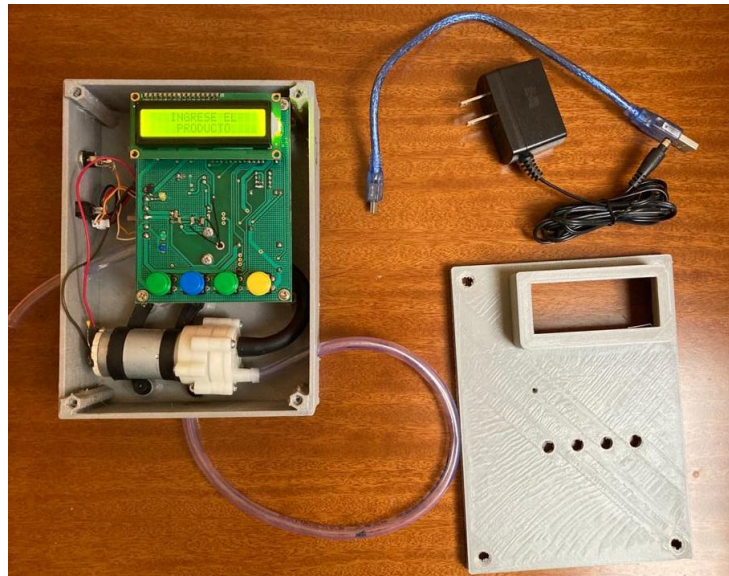
Como se muestra en la Figura 17 el plástico ABS, material de la estructura con un módulo elástico de  $2 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$ , en el estudio no sobrepasa los límites del material ya que tuvo una deformación de  $7.240 \times 10^2 \frac{N}{m^2}$  que se puede visualizar en el indicador de von Mises de color azul, por lo que no ocurrirá fallas ni expansiones en la estructura.



**Figura 17** Tensión de von Mises

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Una vez completado el diseño de la placa PCB y la estructura se procedió al ensamblaje de todos los componentes, donde se pudo comprobar que el circuito escogido es apto para el correcto funcionamiento y ensamblaje de las partes electrónicas con los componentes de la estructura, como se muestra en la Figura 18.



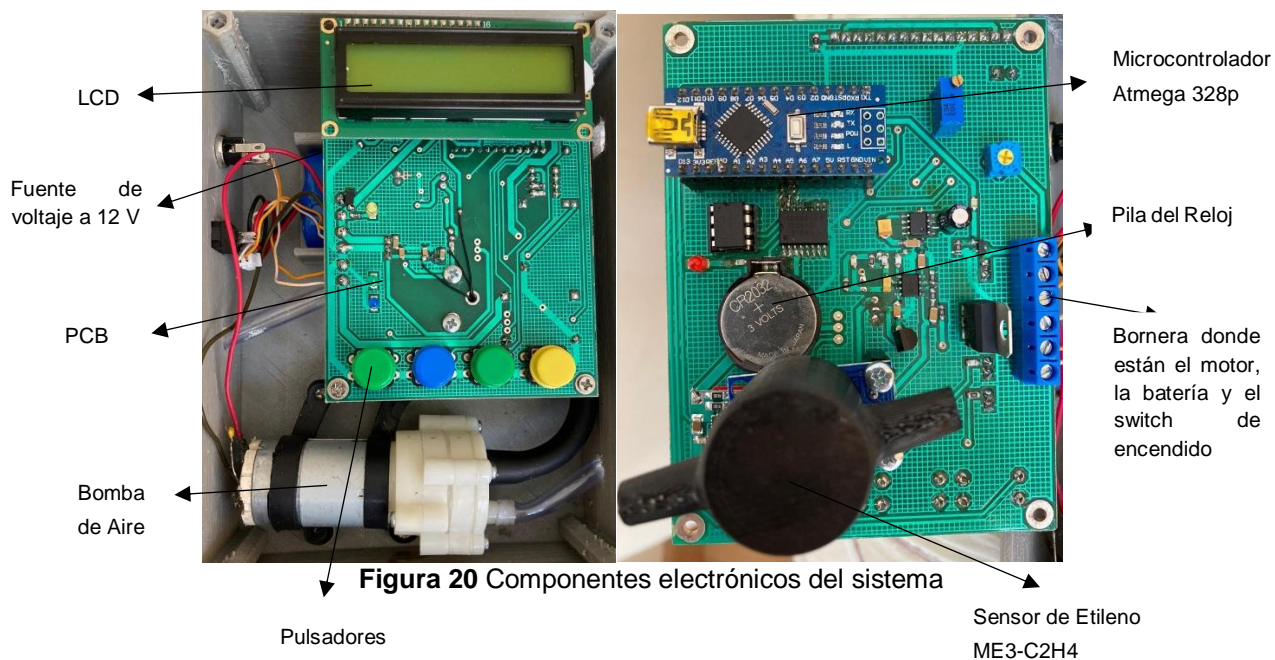
**Figura 18** Vista Frontal del prototipo

En la Figura 19 se indica la vista isométrica del prototipo, y se añadieron el cargador de la batería y el cable USB para la comunicación de datos para y generar la tabla de datos en Excel.



**Figura 19** Vista isométrica del prototipo

En la parte interior de la estructura se encuentran ensamblados los componentes electrónicos, como se observa en la Figura 20.



**Figura 20** Componentes electrónicos del sistema

Previamente diseñado el software, se logró implementar en el microcontrolador que se encarga de accionar la bomba de agua para succionar el gas del recipiente que contiene a la fruta que será analizada, para posteriormente almacenar en la memoria del microcontrolador después de realizadas las muestras.

Para la interfaz gráfica se desarrolló en visual basic, la cual permite la comunicación con el microcontrolador para posteriormente generar el archivo de Excel que tiene los datos de las muestras realizadas con hora, fecha, productos y ppm.

Al abrir la aplicación de escritorio como se indica en la Figura 21 se debe conectar por medio de USB al dispositivo móvil medidor de Etileno, una vez conectados se envían los datos medidos pulsando el botón amarillo. Se espera un tiempo de 10 s y después se da click en el botón de Excel y se genera la tabla de Excel con los datos medidos.





Figura 21 Aplicación de Escritorio

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	HORA	FECHA	PRODUCTO	PPM				
2	12:59:03	5/2/2020	MANZANA	12,9524763				
3	1:59:04	5/2/2020	PERA	36,7412589				
4	2:59:06	8/4/2020	MANZANA	90,2547896				
5	2:21:08	8/4/2020	BANANO	45,4786321				
6	1:10:10	5/5/2020	BANANO	20,4789654				
7	12:59:12	6/7/2020	LECHUGA	85,1236458				
8	2:05:14	6/7/2020	MANZANA	75,2456389				
9								
10								
11								
12								

Figura 22 Archivo Excel

Una vez descargado el archivo Excel como se muestra en la Figura 22 se reinicia el dispositivo y se borran los datos para liberar espacio en la memoria y hacer nuevas pruebas de medición de etileno.



Figura 23 Menú del medidor

Al encender el dispositivo medidor de etileno se indica en la pantalla un mensaje el cual dice: "INGRESE EL PRODUCTO" tal como indica la Figura 23.



**Figura 24** Productos Escogidos para las pruebas

Para las pruebas se escoge uno de los cuatros productos como se muestra en la Figura 24 ya que son las frutas con las cuales se realizaron las pruebas.



**Figura 25** Escogida la Fruta

Una vez seleccionada la fruta indica un mensaje, que dice que se presione el inicio (Figura 25) para que se accione la bomba de aire y empiece a succionar el gas de etileno del recipiente donde se encuentra la fruta.

En la Figura 26 se puede observar que se prende la bomba y ya empieza a medir el sensor el gas y se muestra el valor en la pantalla.



**Figura 26** Medición en Ejecución

Una vez terminado el proceso, indica un mensaje que la muestra ha terminado (Figura 27) y se puede volver a hacer otra muestra ya sea del mismo producto u otro.



**Figura 27** Fin de Muestra

Para el envío de los datos medidos se debe conectar el dispositivo móvil con la computadora por medio de un cable USB, se abre la aplicación de escritorio y luego se pulsa el botón amarillo y se debe esperar que se envíen los datos como se indica en la Figura 28.



**Figura 28** Envío de Datos

Una vez que haya terminado el envío de datos se pulsa nuevamente el botón amarillo para salir de ese estado y poder hacer nuevas muestras de etileno como se indica en la Figura 29.



**Figura 29** Grabado Exitoso

### **3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Con las pruebas de funcionamiento realizadas, se buscó calibrar el sensor de etileno para que no dé error en la medición en cada una de las pruebas a realizar y se asemeje al nivel de putrefacción de la fruta o verdura. El dispositivo ha sido verificado tanto en las mediciones como en el proceso de putrefacción de la fruta en el tiempo deseado. Para así validar la funcionalidad total del sistema construido y detectar posibles fallas en el diseño del hardware y software.

Para llevar a cabo las pruebas de calibración del sensor de Etileno se escogió la manzana y se compara con diferentes niveles de putrefacción y en diferentes tiempos de empaquetado como se indica en la Tabla 10. Con base en el factor de calibración, el cual es manipulado por el operador en el

software, se busca que el sensor mida el etileno con la mayor precisión y repetitividad posible, tomando en cuenta las características del fabricante del sensor.

**Tabla 10** Calibración del sensor

N	Manzana	Manzana	Manzana	Medición del aire	
	Empacada al vacío 4 meses	Empacada al vacío 1 meses	Empacada al vacío 3 días		
DATO censado	1	465	298	145	
	2	467	341	149	
	3	470	349	150	
	4	448	348	146	
Dato Determinado		470	349	230	150

Como se observa en la Tabla 10, se utiliza el dato medido más alto ya que es el que el sensor lee y a medida que la bomba vacía el etileno del recipiente, baja el porcentaje de ppm de la fruta.

Para calcular k se debe generar una condición especial en el ambiente que es de 100 ppm de etileno puro. Sin embargo, en la Tabla 10 se proporciona un rango de datos medidos donde se encuentra el dato censado más alto 470, el cual se lo compara con 90 ppm. Se utilizó la ecuación [5], ya que con base en la media aritmética se obtiene una mejor precisión al momento de sensar los productos con respecto al porcentaje de etileno apreciado en el recipiente.

$$k = \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Medido} - 150} \quad [5]$$

$$k = \frac{90}{470 - 150}$$

$$k = 0.28125$$

### 3.1.1 MATERIALES E INSUMOS

- Cuatro manzanas rojas, adquiridos en el mercado.
- 4 Bolsas plásticas transparentes.

### 3.1.2 PROCEDIMIENTO

Para este experimento se realizó el mismo tratamientos o pruebas para las 4 manzanas, para determinar y observar la forma cómo estos maduraron, es decir, ver su color, sentir su olor y examinar el efecto interno de la maduración de las manzanas en los cuatro tratamientos.

Para esto, todas las manzanas fueron lavadas con agua potable, se secaron y se separaron de la siguiente manera: cada una de ellas se colocó en una bolsa plástica, se selló la bolsa y se hizo la medición de ppm de etileno al inicio de la prueba y posteriormente después de 1 hora y 2 horas con se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11** Pruebas de Precisión

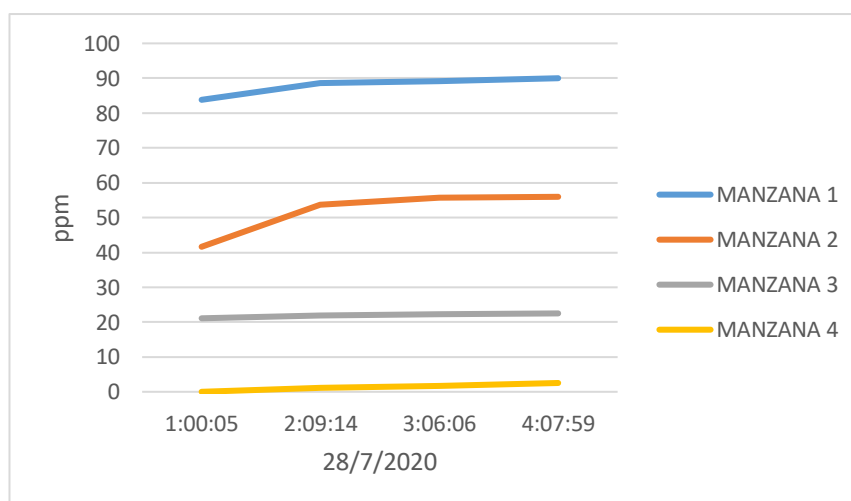
	Manzana 1	Manzana 2	Manzana 3	Manzana 4	Promedio
0 Hora	6.21[ppm]	6.18[ppm]	6.02[ppm]	6.30[ppm]	6.17[ppm]
1 Hora	8.15[ppm]	8.08[ppm]	8.26[ppm]	8.13[ppm]	8.15[ppm]
2 Hora	11.02[ppm]	11.64[ppm]	10.98[ppm]	11.25[ppm]	11.22[ppm]

Para realizar pruebas de precisión se presenta en la Tabla 12 la variación del error relativo en las cuatro manzanas de similares condiciones con respecto al valor medido.

**Tabla 12** Variación del Error relativo

	Manzana 1	Manzana 2	Manzana 3	Manzana 4
0 Hora	3.5%	3%	0.33%	5%
1 Hora	1.8%	1%	3.25%	1.63%
2 Hora	0.2%	5.8%	0.2%	2.27%

Finalmente, se representa en la Figura 30 el reporte obtenido a través de la aplicación de escritorio para las pruebas realizadas.



**Figura 30** Pruebas Realizadas

Según (Feippe, et al., 2003) las variedades rojas tienen valores de 6 [pppm] que corresponden a frutas de texturas harinosas.

Para determinar la exactitud del dispositivo medidor de etileno funciona correctamente se realizó el cálculo del error relativo:

$$x = \frac{\text{Valor Aproximado} - \text{Valor Exacto}}{\text{Valor Exacto}} \times 100 \% \quad [6]$$

$$x = \frac{6.17 - 6}{6} \times 100 \%$$

$$x = 2.83\%$$

El valor del error relativo es de alrededor del 3%, lo cual se puede considerar como una variación pequeña con respecto a las condiciones de frutas utilizadas.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

- Se realizó el diseño y construcción de un dispositivo portátil que determina la concentración de etileno en productos frutihortícolas.
- Se implementó la adquisición de las señales captadas del sensor de etileno.
- Las dimensiones estructurales del proyecto fueron establecidas basándose en el tamaño de sus componentes, logrando así obtener un dispositivo portátil.
- Se diseñó el modelado de la estructura en SolidWorks y se realizó el análisis de la misma, donde se comprobó que la estructura soporta el peso de sus componentes.
- Se diseñó una aplicación de escritorio la cual sirve para descargar los datos almacenados en el sistema.
- En la calibración del sensor medidor de etileno se realizaron varias pruebas y se obtuvo una media aritmética de los datos de etileno, se comparó con el nivel de putrefacción de la muestra tomada, para así poder escoger el factor de calibración con mayor precisión que cumpla con los requerimientos planteados.

## **RECOMENDACIONES**

- Se determinó que para realizar el correcto funcionamiento del sensor es más conveniente comprar el sensor que viene el módulo ya incluido y listo para su implementación y ahorra costo de material.
- Se puede reducir el tamaño del dispositivo si se encuentra una bomba de aire de menor dimensiones de la que se utilizó en la realización del proyecto.
- Para reducir costos de materiales se puede escoger el sensor que viene incluido el modulo y además se reduciría el tamaño de la placa PCB.
- Se debe cambiar el sensor cada tres años por vida útil del mismo y si se da mantenimiento se recomienda no tocar el centro del sensor ya que lleva la membrana y es sensible al contacto.

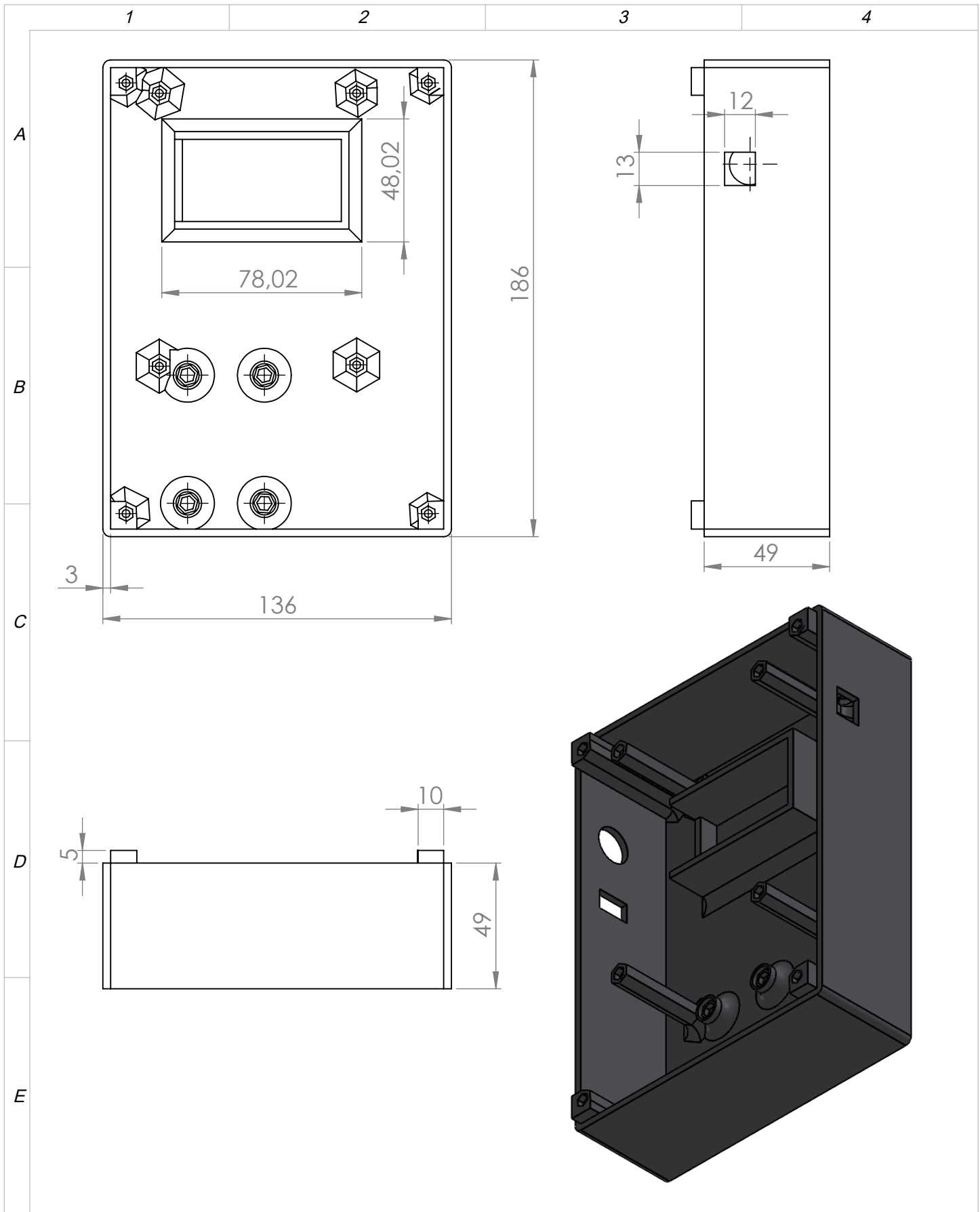



## BIBLIOGRAFÍA

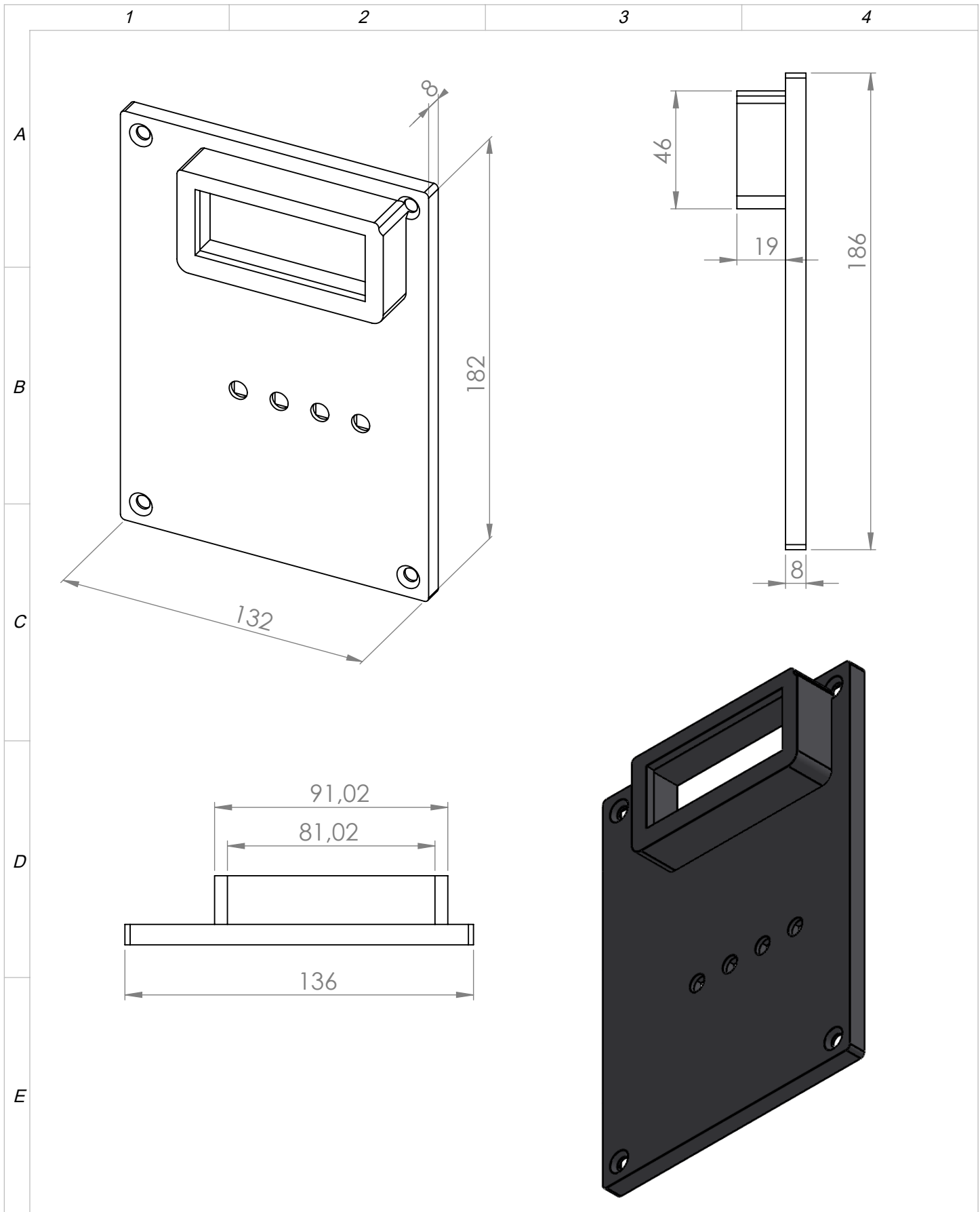
- Arora, A. 2008. Biochemistry of flower senescence. pp. 51-85. En: Paliyath, G., D. Murr., A. Handa y S. Lurie (eds.). Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers. Wiley-Blackwell Publishing, New Delhi, India.
- Balaguera-López, H. E., Salamanca-Gutiérrez, F. A., García, J. C., & Herrera-Árevalo, A. (2015). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3222>
- Bapat, V.A., P.K. Trivedi, A. Ghosh, V.A. Sane, T.R. Ganapathi y P. Nath. 2010. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28, 94-107. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.10.00
- Edmondson, W. T. (1984). MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1010 p. *Limnology and Oceanography*, 29(6), 1349. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.6.1349b>
- Feippe, A. Msc, A. F. (2003). EVALUACIÓN DE LA MADUREZ DE MANZANA SOBRE LA BASE DEL CONTENIDO Y DEGRADACIÓN DE ALMIDÓN. [www.inia.org.uy](http://www.inia.org.uy).  
[http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez\\_yodo.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf)
- Gutiérrez de Salazar M. Óxido de Etileno [cited 2013 Apr 8]. Disponible en: <http://www.encolombia.com/medicina/Urgenciastoxicologicas/Oxidodeetileno.htm>
- Jiang, Y. y J. Fu. 2000. Ethylene regulation of fruit ripening: Molecular aspects. *Plant. Growth Regul.* 30, 193-200. Doi: 10.1023/A:1006348627110
- Kesari, R., P. Trivedi y P. Nath. 2007. Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 46, 136-143. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.04.010
- Méndez, Ronald, et al. "Estrategia de control para un sistema alternativo de licuefacción de etileno en una planta de olefinas." *Revista Telematique*, vol. 11, no. 1, 2012, p. 24+. Gale OneFile: Informe Académico, [https://link.gale.com/apps/doc/A302297028/GPS?u=ute\\_cons&sid=GPS&xid=9a2cf832](https://link.gale.com/apps/doc/A302297028/GPS?u=ute_cons&sid=GPS&xid=9a2cf832).
- Prat Marín, A., & Sanz Gallén, P. (1987). Aspectos toxicológicos de la exposición al óxido de etileno. *Revista de Saúde Pública*, 21(6), 523-528. <https://doi.org/10.1590/s0034-89101987000600009>
- veto.cl. 2018. Sistemas de Adquisición de Datos y Registro. <https://www.veto.cl/blog/sistemas-de-adquisicion-de-datos-y-registro.html>


**ANEXOS**

**ANEXO 1**  
Planos de la Estructura



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Plástico ABS	
				Fecha	Nombre	<b>Base de Medidor</b>	
				Dibujado	22/8/2020		
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	ESCALA:
							1:2
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				HOJA:
							A4



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				$\pm 0.1$		Plástico ABS	
					Fecha	Nombre	ESCALA:
				Dibujado	22/8/2020		1:2
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
							A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

# Tapa de Medidor

1

2

3

4

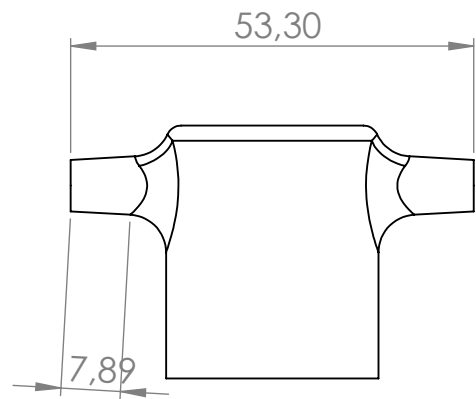
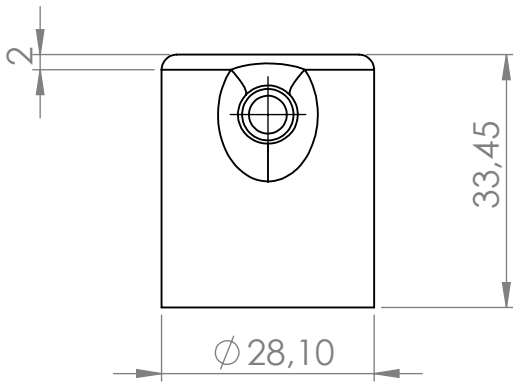
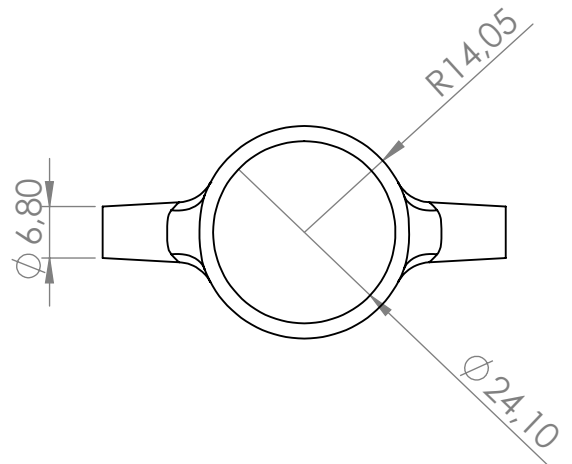
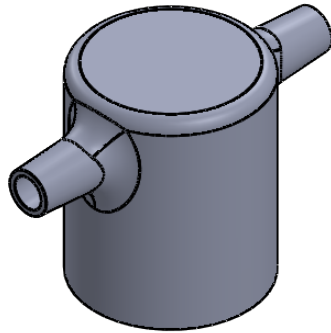
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Plástico ABS	
				Fecha	Nombre	<b>Tapa del Sensor</b>	
				Dibujado	22/8/2020		
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	ESCALA:
							1:1
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				HOJA:
							A4

## ANEXO 2

### Hoja de datos del sensor

#### ME3-HCL gas sensor

ME3-HCL electrochemical sensor detect gas concentration by measuring current based on the electrochemical principle, which utilizes the electrochemical oxidation process of target gas on the working electrode inside the electrolytic cell, the current produced in electrochemical reaction of the target gas are in direct proportion with its concentration while following Faraday law, then concentration of the gas could be get by measuring value of current.

#### 1. Features

- \* Low consumption
- \* High precision
- \* High sensitivity
- \* Wide linear range
- \* Good anti-interference ability
- \* Excellent repeatability and stability

#### 2. Application

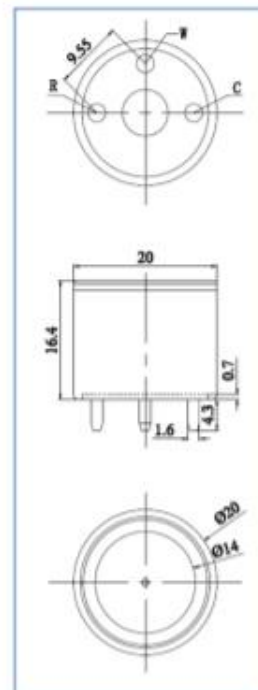
Widely used in industrial and environmental protection fields

#### 3. Technical Parameter

Detection gas	HCL
Measurement Range	0~20ppm
Max detecting concentration	200ppm
Sensitivity	$(0.8 \pm 0.4) \mu\text{A/ppm}$
Resolution ratio	0.1ppm
Response time ( $T_{90}$ )	$\leq 30\text{S}$
Bias voltage	0mV
Load resistance (recommend)	10 $\Omega$
Repeatability	<2% output value
Stability ( / month )	<2%
Output Linearity	linear
Zero drift (-20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq 0.2\text{ppm}$
Storage temperature	-20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 50 $^{\circ}\text{C}$
Storage Humidity	15% ~ 90% RH(no condensation)
Pressure range	Standard atmosphere $\pm 10\%$
Anticipated using life	2 years (in air)

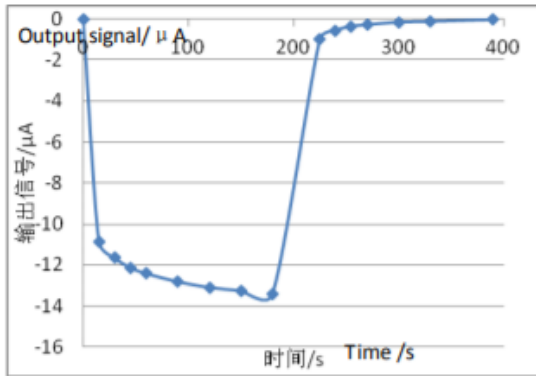


#### 4. External dimension

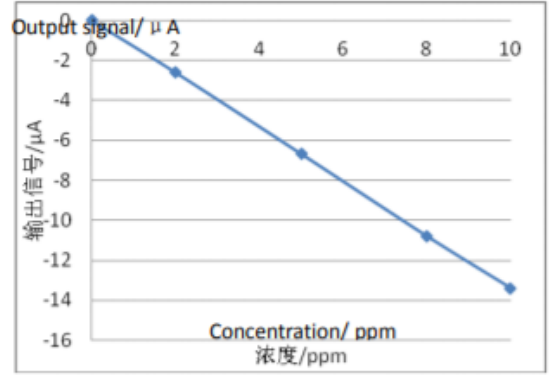


## 5.Characterization

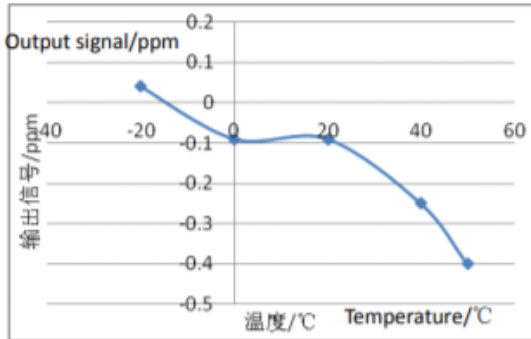
**Features of Sensitivity, response and resuming**



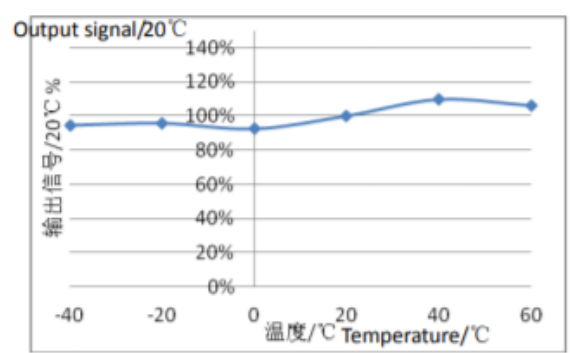
**Data graph of concentration linearity features**



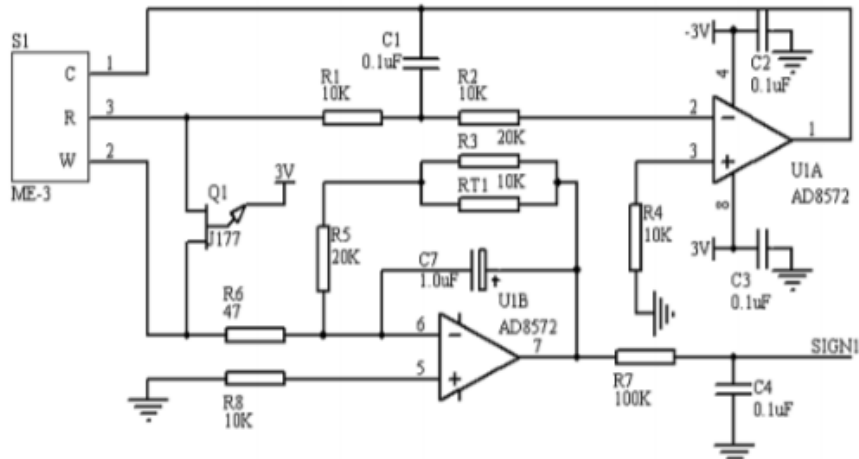
**Zero point changing upon Variable Temperature**



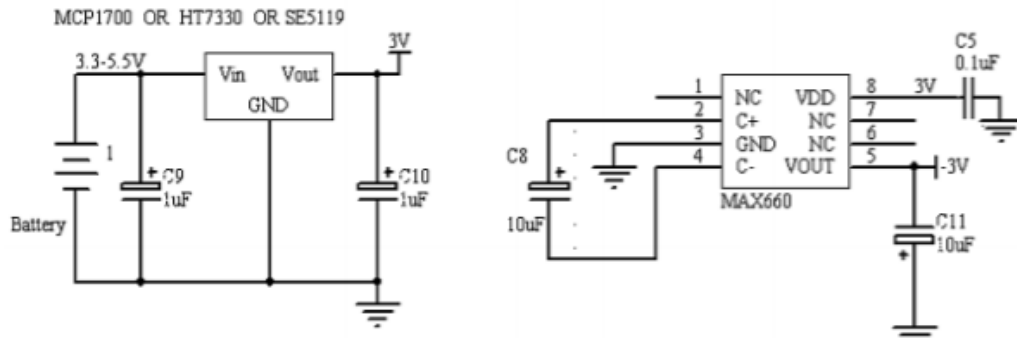
**Output upon variable temperature**



## 6.Basic circuit







### 7. Anti-Interference:

ME3-HCL sensor also responds to other gases besides target gas. Below are the response characteristics of interferential gases

Gas	Concentration	ME3-HCL
CO	200ppm	<2ppm
NO2	5ppm	≈-5ppm
CL2	10ppm	<-10ppm
CH4	400ppm	0ppm
NO	35ppm	0ppm
H2	500ppm	<2ppm
HCN	10ppm	<0.2ppm
C2H4	100ppm	<6ppm
H2S	15ppm	29ppm

### 8.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;