



---

# **TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**PROTOTIPO DE ESTUDIO CLÍNICO PARA LA  
MEDICIÓN DE GASES EN PACIENTES CON  
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA  
CRÓNICA (EPOC), POR MEDIO DEL ALIENTO.**

**T E S I S   D E   G R A D O  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
M A E S T R O   E N  
I N G E N I E R Í A   E N  
S I S T E M A S   C O M P U T A C I O N A L E S**

**P R E S E N T A :**

**ING. SONIA BERTHA SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**D I R E C T O R E S :**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ADOLFO MELÉNDEZ RAMIREZ  
CODIRECTOR DE TESIS: DR. FRANCISCO JACOB ÁVILA CAMACHO  
CODIRECTOR DE TESIS: M. EN A.D.. JUAN MANUEL STEIN**

**ECATEPEC DE MORELOS, MEXICO, JUNIO DE 2021**

## **Agradecimientos**

### **A Dios**

*Por no haberme abandonado y sigue dándome fuerzas, que derrama sus bendiciones sobre mi hijo Samuel Emmanuel y sobre mí.*

### **A mi pequeño maestrante**

*Por estar siempre presente, desarrollando paso a paso este gran proyecto.*

### **A mi familia**

*Gracias, por su apoyo, su impulso y su gran amor.*

### **A mis compañeros docentes**

*Los cuales me motivaban a ser mejor cada día.*

### **A mis profesores**

*En especial a los que ya no están conmigo, pero sus enseñanzas estarán siempre presentes.*

### **A mis sinodales**

*A mi director, codirector y asesor, los cuales siempre estuvieron pendientes de mis avances y me enriquecieron con sus conocimientos.*

## Dedicatoria

*Le dedico mi trabajo y mi esfuerzo principalmente a Dios por sostenerme y permitirme este triunfo en la vida, por poner en mi camino a personas tan especiales que han impulsado mis acciones, sobre todo por hacerme la persona que soy.*

*A mi hijo Samuel Emmanuel, el cual me acompañó a lo largo de este camino, muchas veces fue muy difícil, duro, hasta complicado el vivir una rutina diaria a mi lado, estudiar, trabajar y las pruebas en el hospital.*

*Me esforcé cada día por ser la mejor madre, que la vida te dio, aunque está muy pequeño, noto mis estados de ánimo bajos y altos, siempre hizo que este camino fuera más llevadero, al final de cuentas no lo hubiera logrado sin mi pequeño maestrante, el triunfo es de los dos.*

*Felicitaciones mi niño hermoso porque mis logros son tuyos.*

## **Reconocimiento**

- A mi Dios que nunca nos abandona.
- A mi director de tesis que siempre estuvo apoyándome, impulsándome a la investigación y mejoramiento de este proyecto.
- A mi codirector que cuando lo necesite estuvo resolviendo mis dudas.
- A mi asesor que al igual que mi director y codirector siempre estuvieron disponibles dándome las herramientas para sacar adelante este proyecto.
- A los doctores del hospital General de Ecatepec Dr. José María Rodríguez, los cuales me abrieron las puertas y me permitieron realizar las pruebas con sus pacientes, los cuales también me aportaron ideas para el mejor funcionamiento de este proyecto.
- A las enfermeras del hospital General de Ecatepec Dr. José María Rodríguez, que me apoyaron en la realización y publicidad de este estudio.

## Documentos de Aprobación

 <b>GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO</b>	<b>DICTAMEN DE LIBERACIÓN DE PROYECTO DE TESIS</b>  <b>FO-TESE-DA-90</b> <b>TIT05-ANEXO PM</b>	
---	---	---

**DIRECCIÓN ACADÉMICA**  
 DIVISIÓN ACADÉMICA INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES  
 PROGRAMA DE POSGRADO MAestrÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Fecha:   1   de julio del 2021

**Datos generales**

Nombre del alumno:   SÁNCHEZ     SÁNCHEZ     SONIA BERTHA    
 Apellido paterno Apellido materno Nombres (s)

Matrícula:   201821730  

PROYECTO:   PROTOTIPO DE ESTUDIO CLÍNICO PARA LA MEDICIÓN DE GASES EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC), POR MEDIO DEL ALIENTO  

DIRECTOR:   Dr. Adolfo Meléndez Ramírez  

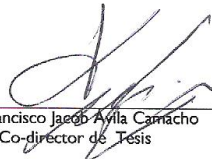

**Dictamen:**


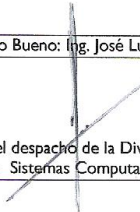
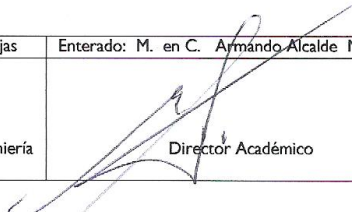
Con base en el registro No.   2021-I-2   correspondiente al periodo escolar   2021-I   asignado al proyecto de tesis   PROTOTIPO DE ESTUDIO CLÍNICO PARA LA MEDICIÓN DE GASES EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC), POR MEDIO DEL ALIENTO   y presentado por el alumno referido; y después de haber sido desarrolladas las actividades requeridas, el Comité Tutorial, conformado por los integrantes que firman al calce, ha determinado que SI (  ) NO (  ) han sido cubiertos en su totalidad los requisitos que permitan a esta División Académica liberar al alumno de los trámites académicos para tal efecto e iniciar el trámite de obtención de grado de maestría en la Unidad de Registro y Certificación de este Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

**Observaciones:**

---

**Comité Tutorial**

 Dr. Francisco Jacob Ayala Camacho Co-director de Tesis		 M. en A.D.M. Juan Manuel Stein Carrillo Revisor de Tesis
 Dr. Adolfo Meléndez Ramírez Director de Tesis		

Elaboró: M. en C. <u>  Edgar Corona Organiche  </u>   Coordinador de Posgrado	Revisó y Visto Bueno: Ing. <u>  José Luis Chávez Rojas  </u>   Encargado del despacho de la División de Ingeniería en Sistemas Computacionales	Enterado: M. en C. <u>  Armando Alcalde Martínez  </u>   Director Académico
---	--	--

## **Resumen**

Se observó que las primeras causas de mortalidad en México son; cardiopatía isquémica, que ha pasado de más de un millón a 3,1 millones desde el año 2000, el accidente cerebrovascular, la tercera es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la cuarta el cáncer de pulmón, junto con los de tráquea y de bronquios, según la organización mundial de la salud público en su página el 24 de mayo del 2018.

Cabe mencionar que estos datos se actualizaron el 9 de diciembre del 2020, dando como resultado que la EPOC sigue siendo la tercera causa de muerte en México y a nivel mundial.

Por lo que se formuló el objetivo de desarrollar e implementar un prototipo del sistema olfativo artificial también llamado nariz electrónica, la cual sea capaz de medir los gases espiratorios en pacientes con EPOC, el cual se implementó en el Hospital general de Ecatepec. “José maría Rodríguez” durante el periodo comprendido del 2 de agosto del 2019 al 12 marzo del 2020.

Se pretende sea capaz de identificar la existencia de la EPOC, por medio del aliento, en sus diferentes niveles y que a su vez permita tener una identificación temprana, ya que según la investigación muestra es el factor principal de mortandad por este mal.

**Palabras Clave:** Aliento, EPOC, Gases Espiratorios, Nariz Electrónica, Prototipo y Sistema Olfativo Artificial

## **Abstract**

The leading causes of mortality in Mexico are projected to be Ischemic heart disease, which has increased from more than one million to 3.1 million since 2000, stroke, the third is chronic obstructive pulmonary disease (COPD), the fourth lung cancer, along with trachea and of bronchi, according to the world public health organization on its page on May 24, 2018.

It is worth mentioning that these data were updated on December 9, 2020, resulting in EPOS continuing to be the third leading cause of death in Mexico and worldwide.

Therefore, the objective was formulated to develop and implement a prototype of the artificial olfactory system also called electronic nose, which can measure expiratory gases in patients with COPD, which was implemented in the General Hospital of Ecatepec. "José María Rodríguez" during the period from August 2, 2019, to March 12, 2020.

It is intended to be able to identify the existence of COPD, by means of the breath, at its different levels and which in turn allows to have an early identification, since according to the research shows it is the main factor of mortality due to this disease.

**Key Words:** Breath, COPD, Expiratory Gases, Electronic Nose, Prototype and Artificial Olfactory System

## Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Causas de Muerte en 2020	20
Figura 2. Estadios de la EPOC	26
Figura 3. Fenotipos de la EPOC	27
Figura 4. Etapas de la EPOC	28
Figura 5. Espirómetro	33
Figura 6. Radiografía Torácica	34
Figura 7. Sistema Olfativo	36
Figura 8. Anatomía Pulmonar	39
Figura 9. Músculos de la Ventilación	40
Figura 10. Funcionamiento de la Inspiración	41
Figura 11. Funcionamiento de la Espiración	41
Figura 12. Capas de la Atmosfera.	48
Figura 13. Contaminación en el Aire	50
Figura 14. Sentido del Olfato Sano	54
Figura 15. Componentes del Tabaco	56
Figura 16. Carcinógenos en el medio ambiente	57
Figura 17. Espirometría del Autor	59
Figura 18. Gráfica Curva Flujo-Volumen	60
Figura 19. Patrón Obstructivo	61
Figura 20. Patrón Obstructivo 2	62
Figura 21. Sistema Olfativo Artificial	65
Figura 22. Comparación del Sistema Olfativo Biológico y el Artificial	66
Figura 23. Placas de Arduino	68
Figura 24. Metodología	74
Figura 25. Placa de Arduino Mega	76
Figura 26. Sensor MQ y conexión	77
Figura 27. Sensor DTH11 y modo de conexión	77
Figura 28. Cable Dupont Macho Hembra	78
Figura 29. Protoboard	79
Figura 30. Proceso de Diseño del Prototipo	80
Figura 31. Perforación del Contenedor	81
Figura 32. Contenedor Perforado	81
Figura 33. Contenedor Perforado con Pipeta	82
Figura 34. Contenedor con Sensores	82
Figura 35. Prototipo Inicial Compuesto por 10 Sensores de Gas MQ y uno Humedad y Temperatura	83



## Índice de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 36. Prueba Inicial del Código	84
Figura 37. Medición del Aire	85
Figura 38. Pancarta para Modulo y Sala de Espera en el Hospital	86
Figura 39. Modulo Fijo	87
Figura 40. Módulo Móvil	87
Figura 41. Módulo con Autor	88
Figura 42. Formato de Entrega de Toma de Muestras	89
Figura 43. Paciente con EPOC Nivel 1	90
Figura 44. Paciente con EPOC Nivel 2	90
Figura 45. Paciente con EPOC Nivel 2	91
Figura 46. Paciente con EPOC Nivel 3	91
Figura 47. Paciente con EPOC Nivel 3	92
Figura 48. Paciente con EPOC	92
Figura 49. Paciente con EPOC	93
Figura 50. Recolección de Muestras	94
Figura 51. Recolección de Muestras General	95
Figura 52. Diseño de la Red Neuronal	97
Figura 53. Datos de Entrada	97
Figura 54. Datos de Salida	98
Figura 55. Introducción de los Valores	101
Figura 56. Entrenamiento	101
Figura 57. Rendimiento de Validación	102
Figura 58. Gráfica de Salida del Entrenamiento	102
Figura 59. Gráfica de Histograma de Error del Conjunto de Datos	103

## Índice de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Estado del arte	10
Tabla 2. Componentes de la Calidad del Aire.	51
Tabla 3. Familia de Sensores MQ	71

## Índice

	Pág.
<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1: Antecedentes Generales del Proyecto</b>	
1.1. Introducción	3
1.2. Antecedentes Generales	3
1.3. Problemática	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1.General	6
1.4.2.Específico	6
1.5. Justificación	7
1.6. Hipótesis	7
1.7. Límites	8
1.8. Constructo	8
1.9. Estado del Arte	10
1.10. Aporte	16
1.11. Contenido de la Tesis	17
<b>Capítulo 2: EPOC y El Sistema Olfativo</b>	
2.1. Introducción	18
2.2. Antecedentes	19
2.2.1. Antecedentes de la EPOC	19
2.2.2. Antecedentes del Sistema Olfativo Artificial	22
2.3. La EPOC y sus Variantes	23
2.3.1.Métodos de Detección	24
2.3.1.1. Etapas y Proceso de Evolución	25
2.3.1.2. Fenotipos y Características	26
2.3.1.3. Síntomas y Factores de Riesgo	28
2.3.1.4. Causas y Complicaciones	31
2.3.2.Métodos de Estudios Pulmonares de EPOC	32
2.3.3.Métodos de Prevención	34
2.4. Sistema Olfativo Biológico	35
2.4.1.Componentes del Sistema Olfativo Biológico	36
2.4.2.Características del Sistema Olfativo Biológico	37
2.4.3.Funcionamiento del Sistema Olfativo Biológico	37



## Índice

	Pág.
<b>Capítulo 3: Diseño y Desarrollo Del Prototipo</b>	
3.2.2.1. Diseño de Prototipo	80
3.2.2.2. Construcción de Prototipo	81
3.2.3.Fase 3: Programación	83
3.2.3.1. Software	84
3.2.3.2. Código	84
3.3. Desarrollo Del Prototipo	86
3.3.1.Fase 4: Muestreo	86
3.3.1.1. Método De Experimentación	88
3.3.1.2. Toma De Muestras	88
3.3.2.Fase 5: Almacenamiento de Datos	93
3.3.2.1. Software	93
3.3.2.2. Almacenamiento	94
3.3.3.Fase 6: Procesamiento de la Información	95
3.3.3.1. Software	95
3.3.3.2. Procesamiento	96
<b>Capítulo 4: Resultados Obtenidos</b>	
4.1. Introducción	99
4.1.1. Fase 7: Análisis De Resultados	99
4.1.1.1. Graficas De Resultados	100
4.1.2. Fase 8: Actualización	103
<b>Conclusiones</b>	104
<b>Referencias</b>	106
<b>Anexos</b>	
Anexo A: Asignación de director de Tesis	110
Anexo B: Formato para registro de protocolo de investigación	111
Anexo C: Portada para presentación de protocolo de investigación	112
Anexo D: Código inicial del programa	113
Anexo E: Aprobación de protocolo de investigación	114
Anexo F: Resultados de espirometría realizada a autor	117
Anexo G: Talonario de pruebas iniciales a personas sanas	118
Anexo H: Artículo final presentado en el XX foro de la división ISC	120
Anexo I: Portada de finalización de proyecto de investigación	123
<b>Glosario</b>	124

## **INTRODUCCIÓN**

En la presente se mostrarán los antecedentes de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y un sistema olfativo artificial, así como la problemática que nos llevó a este tema.

Primeramente, se comenzó con la investigación se observó que las primeras causas de mortalidad en México, según la organización mundial de la salud público en su página el 24 de mayo del 2018 que, de 56,4 millones de defunciones registradas en el mundo en 2016, la primera es cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular, la tercera es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). [1]

La cuarta el cáncer de pulmón, junto con los de tráquea y de bronquios, las infecciones de las vías respiratorias inferiores continúan siendo la enfermedad transmisible más letal [1]. como la que se enfrenta en la actualidad (SARS COVID 19).

Hoy en día las cifras han cambiado colocando a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica es la tercera causa de defunción, que representan aproximadamente el 6% del total de muertes a nivel mundial. [2]

Por lo que se formuló el objetivo de desarrollar e implementar un prototipo de nariz electrónica, que sea capaz de realizar un prediagnóstico, la posibilidad de existencia de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica por medio del aliento se diseñó e implemento un sistema olfativo artificial llamado nariz electrónica la cual pueda medir los gases contenidos en el aire exhalado por los pacientes.

Se realizo una nariz electrónica compuesta por 10 sensores de gas los cuales midan la cantidad de gases exhaladas por cada paciente, registrando y comparando las mediciones obtenidas y clasificando por niveles de la enfermedad ya que el alto índice de mortalidad se debe a que no se detecta a etapa temprana y debido a esto ya no se puede ayudar mucho a la paciente.

Lo que llevo a observar donde se podría implementar, llegando al área del sector salud, se observó la posibilidad de implementarse en el Hospital general de Ecatepec. “José maría Rodríguez”, después de cumplir con una serie de procedimientos reglamentarios por dicho hospital, se aprobó la toma de pruebas con los pacientes durante el periodo comprendido del 2 de agosto del 2019 al 12 de marzo del 2020.

Se implemento una nueva metodología basada en la investigación aplicada, la cual permite realizar un análisis de los resultados en las muestras tomadas en los pacientes con EPOC del hospital general de Ecatepec y cuantificación de resultados, tomando en cuenta los niveles de EPOC, así mismo comparar dichas mediciones con las mediciones realizadas a personas sanas y personas fumadoras.

Estas últimas se debe a que la probabilidad de que una persona que fumadora tenga EPOC, según otros estudios es muy alta.

Se pretenderá ayudar a este sector, localizando a pacientes que tienen EPOC en etapas que les permita tener un tratamiento temprano, lo que según la investigación muestra es el factor principal de mortandad por este mal, al finalizar la investigación, se realizaran los análisis pertinentes de los resultados.

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO**

#### **1.1 Introducción**

En la presente sección se mencionarán en breve los antecedentes de la EPOC y los de sistema olfativo artificial, se mostrará y explicara la problemática que nos llevó a este proyecto.

La formulación de objetivos de dicho proyecto, lo que dirigió la búsqueda hacia el sector salud, buscando entonces un lugar donde se permitieran la implementación de dicho proyecto.

Esto llevo a justificar los motivos que se tienen para desarrollar el proyecto y los fines de la investigación, esto mediante las consideraciones de la institución, en este caso el Hospital general de Ecatepec. "José maría Rodríguez".

Posteriormente realizando una investigación de fuentes y creación de límites del proyecto, así como los pasos a seguir para el cumplimiento de nuestros objetivos é hipótesis.

#### **1.2 Antecedentes Generales**

Los datos históricos hacen referencia a la aparición de la EPOC desde el siglo XVI. Hipócrates no utilizaba este término para diagnosticar a los pacientes que presentaban tos, expectoración, disnea y sibilancias, sino que usaba el de "asma" para

todas las entidades en las que el paciente mostraba falta de aire. En aquella época empezó a hablarse del enfisema (de emphyseo, soplar dentro), vocablo empleado para designar la presencia de aire dentro de los tejidos. [3]

En el siglo XVII y con base en los estudios de autopsias, se conocieron las entidades que actualmente denominamos con el término de EPOC. Sin embargo, en la literatura médica el término "bronquitis" fue utilizado hasta finales del siglo XVIII. [3]

La prevalencia de la EPOC en países desarrollados va del 3 al 6% en sujetos mayores de 50 años. En los Estados Unidos, 15 millones de personas la padecen. En México, tan solo en el INER, la EPOC se ubicó en el cuarto lugar en la tabla de morbi-mortalidad anual. Actualmente la EPOC ocupa el cuarto lugar en cuanto a mortalidad a nivel mundial, en México se ubica entre el 6o y el 4o. Estudios recientes muestran que la prevalencia es igual entre hombres y mujeres. [4]

El sistema olfativo artificial o nariz electrónica tiene sus inicios en los 60's, Sniffe, el cual constaba de un solo sensor de gas creado por la compañía Bacharach Inc., en los 80's, surgen dos grupos de investigadores, en la Universidad de Warwick en Gran Bretaña y en el Argonne National Laboratory (ANL) en Estados Unidos. Krishna Persaud y George Dodd, realizaron la primera publicación relacionada con las narices electrónicas en 1982 [5]

Hoy en día el EPOC se diagnóstica realizando una espirometría, esto debido a que es la única prueba que hasta el momento ha sido capaz de identificar la enfermedad en sus distintas etapas, basado en la capacidad pulmonar por medio de un espirómetro.

Este prototipo pretende ayudar a facilitar el diagnóstico médico, evitando pruebas acusativas para el paciente.



### **1.3 Problemática**

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, es considerada la cuarta causa de muerte a nivel mundial, esto según la organización mundial de la salud, causado principalmente por el tabaquismo, la inhalación de humo de leña y otros contaminantes, se prevé que los casos de EPOC aumenten en próximos años, sobre todo en personas mayores a 65 años.

La tos constante, la pérdida de peso sin causa aparente y la falta de aire son signos de alerta, se estima que para el 2020 sea considerada la 3ra causa de muerte [2]

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, Juan Alejandro Silva, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año se diagnostican 1.6 millones de casos nuevos y mueren por esta causa 1.38 millones, En México se registran 9700 nuevos casos y 8300 defunciones al año.

Las narices electrónicas han evolucionado y ayudado en el ámbito de salud, pero no se implementan gracias a sus altos precios en el mercado, con este prototipo se busca realizar una nariz electrónica de bajo costo y de fácil manejo tanto para el operados como el paciente.

El prototipo se entrenará con mediciones proporcionadas por medio del aliento de pacientes con EPOC, para esto hay que cubrir ciertos procedimientos en el hospital en cuestión, para que puedan aceptar nuestro plan de trabajo y nos dejen ingresar a sus consultas y analizar a sus pacientes, claro sin producir una molestia o incomodidad en ellos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Desarrollar e implementar un sistema olfativo artificial, que sea capaz de identificar cada uno de los gases y sus niveles existentes en el aliento de cada paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) por medio del aliento

### **1.4.1 Objetivos Específicos**

- Desarrollar el prototipo de nariz electrónica mediante una paca de Arduino mega.
- Estudiar los compuestos en el aliento de pacientes con EPOC.
- Presentar el protocolo del proyecto de tesis en el Hospital general de Ecatepec. “José maría Rodríguez”
- Aceptación del protocolo del proyecto de tesis en el Hospital general de Ecatepec. “José maría Rodríguez”
- Implementar el prototipo en pacientes con EPOC, en el Hospital general de Ecatepec. “José maría Rodríguez” durante el periodo comprendido del 2 de agosto del 2019 al 12 de marzo del 2020.
- Desarrollar las mejoras al prototipo para lograr una exactitud en el pre-diagnóstico de EPOC.

## **1.5 Justificación**

Hoy en día para la detección del Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica se revisa la historia clínica del paciente, se realiza una exploración física, realizan tres pruebas (espirometría, análisis de sangre, radiografía de tórax, citología del esputo y tomografía computarizada) las cuales son tediosas para muchos pacientes, esto da origen a busca nuevas alternativas más rápidas y no invasivas.

Con este proyecto pretende ayudar a diagnosticar el EPOC, mediante un prototipo el cual tenga validez en el sector salud, para indicar la posibilidad de tener esta enfermedad sin realizar pruebas más complicadas, realizar un prototipo eficiente y de fácil manejo.

## **1.6 Hipótesis**

Implementar un prototipo capaz de diagnosticar el EPOC, con un alto índice de exactitud, para así contribuir en el área de la salud, ayudando a disminuir el tiempo de diagnóstico.

Comprobar la teoría que si fuma o convive con un fumador es causa de contraer EPOC

## 1.7 Limites

- El estudio se elaborará en el Hospital General de Ecatepec, durante el periodo del 2 de agosto del 2019 al 12 marzo del 2020, con pacientes de EPOC, siempre y cuando el paciente otorgue su consentimiento
- Se aplicará la prueba en laboratorio del hospital los días acordados por el hospital y el laboratorio Infra durante las espirometrías a pacientes enviados por su médico familiar.
- Se realizará el estudio en el módulo ubicado en el pasillo del hospital durante el mismo periodo en los días seleccionados por el hospital solo en pacientes enviados por su médico y en pacientes voluntarios de la sala de espera

## 1.8 Constructo

A través del estudio del aliento en las personas con EPOC del Hospital General de Ecatepec, se va a alimentar nuestra base de información con la cual se pretende realizar un sistema que mira los niveles de amoniaco, monóxido de carbono y el cianuro en el aliento de los pacientes, ya que según nuestra investigación estas sustancias se pueden exhalar por las personas que tienen este padecimiento.

**Modelo de solución:** Se creó un modelo de solución especial conformada por ocho fases, para resolver nuestra problemática.

**Fase 1: Análisis de requerimientos:** En esta fase, se investigaron todas las variables del proyecto a fondo, con el fin de proponer soluciones sólidas.

**Fase 2: Elaboración:** En esta fase, se procederá a diseñar el proyecto electrónico con la placa de Arduino y elaborar el diagrama de flujo correspondiente

**Fase 3: Programación:** En esta fase, se procederá a estructurar el pseudocódigo del programa y el código del programa en Arduino

**Fase 4: Muestreo:** En esta fase, se procederá a ejecutar las pruebas pertinentes para el buen funcionamiento del circuito con el programa, una vez cumpliendo con las pruebas pertinentes, se procederá a realizar las pruebas de campo, en el Hospital General de Ecatepec, durante el periodo agosto del 2019 a marzo del 2020, con pacientes de EPOC, se pretende contar con 100 personas al azar entre enfermos y personas sanas.

**Fase 5: Almacenamiento de datos:** se procederá a almacenar en una base de datos las salidas de los sensores,

**Fase 6: Procesamiento de la información:** se procederá a procesar la información mediante un programa en java para salida ordenada de los mismos, una vez cumpliendo con las pruebas pertinentes, se procederá a realizar la fase siguiente.

**Fase 7: Análisis de resultados:** En esta fase, se analizarán los resultados de las pruebas, las cuales se les realizarán las modificaciones y estadísticas pertinentes para esa cantidad de personas

**Fase 8: Conclusiones y trabajos futuros:** En esta fase, se realizan las observaciones finales al prototipo, se analizará si es necesario realizar mejoras o alguna actualización y en qué proyectos se trabajará posteriormente.

## 1.9 Estado del Arte

**Tabla 1 Estado del arte**

AÑO	TITULO	AUTOR	METODO Ó METODOLOGÍA	TECNICAS	HERRAMI- ENTAS	OBSERVA- CIONES
2004	SISTEMA ARTIFICIAL DE RECONOCIMI ENTO DE OLORES Y SABORES	RAÚL DARÍO URUEÑA ALFARO RAFAEL DONALDO VILLADIEGO TORRES	MEDOLO DE RECONOCIMIE NTO DE PATRONES	RECONOCIMI ENTO DE PATRONES  LOGUICA DIFUSA	NARIZ ELECTRÓNI CA PARA DETERMIN AR LA MADUREZ DE UNA FRUTA	UNIVERSID AD TECNOLÓG ICA DE BOLÍVAR
2009	ENFERMEDA D OBSTRUCTIV A CRONICA (EPOC) REVISIÓN CLÍNICA Y ESTUDIO DE CAMPO	DR. RAFAEL PAZOS SILVESTRE	TEST DE TRANSFERENC IA DE CO (TLCO	RECOLECCIÓ N DE DATOS Y ANÁLISIS	ASEPEYO Q-INFO	MUESTRA DE 191 HISTORIAS CLÍNICAS, 134 ERAN VARONES (70%), 57 MUJERES (30%)
2011	SISTEMA DE IDENTIFICACI ÓN DE PERROS POR MEDIO DE UNA NARIZ ELECTRONIC A	ACOSTA ARENA ANA ROSA Y MEDOZA FRANCO GLORIA ADRIANA	MEDICIÓN	ADQUISICIÓN DE DATPS	EXTRACTO R DE AROMAS	MEDICIÓN EN CONTENED ORES
2011	DISEÑO DE UNA NARIZ ELECTRÓNIC	FLORES VEGA, CHRISTIAN	VALIDACIÓN CRUZADA	ALGORITMOS GENÉTICOS	TECNOCA FIGARO	MEDICIONE S EN ALCOHOL,

	A COMO DISCRIMINAD OR DE OLORES UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS Y REDES NEURONALE S ARTIFICIALES	HUMBERTO LI KU, ANTONIO EUGENIO			RED FIZZY	CERVEZA, JUGO DE NARANJA Y VINO
2012	MODELOS ASOCIATIVO S PARA EL RECONOCIMI ENTO DE ENFERMEDA DES RESPIRATOR IAS	MONROY LÓPEZ MARIA, RENERIA GARIBAY JOSÉ JORGE Y SANTIAGO PONCE VICTOR ADRIAN	RECONOCIMIE NTO DE PATRONES BASADO EN MEMORIAS ASOCIATIVAS	MEMORIAS ASOCIATIVAS	HOSPITAL EXPERIENC IA DOCTORAL EXPEDIENT ES DIGITALIZA DOS	RECONOCI MIENTO DE PATRONES
2012	BÚSQUEDA DE BIOMARCAD ORES SISTÉMICOS PARA LA EPOC	BIOL. MA. GUADALUPE GONZÁLEZ PALOMAR	PRUEBA DE PROTOTIPO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CÁNCER DE PULMÓN	MEDICIÓN DE LA CONCENTRA CIÓN DE SUERO EN EL GRUPO DE PROTEÍNAS Y ASOCIADOS A BIOMARCAD ORES	ESTUDIO CON PACIENTES DIAGNOSTI CADOS DE LA CLÍNICA 46 DEL IMSS	BIOMARCA DORES

2012	BÚSQUEDA DE BIOMARCADORES SISTÉMICOS PARA LA ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA	BIOL. MA. GUADALUPE GONZÁLEZ PALOMAR	METODOLOGÍA DE 8 FASES	ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE LAS PROTEÍNAS POR EL MÉTODO DE ELISA ESPECTROFOTÓMETRO DE MICROPLACA ESPECTROFOTÓMETRO	OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS, CAPTURA DE DATOS DEL EXPEDIENTE CLÍNICO CUANTIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS BIOMARCADORES EN SUERO	FUMADORES (N=28) Y PACIENTES DE EPOC (N=58)
2015	USO DE UNA NARIZ ELECTRÓNICA A ULTRA-PORTÁTIL EN ROBOTS PARA LA DETECCIÓN DE FUENTES DE ODORANTES	ALEJANDRO PEQUEÑO ZURRO	METODOLOGÍA ZIEGLER-NICHOLS	ALGORITMO DIFERENCIAL, MAXIMIZACIÓN DE SENSORES Y ALGORITMO DE LOCALIZACIÓN	NARIZ ELECTRÓNICA ROBOTIZADA	
2016	IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA NARIZELECTRÓNICA PARA LA DETECCIÓN DE	ANA LUCÍA PAREDES-DOIG	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE COMPONENTES PRINCIPALES 8PÔJ3	MEDICIÓN	SENSORES DE GAS DE SNO6 SISTEMA NEUMÁTICO IRREGULAR	UNIVERSIDAD DE COLOMBIA



ALCOHOLES LINEALES						
2016	ANÁLISIS DE METABOLITOS PRESENTES EN EL ALIENTO: DETERMINACION DE LA LÍNEA BASAL	ANA MARÍA GALLEGO SÁNCHEZ	SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS DE ALIENTO Y PRECONCENTRACIÓN DE LOS METABOLITOS EN CARTUCHOS ABSORBEDORES.	TOMA DE MUESTRA Y UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ALIENTO EXHALADO	SISTEMA DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ALIENTO EXHALADO	SE ANALIZARON MUESTRAS DEL ALIENTO EXHALADO DE 27 PACIENTES SANOS, 3 PACIENTES DIABÉTICOS DE RECIENTE DIAGNÓSTICO Y 5 EN ESTADO CRÍTICO
2017	GUIA DE BOLSILLO PARA EL DIAGNOSTICO, MANEJO Y PREVENCIÓN DE LA EPOC	GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE ING.	GUIA	ANALISIS DE HISTORIAS CLÍNICAS	DIAGNOSTICO, TRATAMIENTOS, CLASIFICACIÓN	OBSERVACIÓN Y VALORACIONES
2017	PREVALENCIA DE ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA EN UNA CONSULTA DE RIESGO	XOEL PENA PÉREZ	5 ETAPAS	ANÁLISIS ESTADÍSTICO SPSS MODELO 110 A	TOMA DE MUESTRAS SEPARACIÓN VERSIÓN 511-BLA-1.04	185 PACIENTES

	CARDIOVASCULAR				GUÍA DE GOLD 2017	
					CUESTIONARIOS EUROQOL5	
2017	FACTORES RELACIONADOS CON EL CUMPLIMIENTO TERAPÉUTICO EN EPOC, ANÁLISIS DE LA PERSPECTIVA DE DOS PACIENTES	MAESTRO LUIS ANTONIO CALLEJA CARTÓN	EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE TRATAMIENTOS DE EPOC	ESTUDIO POR 5 AÑOS CON PACIENTES	TOMA DE MUESTRAS	PACIENTES DE LAS UNIDADES MÉDICAS DE SALUD EN MÁLAGA
2017	PREVALENCIA DE LA EPOC EN UNA CONSULTA DE RIESGO CARDIOVASCULAR	XOEL PENA PÉREZ	ESTUDIO DE LA EPOC Y DE SISTEMA CARDIOVASCULAR	ESTADÍSTICAS Y ESTUDIOS CON PACIENTES DE DIFERENTES EDADES	PACIENTES DE DIFERENTES EDADES DIAGNOSTICADOS CON EPOC EUROPA	
2017	FABRICACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UNA NARIZ ELECTRÓNICA HÚMEDA PARA LA DETECCIÓN DE GASES Y VAPORES	ROMAN BATALLER PRATS	PREPROCESAMIENTO, PCA REDES NEURONALES REGRESIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS	NARIZ ELECTRÓNICA VOLTAMETRÍA POTENCIOMETRÍA	SENSORES HÍBRIDOS, SENSORES REDUNDANTES Y SISTEMAS SENSORES MÚLTIPLES	ANÁLISIS

				CONDUCTIM ETRÍA		
					ESPECTROS COPIA DE IMPEDANCIA S	
2018	SISTEMA OLFATIVO ARTIFICIAL PARA LA DETECCIÓN DE COMPUESTO S VOLÁTILES TÓXICOS	SANDRA GABRIELA BRICEÑO MURO	CONVERSIONE S ANALÓGICO DIGITAL Y LA RECUPERACIÓ N Y ANÁLISIS DE GASES	PLATAFORM A DE DESARROLL O QT.	RASPBERR Y PI 3	SEÑALES DE LOS SENSORES Y LOS AJUSTES DE REGRESIÓ N
2019	SISTEMA DE SENSADO MEDIANTE  ARDUINO Y UNA MATRIZ DE  SENSORES DE GASES INDUSTRIALE S	ALBERTO DÍAZ PAREDES	MÉTODO DE ESTUDIO EXPERIMENTA L	MATRIZ DE SENSORES	NARIZ ELECTRÓNI CA  JAVA	UNIVERSID AD POLITÉCNI CA DE VALENCIA
2020	ROSMEL CAYLLAHUE QUILLE	ESTUDIO DE LA NARIZ ELECTRÓNIC A EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	DE CORTE ACADÉMICO EN 2 FACES	ANÁLISIS DESCRIMINA NTE	APLICACIÓ N EN INDUSTRIA ALIMENTAR IA	

**Nota: La siguiente Tabla contiene la información de cada una de las fuentes consultadas para complemento y reforzamiento de la investigación realizada en relación con el tema principal el cual fue creado por el autor.**

## **1.10 Aporte**

Hoy en día el EPOC se diagnóstica realizando una espirometría ya que es lo más cercano a un diagnóstico acertado, este es un estudio indoloro del volumen y ritmo del flujo de aire dentro de los pulmones, el procedimiento se utiliza con frecuencia para evaluar la función pulmonar en las personas con enfermedades pulmonares obstructivas o restrictivas tales como asma o fibrosis quística

Cabe mencionar que muchas veces a pesar de que el estudio no es invasivo, si es muy desgastante para pacientes con EPOC en etapa grave, para pacientes con asma y hasta para pacientes mayores, ya que requiere de un esfuerzo, al exhalar fuertemente y mantener la salida de aire por ciertos segundos para que la prueba sea válida

Posteriormente se envía al paciente hacer estudio de rayos x en los pulmones, análisis de sangre y citografía del esputo la cual determina si realmente hay algún problema o es solo una alergia,

Por lo que este prototipo pretende ayudar a facilitar el diagnóstico médico, evitando pruebas acusativas para el paciente, cabe mencionar que, en el Hospital General de Ecatepec, se trabajó en conjunto con el laboratorista especializado de infra, durante el periodo agosto del 2019 a marzo del 2020, con pacientes de EPOC, un día al mes.

## **1.11 Contenido de la Tesis**

En los primeros capítulos se toman en cuenta los Antecedentes de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y antecedentes de la nariz electrónica, estas para informar de los inicios de estos, así como informar de la problemática que nos llevó al desarrollo de este prototipo y formulación de objetivos.

En el capítulo dos se procede a involucrar al lector en los temas centrales de la investigación, por lo que corresponde al capítulo tres se procederá a diseñar e implementar un prototipo capaz de identificar niveles de los gases en pacientes con EPOC, con un alto índice de exactitud, para así contribuir en el área de la salud, ayudando a disminuir el tiempo de diagnóstico.

Esto debido a que pretende ser un estudio no invasivo y no exhaustivo para los pacientes, así mismo mostrar el alcance de este tipo de recursos implementados en el sector salud, sin olvidar que será de bajo costo al alcance de las manos de cualquier ciudadano que lo requiera o necesite.

Por último, se darán a conocer los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO 2:**

### **LA EPOC Y EL SISTEMA OLFATIVO**

#### **2.1 Introducción**

En este capítulo se abordarán los antecedentes de La EPOC, se mencionarán sus Etapas también nombrados niveles o estados, sus características, los métodos de detección, los factores de riesgo de tener esta enfermedad, incluyendo métodos de prevención, esto agregado para la importancia de la investigación.

Por otra parte, se mencionarán los antecedentes del Sistema Olfativo Artificial, también nombrada Nariz electrónica por diversos autores, su importancia, componentes, características, funcionamiento, incluyendo cada uno de los elementos involucrados en el diseño de este.

Por último y no menos importante se incorporará a la investigación sobre el Sistema Olfativo Humano, características, funcionamiento, componentes, la anatomía pulmonar, el aliento y su comportamiento en tres tipos de personas, Sanas, Fumadoras y con EPOC.

## **2.2 Antecedentes**

### **2.2.1 Antecedentes de la EPOC**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), es la cuarta causa de muerte entre las mujeres mexicanas y la quinta entre los hombres del país, pero hacia 2020, podría colocarse como el tercer factor de mortandad en México, esta enfermedad, cuyo Día Mundial para su prevención es este 20 de noviembre.

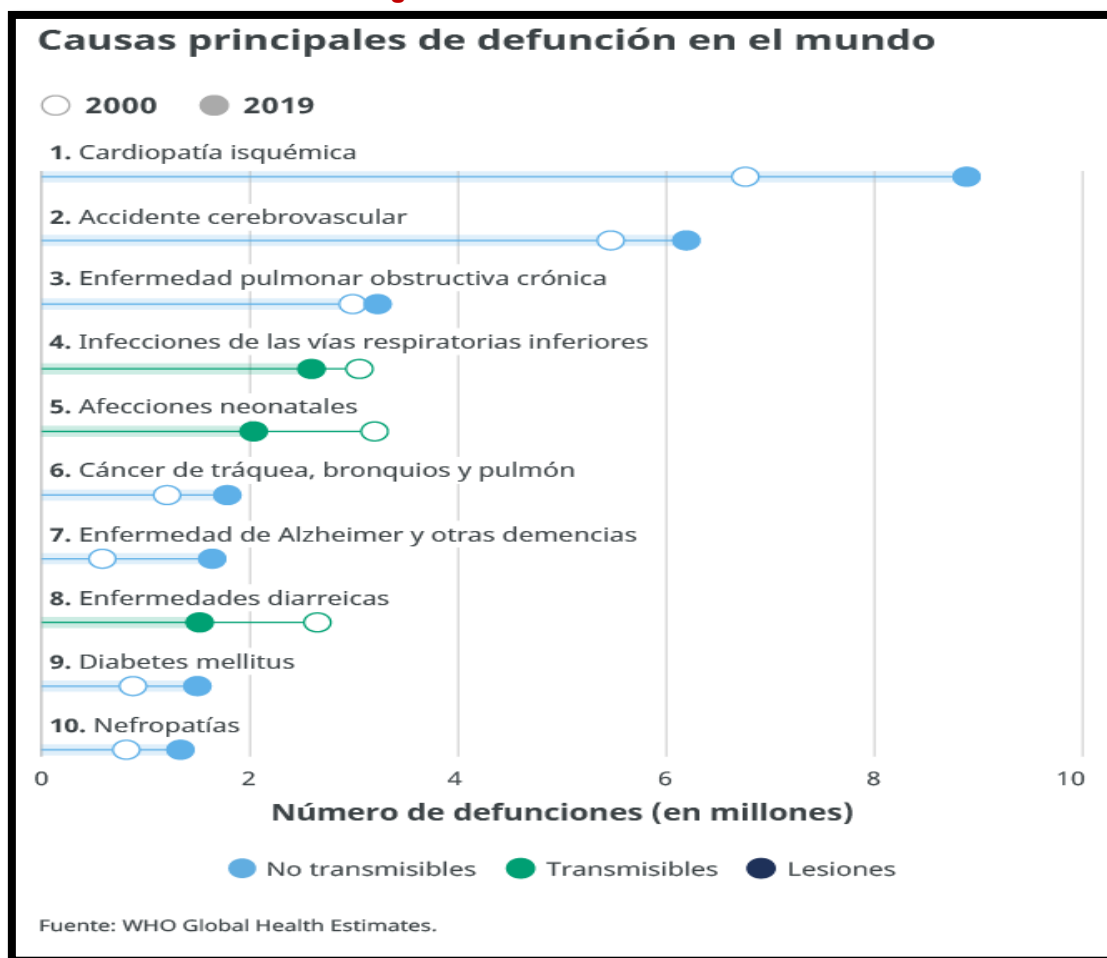
El instituto informa que esta enfermedad tiene origen en la obstrucción gradual de los bronquios y puede ir desde un grado leve, en el que existe una disminución de la capacidad pulmonar, hasta una situación severa que requiere de hospitalización.

El doctor Raúl Sansores, jefe del Departamento de Investigación en Tabaquismo y EPOC para el INER, explica que esta enfermedad tiene dos factores de riesgo principales: el tabaquismo y la exposición al humo de leña o carbón (biomasa) que se utiliza para cocinar o para calentar los hogares.

El INER hospitaliza anualmente a 340 pacientes con EPOC, el 51% son mujeres y el 80% de éstas nunca han fumado, pero sí han cocinado con leña, aquí se atienden de cada 100 fumadores 20 tienen EPOC, pero solamente 2 de ellos tienen conocimiento.

En 2019, las 10 causas principales de defunción representaron el 55% de los 55,4 millones de muertes que se produjeron en todo el mundo. [2]

**Figura 1: Causas de muerte en 2020**



**Nota:** La Figura contiene las diez principales causas de muerte entre 2019-2020, dicha información se obtuvo de la página oficial de la Organización Mundial de la Salud, publicada en 2020.

Las causas principales de defunción en el mundo, con arreglo al número total de vidas perdidas, se atribuyen a tres grandes cuestiones: las enfermedades cardiovasculares (cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares), las enfermedades respiratorias (enfermedad pulmonar obstructiva crónica, infecciones de las vías respiratorias inferiores) y las afecciones neonatales, que engloban la asfixia y el traumatismo en el nacimiento, la septicemia e infecciones neonatales y las complicaciones del parto prematuro. [2]



El accidente cerebrovascular y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica son la segunda y tercera causas de defunción, que representan aproximadamente el 11% y el 6% del total de muertes, respectivamente. [2]

Las infecciones de las vías respiratorias inferiores siguen siendo la enfermedad transmisible más mortal del mundo, situándose como la cuarta causa de defunción. No obstante, el número de defunciones ha disminuido considerablemente: en 2019 se cobraron 2,6 millones de vidas, 460.000 menos que en 2000. [2]

Las causas de defunción pueden agruparse en tres categorías: enfermedades transmisibles (enfermedades infecciosas y parasitarias y afecciones maternas, perinatales y nutricionales), enfermedades no transmisibles (crónicas) y lesiones. [2]

Según los Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos (NIH por sus siglas en inglés) existen dos formas principales de este padecimiento: una expresada en bronquitis crónica y la otra en un enfisema que termina por dañar a los pulmones con el paso del tiempo.

Según la investigación de noviembre del 2017 de Grupo Expansión, Un paciente que se hospitaliza podría gastar hasta 400,000 pesos por episodio para tratar esta enfermedad, de acuerdo con datos del estudio (costos de la atención médica de la EPOC) de 2012.

Según jefe de Departamento de Investigación de Tabaquismo y EPOC del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), Raúl Sansores Martínez, el 10% de la población mexicana, padece EPOC esto debido a la adicción al tabaco, la cual es causa principal de padecimiento de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el ocho por ciento de los pacientes no presentan síntomas [6]

### **2.2.2 Antecedentes del Sistema Olfativo Artificial**

Como se mencionó anteriormente los orígenes de la nariz electrónica se inician en los 60's, continúan en los 80's y los 90's los cuales orientaron sus estudios en entender los procesos del olfato biológico, utilizando un conjunto de sensores semiconductores de óxidos metálicos, y luego ampliaron su investigación a sensores basados en polímeros conductores, mientras que, el otro grupo propuso un aparato para detectar, identificar y medir una amplia variedad de productos químicos y mezclas transportadas por ferrocarriles, barcos y camiones. [5]

Posteriormente en Japón se comenzó a investigar la frescura de los pescados utilizando matrices de sensores MOX (sensores semiconductores de óxido metálico). Por lo tanto, en los tres continentes se inició el desarrollo de la tecnología de matrices de sensores olfativos en los años 80 [5]

Una de sus primeras y más populares definiciones es la de Gardner y Barlett, 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". Todos estos avances han dado lugar a la fabricación comercial de narices electrónicas. [5]

En la actualidad las narices electrónicas no son solamente usadas para clasificaciones de aroma, de olores, hay de uso comercial, para seguridad, para detección de perros, en áreas de seguridad gubernamental, agroindustria, medio ambiente y medicina de ahí que su importancia y utilización. [5]

Las narices electrónicas fueron desarrolladas en un comienzo para reemplazar a los paneles de expertos en la clasificación de aromas, debido a que estos se consideran costosos, difíciles de transportar, y algunas veces subjetivos, debido a que sus valoraciones se pueden ver afectadas por el cansancio, estado anímico, el clima y otros factores externos, algunas veces se han apoyado en cromatógrafos de gases

y espectrómetros de masas, no sólo clasificando olores sino también cuantificándolos, todo esto con un elevado costo en tiempo y en dinero.

Hoy en día pueden tener diversos funcionamientos y ser muy accesibles con respecto a sus costos y consumos de energía y fácil manejo.

### **2.3 La EPOC y sus Variantes**

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad crónica inflamatoria de los pulmones que obstruye el flujo de aire desde los pulmones. [7]

La EPOC es frecuente, prevenible y tratable. Se caracteriza por la presencia de obstrucción crónica al flujo aéreo, por lo general de manera progresiva y parcialmente reversible, asociada a una reacción inflamatoria pulmonar anómala y persistente a partículas o gases nocivos, principalmente al humo del tabaco y leña, que puede estar o no acompañada de síntomas, disnea, tos, expectoración, exacerbaciones, efectos extrapulmonares y enfermedades concomitantes [8]

El enfisema y la bronquitis crónica son las dos afecciones más frecuentes que contribuyen a desarrollar la EPOC, esta se puede tratar con el tratamiento adecuado, la mayoría de las personas con EPOC puede lograr un buen control del síntoma y la calidad de vida, además de reducir el riesgo de otras afecciones relacionadas. [7]

### **2.3.2 Métodos de Detección**

Según la guía de salud publicada hace más de 5 años del programa de GPC en el SNS [9] y la dra. Lilia Robles, antes mencionada, el método para detectar la EPOC es el siguiente:

En primer lugar, se debe revisar la historia clínica del paciente al cual se le preguntará sobre los síntomas que tiene, como la tos, esputos, dificultad para respirar o disnea, el tiempo que lleva con estos, si estos son ocasionales o aparecen al realizar ejercicio, si ha tenido asma, si es fumador o exfumador.

Por último, se le pregunta si en su familia alguien más, dentro del círculo más cercano sufre estos padecimientos, esto debido a que podría ser descartada la EPOC, en caso de que no halla antecedentes familiares

Posteriormente se le realiza una exploración física al paciente, si en esta se detectan indicios de este padecimiento, se le indica al paciente que se debe realizar una espirometría, la cual será solicitada por su médico familiar, en el caso del hospital general José María Rodríguez, se les canaliza para obtener una cita lo más cercana posible.

Cabe mencionar que dicho hospital tiene un convenio con el laboratorio de Infra médica, los cuales envían a un doctor especializado para realizar las espirometrías una vez al mes en las instalaciones del hospital, por lo que los médicos solo deberán enviar al paciente con la solicitud de espirometría el día de la prueba, mismo día se le entrega el paciente los resultados para observación del médico.

Posteriormente analizando los resultados anteriores, para confirmar el diagnóstico se solicitan pruebas de laboratorio como análisis de sangre, en los que solicita medición de glóbulos rojos, blancos, el nivel de urea, el sodio, el potasio y otros valores importantes para conocer su estado de salud general.

Por último, se mide la cantidad de oxígeno (o saturación de oxígeno) en la sangre, esta es tomada en el consultorio, se solicitan radiografía de tórax, tomografía computarizada o TAC y Pletismografía corporal

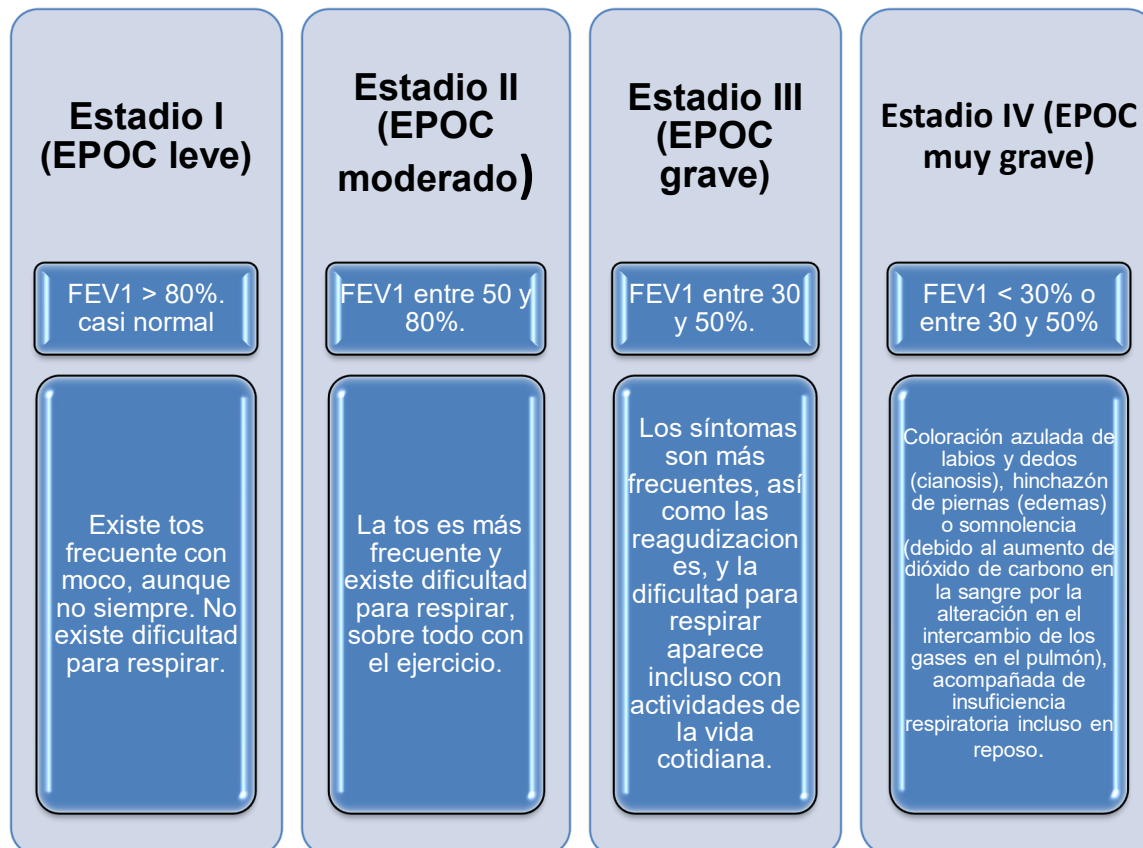
En caso de que aún no halla seguridad en el padecimiento se solicitara una gasometría arterial la cual permite obtener datos directamente de la sangre arterial sobre el nivel de oxígeno y de dióxido de carbono.

La muestra de esputo y cultivo de secreciones, esta se realiza en sospecha de infección bacteriana y estudio del sueño mediante polisomnografía, técnica con la que se registra durante toda la noche diversos aspectos relacionados con el sueño del paciente y su respiración, se utiliza para personas con EPOC cuando se sospeche que también presentan apnea del sueño. [10]

### **2.3.3 Etapas y Proceso de Evolución**

Según el Dr. Bernardino Alcázar, experto en EPOC. Existe una clasificación de la gravedad de la enfermedad, según los resultados de las pruebas de función respiratoria, en cuatro estadios o también llamadas etapas o niveles por otros autores, a continuación, en la Figura 2 se muestran los estadios basados en la medición del FEV1 tomando como valor normal el 100%.

**Figura 2: Estadios de la EPOC**



**Nota:** En la figura se muestra la información obtenida de la investigación referente a los estadios de la EPOC según el nivel FEV (volumen de aire que se expulsa en el primer segundo de una espiración forzada), tomadas en cuenta en el diagnóstico y detección de esta, la cual fue creada por el autor

### 2.3.1.2 Fenotipos y Características

#### Fenotipos

Existen distintos fenotipos clínicos de la enfermedad, con historia natural, se mencionarán los incluidos en la guía GesEPOC, la cual propone cuatro fenotipos que determinan un tratamiento diferenciado. [11]

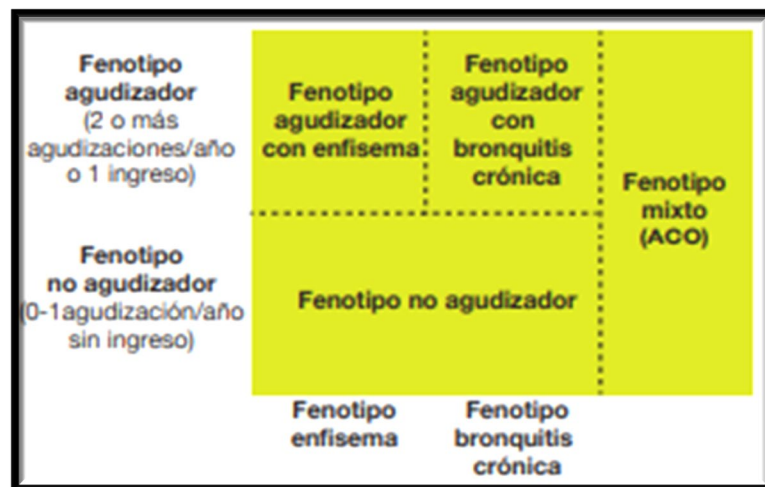
**1.- Fenotipo no agudizador:** se caracteriza por presentar una agudización ambulatoria o grave al año, requieren tratamiento con corticoesteroides sistémicos y/o antibióticos, regularmente separadas al menos cuatro semanas desde la resolución de la exacerbación previa o seis semanas desde el inicio de esta, se basándose en la historia clínica de cada paciente. [10] [11]

**2.- Fenotipo mixto EPOC-asma o ACO:** Los pacientes con EPOC diagnosticados con asma, cuenta con una obstrucción no completamente reversible al flujo aéreo, acompañada de síntomas o signos de una reversibilidad aumentada de la obstrucción poco claro ya que se deben cumplir al menos dos criterios mayores o un criterio mayor y dos menores. [10] [11]

**3.- Fenotipo enfisema:** pacientes con diagnóstico clínico/radiológico /funcional de enfisema y EPOC, que presentan disnea e intolerancia al ejercicio como síntomas predominantes. [11]

**4.- Fenotipo bronquitis crónica:** paciente con bronquitis crónica es el síndrome predominante y EPOC, entendiendo bronquitis crónica como la presencia de tos productiva o expectoración durante más de tres meses al año y durante más de dos años consecutivos. [11]

**Figura 3: Fenotipos de la EPOC**

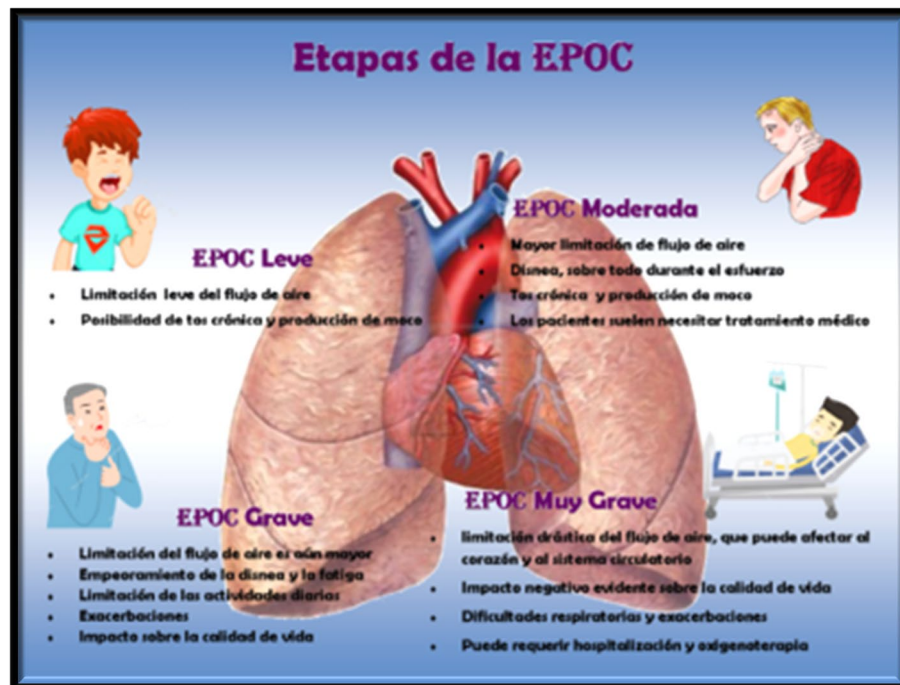


La figura anterior muestra los Fenotipos de la EPOC según la GesEPOC. ACO: solapamiento asma-EPOC.

## Características

según la dra. Lilia Robles, jefa de división de medicina interna del Hospital general “José María Rodríguez”, los pacientes con Enfermedad Obstructiva Crónica presentan características dependiendo la gravedad de esta, otra de las cosas porque no es detectada en niveles más bajos, se ve reflejados en la Figura 4.

Figura 4: Etapas de la EPOC



**Nota:** En la figura se muestra la información obtenida de la investigación referente a los niveles o etapas de la EPOC más importantes, tomadas en cuenta en el diagnóstico y detección de esta, la cual fue creada por el autor.

### 2.3.1.3 Síntomas y Factores de Riesgo

#### Factores de riesgo

**Exposición al humo del tabaco:** Este es el factor de riesgo más significativo para la enfermedad pulmonar obstructiva crónica es el consumo de cigarrillos a largo



plazo. los fumadores de pipa y los fumadores de marihuana también pueden estar en riesgo, así como las personas expuestas a grandes cantidades de humo de segunda mano, llamados actualmente fumadores pasivos. [12] [13]

**Personas con asma.** El asma, una enfermedad inflamatoria crónica de las vías respiratorias, puede ser un factor de riesgo para desarrollar enfermedad pulmonar obstructiva crónica. La combinación de asma y fumar aumenta el riesgo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica incluso más. Aproximadamente 1 de cada 12 personas en el mundo tiene este padecimiento. [14]

**Exposición ocupacional a polvos y sustancias químicas.** La exposición a largo plazo a los gases de sustancias químicas y al polvo en el lugar de trabajo puede irritar e inflamar los pulmones, la contaminación del aire de interiores (por ejemplo, la derivada de la utilización de combustibles sólidos en la cocina y la calefacción), la contaminación del aire exterior la exposición laboral a polvos y productos químicos (vapores, irritantes y gases) [1]

**Exposición a los gases de la quema de combustible.** En el mundo en desarrollo, las personas expuestas a los gases de la quema de combustible para cocinar y calentar en hogares mal ventilados corren un mayor riesgo de desarrollar enfermedad pulmonar obstructiva crónica. [14]

**Genética.** La deficiencia de alfa-1-antitripsina es una proteína del suero humano cuya función principal es inhibir a las proteasas, especialmente a la Tripsina, es la causa de algunos casos de enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Es probable que otros factores genéticos hagan que ciertos fumadores sean más susceptibles a la enfermedad. [15] [16]

**Contaminación atmosférica** Se concluye que los factores de riesgo para el desarrollo de EPOC son cada vez mejor identificados, e incluyen también muchas otras exposiciones ambientales, como la exposición ocupacional o ambiental al polvo y humos, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, entre ellos se

encuentran, el ozono, las partículas en suspensión (PM), el monóxido de carbono  $CO$  , el dióxido de sulfuro  $SO_2$ , el dióxido de nitrógeno  $NO_2$  y otros gases. [10] [16]

## Síntomas

Los síntomas respiratorios crónicos, pueden desarrollar la limitación del flujo aéreo y asociarse con episodios respiratorios agudos [17], principalmente son tres los más frecuentes como, tos, falta de aire y expectoración. [18]

Otros signos y síntomas de la EPOC pueden incluir los siguientes:

- La obstrucción del flujo aéreo, como dificultad para respirar, sobre todo durante la actividad física, silbido al respirar. [19]
- Enfisema severo comprendido por presión en el pecho, disminución de capacidad pulmonar y cardíaca. [19]
- Infecciones respiratorias frecuentes y exceso de mucosidad en los pulmones [18]
- La tos crónica con flemas (esputo), la cual puede ser transparente, blanca, amarilla o verdosa [18]
- Obstrucción torácica, labios de color azul o cianosis, uso de tanque de oxígeno. [17]
- Otras características de la enfermedad grave. fatiga, pérdida de peso involuntaria, anorexia, [17]hinchazón en los tobillos, en los pies y en las piernas

Los pacientes con EPOC, se les estudia más a fondo su historial clínico para prevenir episodios reagudizantes, los cuales según la investigación son factores agravan la situación en la que dicho paciente se encuentre.

### **2.3.1.3 Causas y Complicaciones**

#### **Causas**

según la dra. Lilia Robles, jefa de división de medicina interna del Hospital general “José María Rodríguez”, la principal causa de la EPOC generalmente es el tabaquismo, la EPOC se produce a menudo en personas expuestas a los gases de la quema de combustible para cocinar y calentar en hogares mal ventilados.

Se considera una enfermedad fundamentalmente causada por el tabaco; aunque algunos fumadores crónicos la desarrollan, muchos de ellos con largos historiales de tabaquismo pueden tener una función pulmonar reducida o afecciones pulmonares y pueden ser diagnosticados erróneamente como enfermos de EPOC hasta realizar una evaluación más completa.

#### **Complicaciones**

**Infecciones respiratorias.** Las personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica son más propensas a resfriarse, a contraer neumonía o tuberculosis, cualquier infección respiratoria puede dificultar mucho más la respiración y podría causar más daño al tejido pulmonar. [8] [20]

**Problemas cardíacos.** Por razones que no se comprenden del todo, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica puede aumentar el riesgo de enfermedades cardíacas, incluido el ataque cardíaco. [11]

**Cáncer de pulmón.** Las personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica tienen un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. [21]

**Depresión.** La dificultad para respirar puede impedirle hacer las actividades que le gustan. Y tratar con una enfermedad grave puede contribuir al desarrollo de la depresión. [7] [21]

### **2.3.2 Métodos de Estudios Pulmonares de EPOC**

**Exploración física:** Es el examen físico el médico le examinará y auscultará el pecho, su respiración, su corazón y explorará otras partes de su cuerpo para excluir que sean otras condiciones las que puedan estar causando los síntomas y saber si sus síntomas pueden tener otra causa que no sea la EPOC. [22]

**Espirometría:** Es una de las pruebas más importantes para determinar si una persona tiene EPOC y seguimiento de las disfunciones ventilatorias del aparato respiratorio, puede detectar la EPOC incluso en personas que aún no tienen síntomas, por lo que se realiza a los pacientes en los que se sospecha EPOC u otras enfermedades respiratorias. [23]

Durante la espirometría, primero se hace una respiración profunda y luego se sopla, tan fuerte y rápido como sea posible, dentro de una pipeta dentro del espirómetro conectado a una máquina pc. este mide la velocidad y la cantidad de aire que entra y que se puede expulsar de los pulmones.

Esta prueba sirve para confirmar el diagnóstico y conocer la gravedad de la enfermedad, ya que con el software adecuado se muestran las gráficas las que identifican el nivel de EPOC o en su defecto revelar que no hay obstrucción.

Una vez diagnosticada la EPOC, esta prueba se repite para seguir el estado de la enfermedad a lo largo del tiempo y la respuesta al tratamiento, cabe mencionar que esta prueba es realizada cada mes a pacientes con síntomas respectivos a EPOC por la empresa Infra en el Hospital José María Rodríguez, dichas pruebas para muchos pacientes fueron exhaustivas para los pacientes.

**Figura 5: Espirómetro**



*Nota: La siguiente figura muestra la fotografía de un espirómetro con pipeta de un solo uso, usado para realizar las espirometrías por el Doctor de laboratorio de Grupo Infra, la cual fue tomada por el autor con el consentimiento del doctor.*

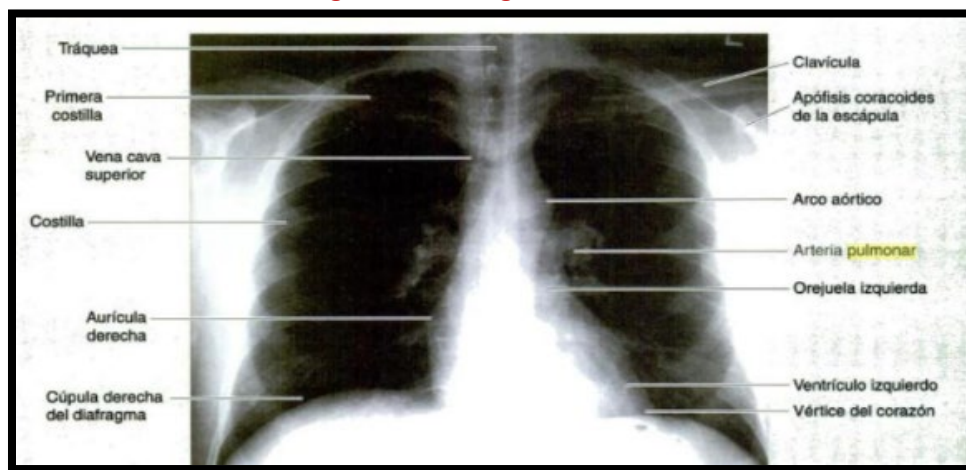
**Pletismografía corporal:** Técnica con la que se registra durante toda la noche diversos aspectos relacionados con el sueño del paciente y su respiración, se utiliza para aquellas personas con EPOC cuando se sospeche que también presentan apnea del sueño dentro de una cabina herméticamente cerrada, se colocan monitores en el pecho para registrar la frecuencia cardíaca y la respiración, medirá el número de veces que deja de respirar (apnea). [22]

**Tomografía computarizada o TC:** Es una prueba radiológica del cuerpo, que permite captar secciones detallados del pulmón, permite valorar la estructura de las

vías respiratorias y los tejidos pulmonares, por medio de rayos X, se recomienda si hay dudas en el diagnóstico o en personas con EPOC, antes de la cirugía. [24]

**Radiografía de tórax:** Permiten obtener una imagen de los pulmones, por medio de rayos X, muestra los tejidos y sus densidades lo que la hace muy útil para el diagnóstico de la enfermedad y para descartar otras enfermedades, que pudieran causar los síntomas. [24]

**Figura 6: Radiografía Torácica**



Nota: La figura anterior muestra una radiografía del tórax con nombres del libro Anatomía con orientación clínica, contenida en su página 68

### **2.3.3 Métodos de Prevención**

Según Mayo clinic A diferencia de otras enfermedades, la EPOC tiene una causa y un modo claros de prevención. La mayoría de los casos están directamente relacionados con el tabaquismo, y la mejor manera de prevenir la EPOC es no fumar o dejar de fumar ahora mismo.

Si has sido fumador durante mucho tiempo, quizá estas afirmaciones simples no te parezcan tan simples, sobre todo si has intentado dejar una vez, dos veces o

muchas veces. Sin embargo, debes seguir intentando dejarlo. Es de suma importancia encontrar un programa para dejar de fumar que pueda ayudar a dejar el hábito para siempre. Es tu mejor oportunidad para prevenir el daño a tus pulmones. [7]

La exposición que generan ciertos trabajos a vapores y polvo de sustancias químicas es otro factor de riesgo para la EPOC. Si trabajas con este tipo de irritantes pulmonares, habla con tu supervisor sobre las mejores maneras de protegerte, por ejemplo, usar un equipo de protección respiratoria. [7]

## **2.4 Sistema Olfativo Biológico**

El sentido del olfato tiene la capacidad de percibir una gran cantidad de aromas, según datos bibliográficos más de 10 mil tipos de aroma, de las cuales pueden discriminar al menos tres mil de estos. [25]

Todo este proceso nace a partir de que moléculas aromáticas y odoríferos estimulan el epitelio olfatorio (el cual cuenta al menos de 20 a 30 millones de células olfativas humanas (cilios)) ubicado en la cavidad nasal, dado este estímulo se activa las prolongaciones nerviosas las cuales atraviesan, para luego enviar un impulso eléctrico al cerebro y poder guardar la información para usarla en una próxima. [26]

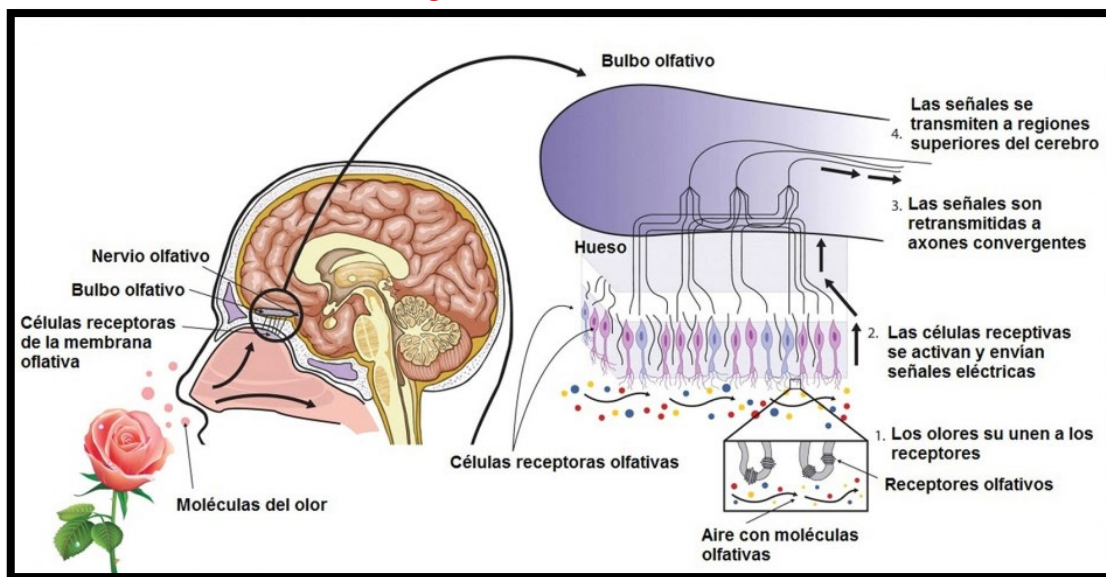
De ella se desprenden una gran cantidad de funciones, cruciales para la supervivencia del ser humano, entre ellas, darnos signos de algún peligro de algún gas nocivo, determinar calidad de productos e incluso poder asociar aromas a distintas historias nuestras. [25]

Como todo sistema complejo el sentido del olfato tiene subsistemas [25], cada uno de estos están conectados entre sí.

### 2.4.1 Componentes del sistema olfativo biológico

Este está formado principalmente por la cavidad nasal cubierta por una membrana mucosa y vellos nasales, el cual es una barrera contra agentes diferentes al aroma, las fosas nasales es cavidad por donde ingresa el olor, el bulbo olfatorio que conecta la parte final de la cavidad nasal con el sistema nervioso central, el hueso etmoides soporte de la cavidad nasal, el nervio olfatorio imparte la información a otras áreas del sentido del olfato y la membrana olfatoria, que detecta compuestos volátiles. [27]

Figura 7: Sistema olfativo



Nota: La siguiente Figura contiene la estructura interna del Sistema Olfativo Artificial, con nombres, este para su análisis y posterior estudio para realizar una emulación mediante el prototipo realizado, descargado de <https://medicoplus.com/neurologia/sentido-olfato>



### **2.4.2 Características del sistema olfativo biológico**

En la lámina propia de la región olfatoria humana, se encuentran las glándulas mucosas de Bowman que poseen unos conductos alargados y estrechos, los cuales llegan a la superficie del epitelio olfatorio y sirven para transportar la secreción glandular de mucus que humedece esta superficie y facilita la solubilización de las sustancias odoríferas. [27]

Lo que interpretamos como olores no son más que sustancias químicas volátiles que determinados objetos liberan a la atmósfera y que introducimos en nuestras fosas nasales al inspirar aire. [28]

Es después el cerebro quien experimenta la sensación por medio de los nervios olfatorios y trigéminos inervan la cavidad nasal y proporcionan una conexión directa, el trigémino transmite estímulos nerviosos en el epitelio respiratorio y el vestíbulo de la cavidad nasal, también establece conexión con el SNC, especialmente con la región caudal del cerebro, el tallo cerebral y la médula espinal, y transmite la información sensorial desde la cavidad nasal hasta estas regiones. [27]

### **2.4.3 Funcionamiento del sistema olfativo biológico**

El órgano receptor del olfato es la placa olfatoria, conformada por células especializadas y conectadas a unas fibras nerviosas. esta se encuentra en la mucosa pituitaria que a su vez se localiza en la parte superior de las fosas nasales. Los receptores olfativos se encargan de detectar los olores del entorno. [29]

Dentro de la cavidad nasal están presentes unos pelos pequeños que cuelgan de los receptores olfativos y están cubiertos por una delgada capa de moco. Los receptores olfativos son tan sensibles que son suficientes unas cuantas moléculas en el aire para detectar un olor. [29]

El sistema olfativo tiene varias funciones:

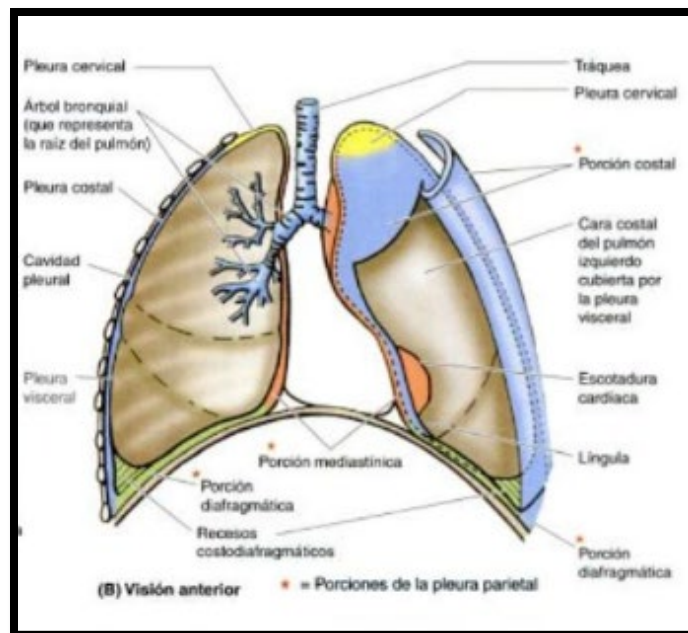
- Detectar y orientarse a una fuente de nutrientes.
- Evaluar el estado, tipo y calidad nutritiva de la fuente de nutrientes.
- Detectar información del medioambiente (peligrosos tales como humo, gas, nivel de humedad, otras sustancias químicas) [30].
- Distinguir entre los aromas de los alimentos o fragancias de la naturaleza o artificiales [30].
- Crear una representación del olor y su concentración.
- Distinguir un nuevo olor de entre los olores ambientales en segundo plano.

## **2.5 Anatomía Pulmonar**

Los pulmones están situados dentro del tórax en ambos lados del corazón, protegidos por las costillas y separados el uno del otro por el mediastino, están recubiertos por membranas pleuras, contenidas en el interior de las cavidades. [24]

La superficie de los pulmones es de color rosado en los niños y grisácea en los adultos la cual tiene cuatro posiciones (posición costal, posición mediastínica, posición diafragmática y la pleura cervical), mostradas en la Figura 8. [24]

**Figura 8: Anatomía pulmonar**



**Nota:** La figura anterior muestra la anatomía pulmonar con nombres del libro Anatomía con orientación clínica, contenida en su página 113

### **2.5.1 Función de la ventilación pulmonar**

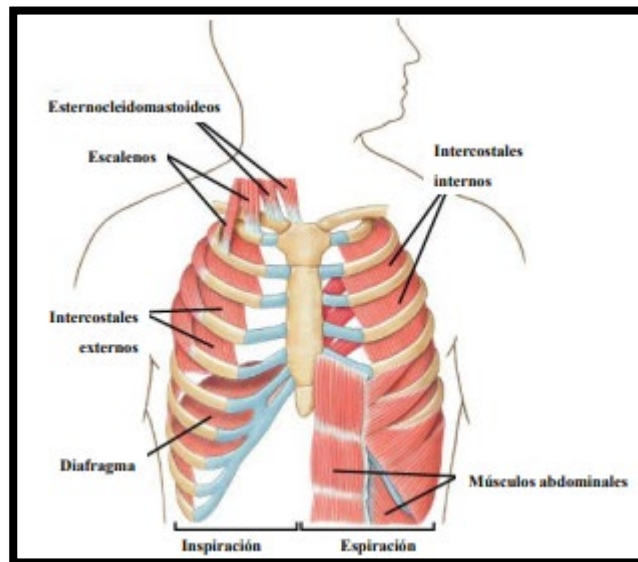
El proceso de ventilación es partes del sistema respiratorio, el diafragma se relaja, la cúpula sube y se produce la aspiración, por la cual el aire atmosférico, el oxígeno entra en los pulmones, por medio de la exhalación, expulsan aire bajo en oxígeno y alto en dióxido de carbono. [31]

Cuenta con las siguientes fases como: ventilación, esta se da por medio de la respiración externa, la cual es la entrada del aire ambiental a los pulmones y la difusión,

la cual es la respiración interna la cual permite el paso de oxígeno  $O_2$  y  $CO_2$  a través de la membrana alveolocapilar. [31]

Por lo tanto, las funciones principales del aparato respiratorio son: distribución de aire, intercambio de gases  $O_2$  y  $CO_2$ , filtrar, calentar y humidificar el aire que respiramos, regulación del pH, reteniendo o eliminando  $CO_2$ , regulación de la temperatura (por pérdida de agua), conversión/producción de hormonas en el pulmón y producción del sonido (lenguaje oral). [31]

**Figura 5: Músculos de la Ventilación**

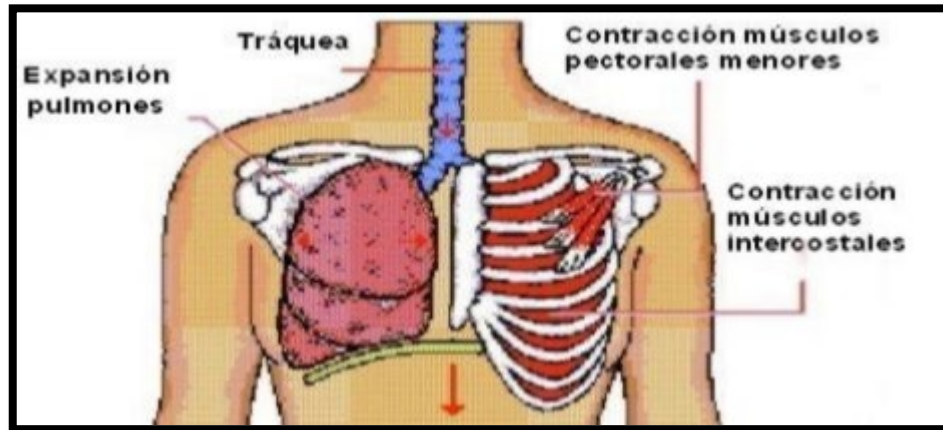


**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla de anatomía pulmonar con nombres de los músculos que intervienen en la ventilación, obtenida del programa educativo página 13 del Dr. Héctor Lorenzo Ocaña Servín, neumólogo y físico pulmonar.

La inspiración tiene lugar cuando el diafragma se contrae hacia abajo y los músculos pectorales menores y los intercostales externos aumentan el volumen de la cavidad torácica y hacen que el pulmón se expanda por lo que presionan las costillas hacia afuera. [31]

La cavidad torácica se expande y el aire entra con rapidez en los pulmones a través de la tráquea hasta que desaparece el gradiente de presión. [31]

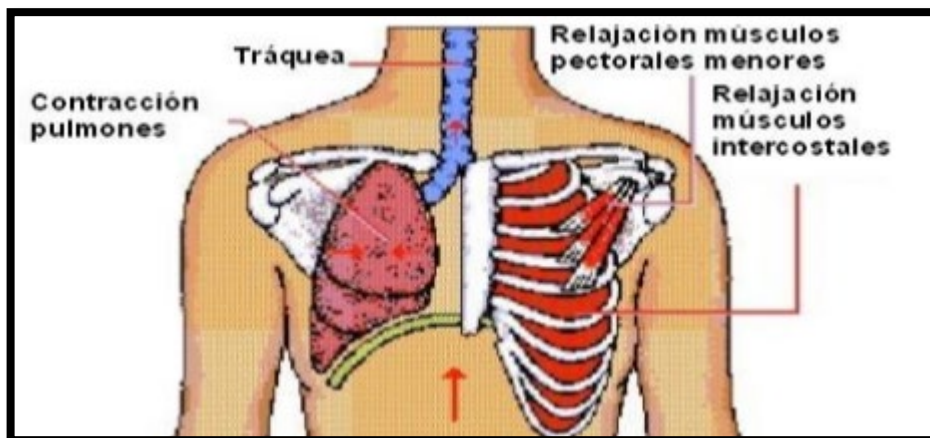
**Figura 10: Funcionamiento de la Inspiración**



*Nota: La Figura contiene la captura de pantalla de anatomía pulmonar con nombres de los músculos que intervienen en la inspiración, obtenida del programa educativo página 15 del Dr. Héctor Lorenzo Ocaña Servín, neumólogo y físico pulmonar.*

La espiración ocurre cuando el diafragma se relaja, adopta su posición normal, curvado hacia arriba, los pulmones disminuyen su volumen, se contraen y el aire se expande. [31]

**Figura 11: Funcionamiento de la Espiración**



*Nota: La Figura contiene la captura de pantalla de anatomía pulmonar con nombres de los músculos que intervienen en la inspiración, obtenida del programa educativo página 16 del Dr. Héctor Lorenzo Ocaña Servín, neumólogo y físico pulmonar.*

La ventilación pulmonar es el intercambio convectivo (convección) de una masa de aire “fresco” atmosférico por el aire alveolar en l/min, en unidades BTPS este depende del cambio de presión a nivel alveolar y es ayudada por los cambios de presión pleural. [31]

Según el Dr. Ernesto Hernández Matus, profesor titular de Medicina Interna dentro del hospital general Jesé María Rodríguez, el volumen de aire que entra en el pulmón durante una inspiración es de aproximadamente 500 cm<sup>3</sup>, con una frecuencia respiratoria de 12 ciclos por minuto, por lo que la capacidad pulmonar oscila entre 4000 y 6000 cm<sup>3</sup>, dependiendo del lugar donde viva, la edad, peso y sexo, incluso esta se va deteriorando con la presencia de problemas pulmonares.

### **2.5.2 Problemas pulmonares**

Según estudios de teensHealth hay muchos factores, incluyendo la genética, los contaminantes e irritantes ambientales y las enfermedades infecciosas, pueden repercutir sobre la salud de los pulmones y el sistema respiratorio y provocan problemas respiratorios.

Los problemas del sistema respiratorio más frecuentes durante la adolescencia incluyen los siguientes [32]:

- Asma. En EE.UU., más de 20 millones de personas tienen asma y este trastorno es la primera causa de absentismo escolar en niños y adolescentes. El asma es una enfermedad pulmonar inflamatoria crónica que provoca que las vías respiratorias se tensen, hinchen y estrechen cuando las personas afectadas entran en contacto con irritantes como el humo del tabaco, el polvo o la caspa animal.
- Bronquitis. Aunque la bronquitis no afecta a muchos adolescentes, se puede dar en aquellos que fuman. En la bronquitis, la mucosa que recubre el

interior de los bronquios se inflama y produce una cantidad excesiva de mucosidad. Las personas afectadas desarrollan una fuerte tos para expulsar las mucosidades.

- **Catarro común.** Los catarros están provocados por más de 200 virus diferentes que causan una inflamación de las vías respiratorias altas. El catarro común es la infección respiratoria más frecuente. Los síntomas incluyen fiebre leve o febrícula, tos, dolor de cabeza, secreción nasal, estornudos y dolor de garganta.
- **Tos.** La tos es el síntoma de una enfermedad, no una enfermedad en sí misma. Hay muchos tipos diferentes de tos y de muchas causas diferentes, oscilando entre las que no tienen demasiada importancia y las que pueden poner en peligro la vida del paciente. Algunas de las causas más frecuentes de tos en niños y adolescentes son el catarro común, el asma, la sinusitis, las alergias estacionales y la neumonía.
- **Fibrosis quística.** La fibrosis quística es una enfermedad pulmonar de origen hereditario. En esta enfermedad, las mucosidades del cuerpo son anormalmente densas y pegajosas. De ahí que puedan obstruir las vías respiratorias y hacer a los afectados más vulnerables a las infecciones bacterianas.
- **Neumonía (también denominada pulmonía).** La neumonía es una inflamación de los pulmones que generalmente ocurre debido a una infección vírica o bacteriana. La neumonía provoca fiebre, inflamación del tejido pulmonar y dificulta la respiración porque los pulmones necesitan esforzarse más para transferir oxígeno al torrente sanguíneo y eliminar el dióxido de carbono de la sangre [32].

Las causas más frecuentes de neumonía son la gripe y las infecciones provocadas por la bacteria *Streptococcus pneumoniae*. [32]

Aunque algunas enfermedades respiratorias, como el asma o la fibrosis quística, no se pueden prevenir, puedes prevenir muchas enfermedades pulmonares y respiratorias crónicas evitando fumar, manteniéndote alejado de contaminantes e

---

irritantes ambientales, lavándote las manos a menudo para evitar posibles infecciones y someténdote regularmente a exámenes médicos [32].

### 2.5.2.1 Las causas de la Obstrucción de las Vías Respiratorias

Las causas de la obstrucción de las vías respiratorias incluyen lo siguiente:

**Enfisema:** Desde el punto de vista histopatológico, fue descrito por la Asociación Americana del Tórax (ATS) en 1962, como una condición del pulmón caracterizada por aumento permanente y anormal de los espacios aéreos distales al bronquiólo terminal, acompañado por destrucción de sus paredes. [33]

**Bronquitis crónica:** Con esta afección, los bronquios se inflaman y se estrechan y los pulmones producen más moco, lo que puede bloquear aún más los tubos estrechados. Desarrollas una tos crónica para tratar de despejar tus vías respiratorias. [7]

**El humo del cigarrillo y otras sustancias irritantes:** En la gran mayoría de las personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el daño pulmonar que desencadena la enfermedad es consecuencia de haber fumado cigarrillos durante mucho tiempo. Pero es probable que también existan otros factores implicados en el desarrollo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, como la susceptibilidad genética, porque no todos los fumadores la desarrollan. [7]

**Otras sustancias irritantes:** pueden causar enfermedad pulmonar obstructiva crónica, incluidos el humo del cigarro, el humo de segunda mano, el humo de la pipa, la contaminación ambiental y la exposición en el lugar de trabajo a polvo, humo o gases tóxicos. [7]



**Deficiencia de alfa-1 antitripsina:** En aproximadamente el 1 % de las personas con EPOC, la enfermedad es el resultado de un trastorno genético que causa bajos niveles de una proteína llamada alfa-1 antitripsina (AAt). La proteína AAt se produce en el hígado y se segrega en el torrente sanguíneo para ayudar a proteger los pulmones. La deficiencia de alfa-1 antitripsina puede causar enfermedades hepáticas, pulmonares o ambas. [7] [34]

**En el caso de los adultos con EPOC** relacionada a la deficiencia de AAt, las opciones de tratamiento incluyen las utilizadas para las personas con tipos más comunes de EPOC. Además, algunas personas pueden ser tratadas mediante el reemplazo de la proteína AAt faltante, lo que puede prevenir un mayor daño a los pulmones. [7]

### **2.5.3 Rehabilitación Pulmonar**

El beneficio de la rehabilitación pulmonar en el paciente con EPOC consiste en mejorar la calidad de vida, tolerancia al ejercicio y disminuir la disnea. Debe considerarse en pacientes con un VEF 1 menor del 80% del predicho. Prácticamente está indicada en todos los estadios de severidad de la enfermedad. [4]

En los pacientes con enfermedad grave, que son sometidos a cirugía de reducción de volumen, la rehabilitación constituye un requisito previo para tal procedimiento y los programas de rehabilitación, son multidisciplinarios y se requiere la participación multidisciplinaria: Entrenamiento muscular, nutrición, fisioterapia, educación, apoyo psicológico y oxigenoterapia a largo plazo. [4]

El tiempo necesario para obtener beneficio es de 6 a 12 semanas, la frecuencia de las sesiones es de 3 a 5 veces, se recomienda que la duración sea de media hora en los diferentes aparatos que incluyen ejercicio de brazos con ergómetro, bicicleta y banda

sin fin, una ventaja adicional es que los pacientes lo pueden continuar en casa con oxígeno debe ayudar a mantener una saturación mayor del 90%. [4]

#### **2.5.4 Sistema Respiratorio**

El aparato respiratorio incluye la nariz, la boca, la garganta, la tráquea y los pulmones, el aire entra en el aparato respiratorio a través de la nariz o de la boca, este se calienta y humidifica, los pasajes nasales y otras partes del aparato respiratorio están protegidos por pelos diminutos llamados "cilios", que se encargan de filtrar el polvo y otras partículas que entran en la nariz junto con el aire que respiramos. [35]

Las dos entradas de las vías nasales se unen en la faringe comúnmente llamada garganta, en la parte posterior de la nariz y la boca, la faringe forma parte del aparato digestivo y del respiratorio porque transporta tanto los alimentos como el aire, en la parte inferior de la faringe, el canal se divide en dos conductos. [35]

El esófago conduce al estómago, el pasaje exclusivo para el aire se cubre con una pequeña capa de tejido denominada "epiglotis" cuando tragamos, de este modo, se impide que los alimentos o los líquidos vayan a los pulmones y la laringe es la parte superior del conducto exclusivo para el aire, este conducto corto contiene un par de cuerdas vocales, que vibran para generar sonidos. [35]

La tráquea es la continuación del paso de aire por debajo de la laringe, las paredes de la tráquea están fortalecidas con anillos rígidos de cartílago que la mantienen abierta, está revestida de cilios, que expulsan los líquidos y las partículas extrañas de las vías aéreas para que no lleguen a los pulmones. [35]

En el extremo inferior, la tráquea se divide en los conductos izquierdo y derecho, llamados "bronquios", que conectan con los pulmones, dentro de estos los bronquios se ramifican y forman conductos incluso más pequeños llamados bronquiolos, estos

terminan en pequeños sacos de aire llamados "alvéolos", donde ocurre el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, a esta red de alvéolos, bronquiolos y bronquios recibe el nombre de árbol bronquial. [35]

Los pulmones contienen tejidos elásticos que les permiten inflarse y desinflarse sin perder su forma y están cubiertos por un revestimiento delgado llamado pleura, por otra parte, la cavidad torácica está formada por las costillas, los músculos unidos a ellas y por un músculo de gran tamaño denominado diafragma. Las paredes del tórax forman una protección alrededor de los pulmones y otros órganos presentes en la cavidad torácica. [35]

## **2.6 Aliento**

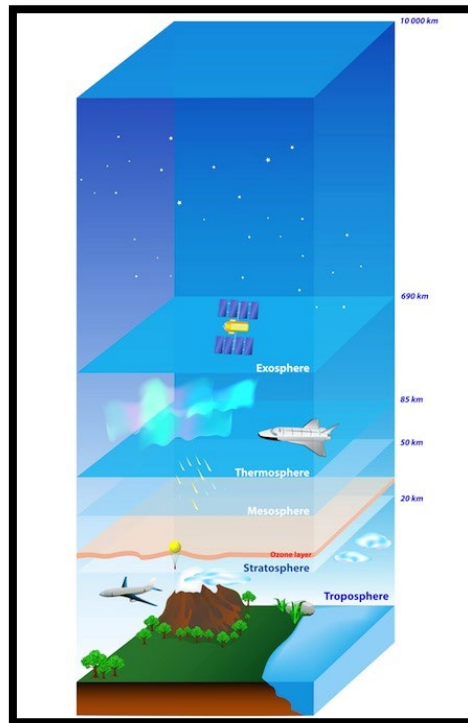
El aliento es el aire que sale por la boca, cuando tiene un olor que resulta desagradable, se habla de mal aliento, también llamado halitosis, suele vincularse a una mala higiene bucal o puede deberse a diversas enfermedades.

De acuerdo con la altitud, composición, temperatura y otras características, la atmósfera que rodea a la Tierra y comprende las siguientes capas o regiones, ilustradas en la Figura 12 y detalladas posteriormente. [36]

- Troposfera: Alcanza una altura media de 12 km, de 7km en los polos y de 16km en los trópicos, en ella encontramos junto con el aire, polvo, humo y vapor de agua, entre otros componentes.
- Mesosfera: Zona que se sitúa entre los 50 y los 100km de altitud, su temperatura media es de 10 °C; en ella los meteoritos adquieren altas temperaturas y en su gran mayoría se volatilizan.

- Ionosfera o Termosfera: Empieza después de los 100km. Y va desapareciendo gradualmente hasta los 500km de altura, esta región es constituida por oxígeno  $O_2$ , la temperatura aumenta hasta los  $1000^{\circ}C$ . los rayos X y ultravioleta del sol ionizan, produciendo átomos y moléculas cargados eléctricamente iones y electrones libres.
- Exosfera: Comienza a 500km. de altura y extiende más allá de los 1000km, formada por una capa de helio y otra de hidrogeno, después de esa capa se halla la magnetosfera, que se extiende hasta unos 55000km de altura, aunque no constituye propiamente un estrato atmosférico.
- Estratosfera: Zona muy fría que se extiende de los 12 a los 50km de altura, en su capa superior entre los 20 y los 50km, contiene gran cantidad de ozono  $O_3$ , el cual es de enorme importancia para la vida en la tierra por que absorbe la mayor parte de los rayos ultravioleta del sol.

**Figura 12: Capas de la atmosfera**



Nota: La Figura contiene la información de cada una de las capas de la atmósfera esto para su descripción y mejor comprensión sobre los componentes de cada y una de ellas obtenida de <https://www.geoenciclopedia.com/capas-de-la-atmosfera/>.

El aire limpio y puro forma una capa de aproximadamente 500 000 millones de toneladas que rodea la Tierra, para proteger la salud humana, los gobiernos en muchos países del mundo controlan los niveles de contaminantes atmosféricos utilizando diversas herramientas normativas. [37]

Entre éstas se encuentran las normas de calidad del aire, que establecen concentraciones aceptables para la población en términos de los riesgos que los contaminantes representan para la salud humana así dichas normas definen las concentraciones aceptables durante diferentes periodos de exposición ya que en algunos casos se considera una concentración menor, durante un tiempo de exposición mayor, también representa un riesgo para la población. [37]

En México, la Secretaría de Salud es el órgano responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y establecer los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera, antes mencionado en la Tabla 2, la cual resume los indicadores con los que se evalúa el cumplimiento de las NOM de salud con respecto a cada uno de los contaminantes criterio. [37]

Se muestra además el tipo de dato base que se utiliza en el cálculo y el tiempo para calcular la métrica, el tipo de exposición, la frecuencia tolerada, los valores límite, los criterios de suficiencia de información y la NOM que corresponde a cada contaminante. [37]

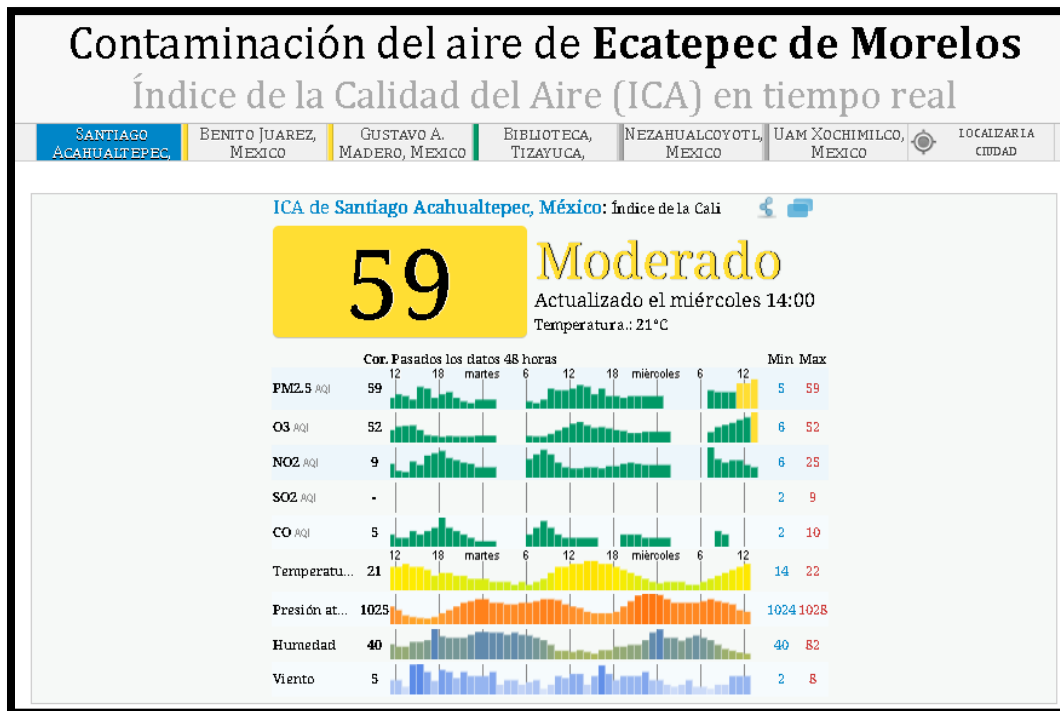
También se menciona que para reducir las repercusiones de la contaminación atmosférica urbana sobre la salud pública es preciso reducir las fuentes principales de contaminación, en particular la combustión ineficiente de combustibles fósiles para el transporte motorizado y la generación de electricidad, y mejorar la eficiencia energética de los edificios y las fábricas. [37]

Por esta razón se decidió buscar información sobre los contaminantes reales existentes en el medio ambiente mediante varios enlaces llegando a la página de la estación de monitoreo de calidad del aire de GAIA, los cuales están utilizando sensores

láser de partículas de alta tecnología para medir en tiempo real la contaminación de PM2.5, que es uno de los contaminantes del aire más dañinos.

Los cuales después de medir los niveles de contaminación del aire se informan de forma instantánea y en tiempo real en sus mapas, siendo una muestra de esto la Figura 13.

**Figura 13: Contaminación en el aire**



Nota: La Figura contiene la captura de pantalla con la información en tiempo real de la calidad del aire con la que se cuenta en Ecatepec de Morelos Estado de México, el cual contiene los niveles de los gases presentes en el momento de la consulta en junio del 2021, la cual se obtuvo de la página <https://aqicn.org/map/ecatepec-de-morelos/es/>.

### 2.6.1 Componentes de la Inhalación

Como se mencionó anteriormente en el tema de funcionamiento de ventilación pulmonar la inhalación se produce cuando se toma aire ya sea por la nariz o la boca,

los cuales conducen a este a través de la tráquea, hasta llegar a los pulmones, los cuales se expanden y reciben el oxígeno.

Siendo sus principales componente, nariz o boca, la tráquea, pulmones, músculos intercostales y los músculos pectorales menores observados en la Figura 10.

El aire es una mezcla de gases, principalmente de nitrógeno y oxígeno, que no posee olor ni sabor y que necesitan los seres vivos para vivir. Por eso, la importancia del aire es indiscutible, pues sin él, no existiría vida en la Tierra. [38]

Sus componentes principales son el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, neón, helio, entre otros. Todos ellos de gran importancia y necesarios para que los seres vivos realicen funciones vitales, como las siguientes:

- Gracias al oxígeno en la atmósfera, podemos respirar.
- El dióxido de carbono es la base para la fotosíntesis.
- El aire permite la existencia del fuego, el sonido, el viento, las nubes, las lluvias, etc. [39]

**Tabla 2: Componentes de la Calidad del Aire.**

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposición	Frecuencia tolerada	Valor Límite Indicador con el que se evalúa	Norma Oficial Mexicana
Partículas PM10	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	75 µg/m <sup>3</sup> Máximo	<u>NOM-025-SSA1-2014</u>
		Crónica	--	40 µg/m <sup>3</sup> Promedio anual	

Partículas PM2.5	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 µg/m <sup>3</sup> Máximo	
		Crónica	--	12 µg/m <sup>3</sup> Promedio anual	
Ozono (O <sub>3</sub> )	Dato horario	Aguda	No se permite	0.095 ppm Máximo	<u>NOM-020-SSA1-2014</u>
	Promedio móvil de 8 hora		No se permite	0.070 ppm Máximo	
Dióxido de azufre ( <b>SO<sub>2</sub></b> )	Promedio de 8 hora	Aguda	1 vez al año	0.200 ppm Segundo máximo	<u>NOM-022-SSA1-2010</u>
	Promedio de 24 hora	Aguda	No se permite	0.110 ppm Máximo	
	Dato horario	Crónica	--	0.025 ppm Promedio anual	
Dióxido de nitrógeno ( <b>NO<sub>2</sub></b> )	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.210 ppm Segundo máximo	<u>NOM-023-SSA1-1993</u>
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 hora	Aguda	1 vez al año	11 ppm Segundo máximo	<u>NOM-021-SSA1-1993</u>
Plomo (Pb)	Promedio aritmético de tres meses	Crónica	No se permite	1.5 µg/m <sup>3</sup>	<u>NOM-026-SSA1-1993</u>



**Nota:** La tabla contiene la información descriptiva de la calidad del aire, en estimación de la contaminación atmosférica de acuerdo con la OMS, con autor Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios la cual se obtuvo de la página del Gobierno de México [37]

### **2.6.1.1 Personas Sanas**

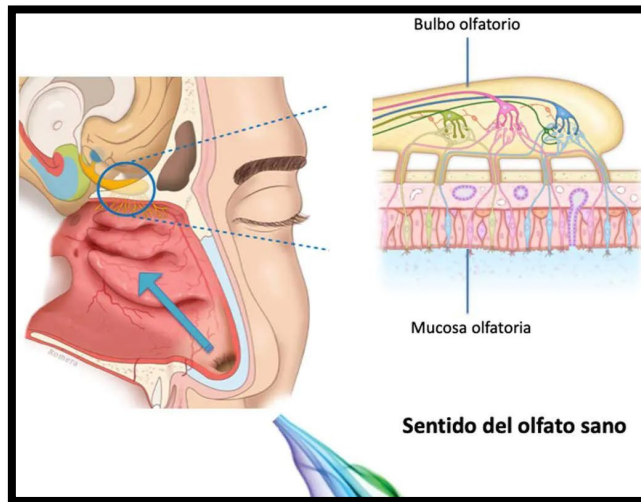
Teniendo en cuenta la calidad del aire que se respira, en cada área donde se ubique, hay que tomar las medidas necesarias, pues de ella depende la buena salud, el buen funcionamiento y actividad del organismo, la adecuada circulación sanguínea e incluso al buen funcionamiento del cerebro para una mejor calidad de vida.

El aire que respiramos se compone de una mezcla de los siguientes gases: nitrógeno  $N_2$ , oxígeno  $O_2$ , gases nobles, dióxido de carbono  $CO_2$ , y agua  $H_2O$ .

Los gases nobles incluyen, argón  $Ar$ , neón  $Ne$ , criptón  $kr$ , helio  $He$ , el más importante para los seres vivos es el oxígeno  $O_2$ , el cual cumple numerosas funciones esenciales dentro del organismo, el dióxido de carbono, que resulta del intercambio de aire en los pulmones del oxígeno en dichas funciones vitales y que es liberado como resultado del proceso respiratorio.

En este proceso, las plantas y los árboles, mediante el proceso de la fotosíntesis, absorben el dióxido de carbono para liberar el oxígeno que necesitan las personas, que absorben el oxígeno y expulsan el anhídrido carbónico, por lo tanto, el beneficio es mutuo para las plantas y los animales.

**Figura 14: Sentido del Olfato Sano**



**Nota:** La Figura muestra la estructura interna del sentido del olfato sano, obtenido de Med Clin 2020.155;403-B.

### **2.6.1.2 Personas Fumadoras**

Según la doctora Justa Redondo, presidenta del VIII Congreso Nacional de Prevención y Tratamiento del Tabaquismo, al exhalar el fumador desprende al aire sustancias tóxicas y cancerígenas como cianuro, amoníaco y monóxido de carbono.

#### **Humo del tabaco**

Los cigarrillos, los cigarros (puros) y el tabaco de pipa se hacen de hojas secas del tabaco. Otras sustancias se agregan para dar sabor y para hacer más agradable fumar. El humo de estos productos está formado de una mezcla compleja de químicos generados por la combustión (quemado) del tabaco y de sus aditivos.

El humo del tabaco contiene miles de sustancias químicas, incluyendo al menos 70 que se sabe causan cáncer. Estos químicos que causan cáncer se conocen como carcinógenos. Algunos de los químicos que se encuentran en el humo del tabaco incluyen:

Nicotina (sustancia química adictiva que produce los efectos en el cerebro que las personas quieren tener al consumir tabaco) [40]

- Ácido cianhídrico
- Aldehído fórmico
- Plomo
- Arsénico
- Amoniaco
- Elementos radiactivos, como el uranio (más información al respecto a continuación)
- Benceno
- Monóxido de carbono
- Nitrosaminas específicas del tabaco
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Muchas de estas sustancias causan cáncer, algunas de ellas también pueden causar enfermedades cardíacas, pulmonares, u otros problemas de salud graves, la mayoría de las sustancias se producen con la combustión de las hojas de tabaco en sí, y no de los aditivos incluidos en los cigarrillos y otros productos del tabaco. [41]

### **Sustancias radiactivas en el humo del tabaco**

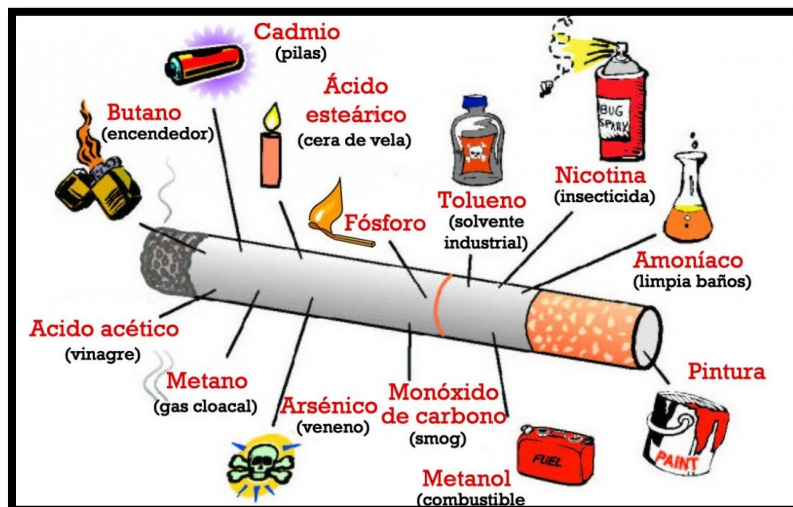
Las sustancias radiactivas se encuentran en las hojas del tabaco usadas para hacer los cigarrillos y los cigarros, tanto en su fase gaseosa como en las partículas ya contenidas en la composición del tabaco, contiene cantidades de distintos

leucemógenos potenciales, tales como benceno, uretano, naftaleno, nitrosaminas y otros compuestos reactivos. [42]

Estas sustancias provienen de la tierra y el fertilizante usados durante el crecimiento de las plantas de tabaco, la cantidad en el tabaco depende de la tierra y los fertilizantes usados para cultivar las plantas de tabaco, estas sustancias radiactivas se emiten en el humo al encender el tabaco o cigarrillo, el humo que los fumadores introducen a sus pulmones al fumar.

Este puede ser otro factor clave en las personas que fuman que llegan a tener cáncer de pulmón.

**Figura 15: Componentes del tabaco**



**Nota:** La Figura muestra los ingredientes de un tabaco común con filtro obtenido de <http://greenarea.me/>.

### 2.6.1.3 Personas con EPOC

En la actualidad, con la cada vez mayor presión del hombre sobre el ambiente, el uso intensivo de los recursos naturales y el creciente nivel de industrialización de

los países es imposible que la atmósfera pueda absorber o purificar las enormes cantidades de contaminantes que se producen.

De esta forma, terminan por aumentar su concentración, haciendo más peligroso el aire que se respira y favoreciendo la aparición de enfermedades respiratorias tales como asma, alergias, diversos tipos de cáncer y afecciones de la piel, irritación de ojos, nariz y garganta.

A esto, se le deben sumar las partículas de diversos tamaños, que son filtradas por la nariz y los bronquios, las pequeñas por su tamaño si penetran a los pulmones alojarse en ellos, los factores atmosféricos como vientos y lluvia que influyen en el mayor o menor grado de contaminación que se produce.

**Figura 16: Carcinógenos en el Medio Ambiente**



*Nota: La Figura contiene la estructura interna de los pulmones obtenida de internet, de un autor desconocido, a la cual se le agregaron las leyendas de carcinógenos en el medio ambiente modificada por el autor.*

## **2.6.2 Componentes de la Exhalación**

Generalmente la composición del aire en una respiración tranquila, antes mencionado involucra la inhalación y la exhalación aproximadamente de 500ml es:

**Inhalado:** 21% de Oxígeno conformado de 80 a 100ml de este gas

**Exhalado:** 16% de Dióxido de carbono y se absorben 20ml de Oxígeno.

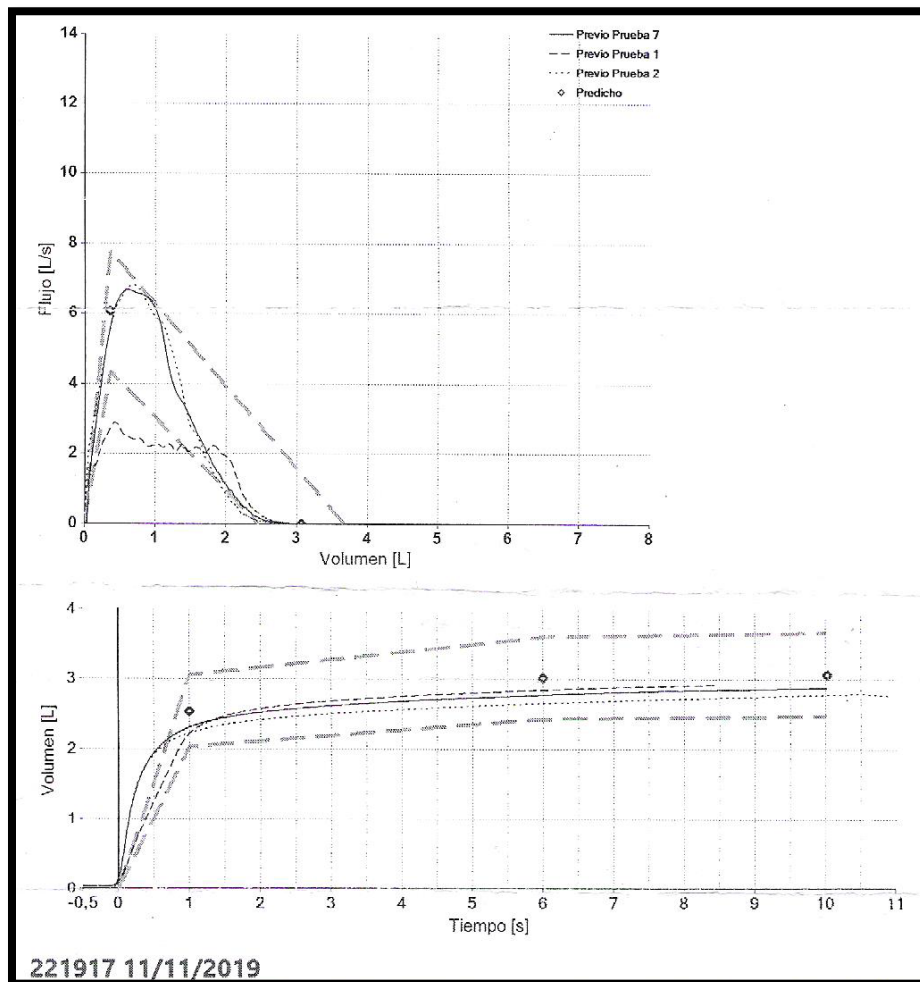
Respiramos aproximadamente 17 veces por minuto e introducimos en una respiración normal 0.5 l de aire y el aire renovado en una inhalación forzada tiene una capacidad vital de 3.5 l.

### **2.6.2.1 Personas Sanas**

Nueve de cada diez personas respira un aire insalubre. La contaminación del aire es un asesino invisible que puede estar acechando, por ejemplo, en el camino de vuelta a casa e incluso en nuestros hogares.

La Organización Mundial de la Salud y la Coalición del Clima y Aire Limpio se han unido en una campaña internacional llamada «Respira la vida», que tiene por objeto sensibilizar al público acerca del impacto de la contaminación del aire en nuestra salud y en el planeta, y crear una red de ciudadanos, dirigentes urbanos y nacionales y profesionales de la salud para impulsar el cambio en nuestras comunidades.

**Figura 17: Espirometría del Autor**



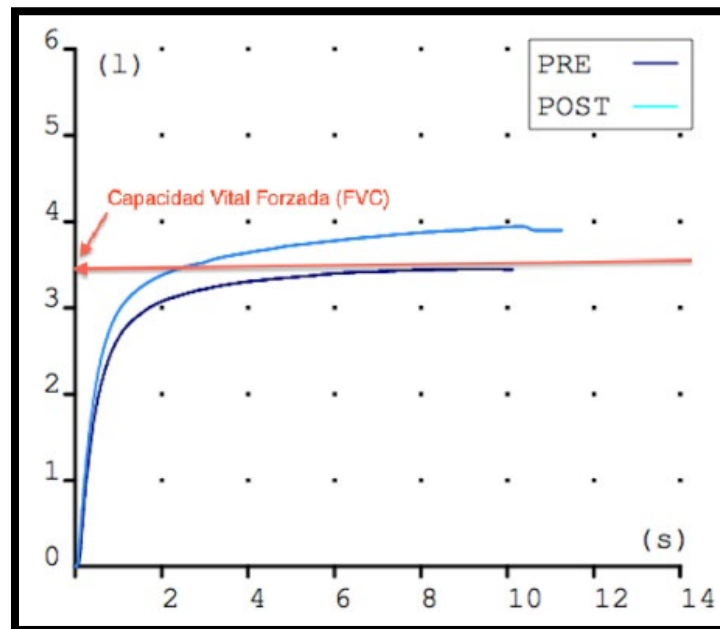
**Nota:** La Figura contiene los resultados de la espirometría realizada al autor con fines de la investigación realizada por Dr. Gibran de INFRA MEDICA, en el laboratorio del Hospital “José María Rodríguez”

### 2.6.2.2 Personas Fumadoras

Según la doctora Justa Redondo, presidenta del VIII Congreso Nacional de Prevención y Tratamiento del Tabaquismo, al exhalar el fumador desprende al aire sustancias tóxicas y cancerígenas como cianuro, amoníaco y monóxido de carbono,

por lo tanto, al Respirar el humo del tabaco que fuman otros, eleva en un 30% o más el riesgo de enfermedad coronarias.

**Figura 18. Gráfica Curva Flujo-Volumen**



**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla con la información de una espirometría, obtenida de <https://soplasopla.com/>.

La curva volumen-tiempo representa gráficamente la cantidad de aire expulsado acumulada según transcurre el tiempo de espiración. Proporciona menor información tanto del esfuerzo inicial realizado como en datos para la interpretación, pero también tiene su utilidad en el diagnóstico visual rápido de la espirometría. Una curva normal tendrá un ascenso rápido llegando a una meseta que representará el total de volumen expulsado, la capacidad vital forzada (FVC). [43]



### 2.6.2.3 Personas con EPOC

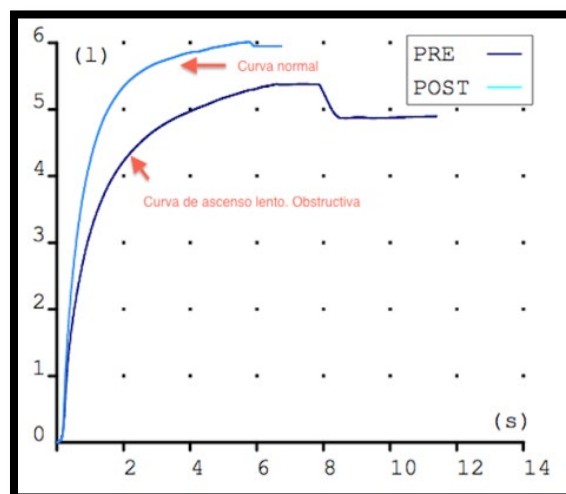
Lo que llamamos vías respiratorias, son una serie de elementos tubulares que transportan el aire dentro y fuera de los pulmones. Respiramos a través de la nariz y la boca. Esas vías respiratorias y los alveolos pulmonares tienen cierta elasticidad cuando se encuentran en perfectas condiciones.

Al inspirar se ensanchan, al exhalar vuelven a su posición original. Es precisamente esta elasticidad la que mantiene la estructura pulmonar y ayuda al movimiento de aire en las fases respiratorias.

Cuando un paciente sufre de EPOC, los alveolos ya no son capaces de recuperar su forma habitual. A eso hay que añadir que, en la mayoría de las ocasiones, las vías respiratorias se inflaman o sufren un engrosamiento. Además, esto se verá aún más perjudicado gracias a la formación de mucosidad más espesa.

Todo lo descrito tiene una fatal consecuencia. Las vías respiratorias están laxas, bloqueadas y/o obstruidas. La respiración normal ya no es posible.

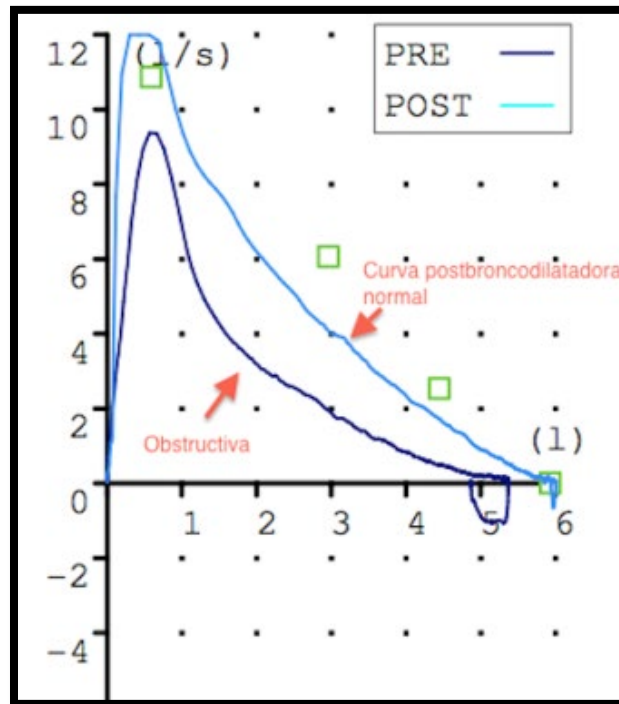
**Figura 19: Patrón Obstructivo**



**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla con la información de una espirometría con patrón obstructivo, obtenida de <https://soplasopla.com/>.

El ascenso es más lento debido a la dificultad de salida del aire. Sin embargo, la meseta alcanzada será de una altura normal. Esto es debido a que la capacidad vital forzada no se ve afectada en el patrón obstructivo puro. [43]

**Figura 20: Patrón obstructivo 2**



**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla con la información de una espirometría, con patrón obstructivo, obtenida de <https://soplasopla.com/>.

En un patrón obstructivo el descenso de la curva desde el flujo pico es claramente cóncavo. [43]

## **2.7 Sistema Olfativo Artificial**

Como se mencionó en el tema Antecedentes del sistema olfativo artificial, los orígenes de la también nombrada nariz electrónica se inician en los años 60, continua en los 80, posteriormente en los 90 y en los 2000, siendo estos capaces de detectar olores característicos.

Según la investigación hay sistemas olfativos artificiales que detectan la maduración de una fruta, el olor de un buen vino, olor de un perro, por otra parte, otros de ellos detectan combustibles, fugas de gas lp en casas, detector de gases y vapores, bacterias en el agua y en este caso los componentes gaseosos que un paciente con EPOC expulsa al exhalar, empleando diversos métodos, pero con un elemento en común, el uso del método de muestreo.

### **2.7.1 Componentes del Sistema Olfativo Artificial**

El sistema olfativo artificial o también llamado nariz electrónica es considerado un conjunto de sensores químicos, sensores bioquímicos, matriz de sensores de gas, olfato artificial [44], un instrumento electrónico, integrado por sensores químicos electrónicos generalmente denominados sensores de gas con características de medición apropiados en reconocimiento de patrones característicos de aromas simples o complejos. [45]

Los datos obtenidos de la nariz electrónica y puede emular nuestro sentido olfativo en nuestro caso el prototipo consta básicamente de un grupo de 10 sensores MQ los cuales son capaces de detectar las sustancias químicas emitidas por el paciente por medio de señales eléctricas.

Un contenedor de Aire, el cual contendrá los sensores por medio de este se almacenará el aire del paciente, el cuál es introducido con una pipeta previamente esterilizada.

Cables de alimentación y transmisión de datos y una unidad de procesamiento: esta para alimentación de energía y almacenar la información obtenida

### **2.7.2 Características del Sistema Olfativo Artificial**

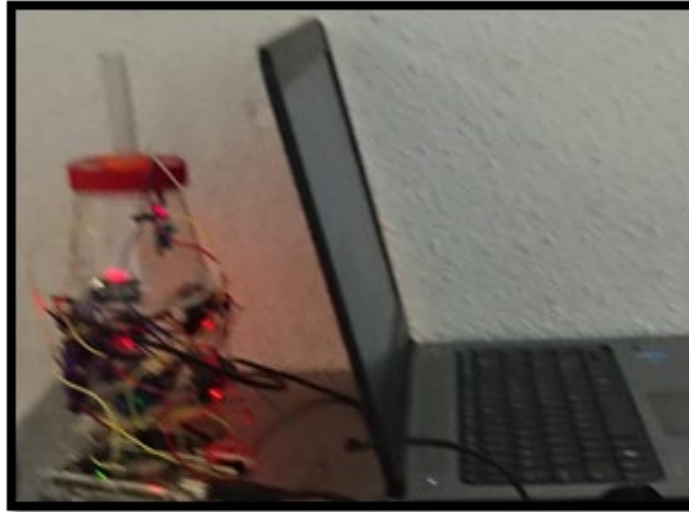
La placa de Arduino mega 2560 la cual cuenta con un microcontrolador ATmega2560 el cual cuenta con 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP, y un botón de reinicio. [46]

Los 10 sensores MQ tienen las características diseño de doble panel de alta calidad, con el indicador de energía y datasheet con instrucciones de salida de señal analógica (AO) y digital (DO), tensión de salida analógica con la mayor concentración de voltaje. dimensiones: 3.2(L) \* 2.0 (A), detección de gases combustibles, gas inflamable y uno sensible al amoníaco, con entrada de voltaje de 5V CD y su mejor característica en mi humilde opinión es su respuesta y recuperación rápida.

El sensor dth11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso, según su datasheet integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, este muestra los datos de salida mediante una señal digital en el pin de datos, el cual se obtuvo por medio de la placa de Arduino mega en conjunto con el software Arduino IDE.

Por último, un contenedor con pipeta adecuado para la toma de muestras. Mostrado en la Figura 19.

**Figura 21: Sistema Olfativo Artificial**



**Nota:** La Figura contiene una fotografía del Prototipo del Sistema Olfativo Artificial, tomada por autor en el Módulo de medición, instalado en el Hospital “José María Rodríguez”.

### **2.7.3 Funcionamiento del Sistema Olfativo Artificial**

Los sistemas olfativos artificiales, son dispositivos inspirados en el sistema olfativo de los mamíferos, diseñados para emular las funciones de este, se aplican para la identificación de olores, con la característica de usar métodos matemáticos y análisis cualitativos y/o cuantitativos. para identificar gases, vapores, aromas y olores.

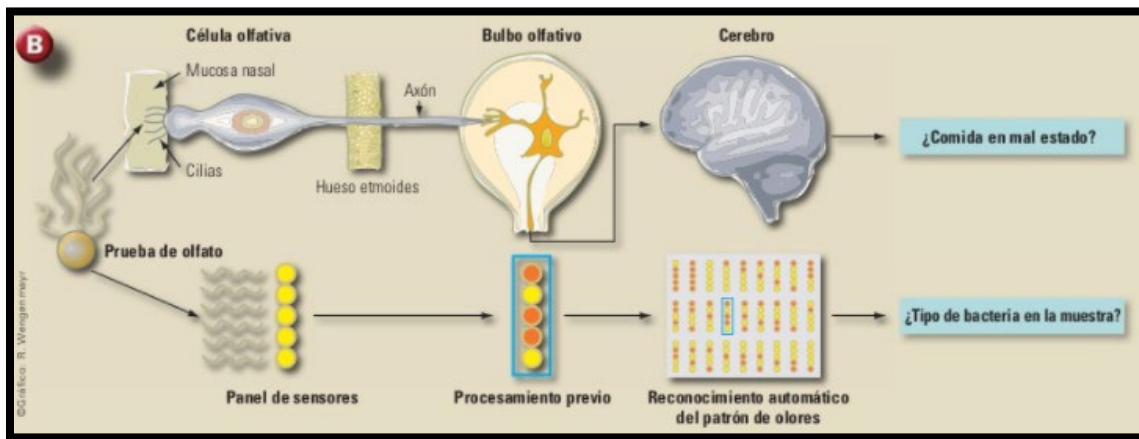
Esta permite distinguir y reconocer aromas utilizando el muestreo, con un conjunto de sensores específicos, en este caso se utilizaron para detección de gases inflamables, volátiles en el ambiente y amoniaco, por medio de señales eléctricas emitidas por sus salidas.

## 2.7.4 Comparación del Sistema Olfativo Biológico y el Artificial

Como ya se mencionó en el tema anterior con el sistema olfativo artificial, la ciencia pretende emular el funcionamiento de un sistema olfativo por medio de dispositivos electrónicos especialmente diseñados para identificación de una variedad de compuestos.

Finalmente, la computadora, con los adecuados algoritmos de clasificación de patrones, extrae los rasgos característicos o huellas de cada gas y presenta los resultados en la interfaz con el usuario. En la Figura 20, se muestra el funcionamiento de una nariz electrónica en comparativa con la nariz biológica

**Figura 22: Comparación del Sistema Olfativo Biológico y el Artificial**



**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla con la información de la comparación del Sistema Olfativo Artificial y el Sistema Olfativo Biológico obtenida de Revista sociedad Max plank con fecha 10/02/2010 en la pág 2.

## **2.8 Electrónica y Programación de Sistemas Embebidos**

### **2.8.1 Placas de Arduino**

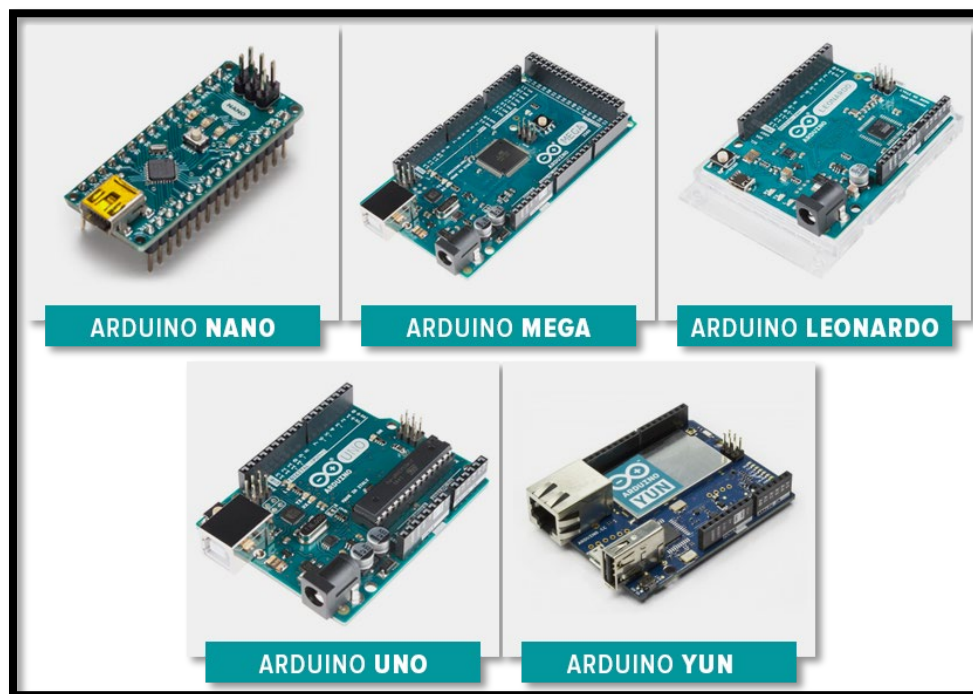
Arduino Nació en el año 2005 el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea (Italia), por la necesidad de contar con un dispositivo para utilizar en aulas que fuera de bajo costo, generando una idea y fabricar una placa para uso interno de la escuela, el instituto se vio obligado a cerrar sus puertas precisamente en 2005, con el riesgo de perder el proyecto Arduino en el proceso, se decidió abrirlo al público, para que todo el mundo pudiese participar en su evolución, proponer mejoras y sugerencias. [46]

Los principales diseñadores de Arduino, Massimo Banzi, David Cuartielles, David Mellis, Tom Igoe y Gianluca Martino, por lo que ahora se puede participar en mejora y aporte de información en su página oficial [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

Una placa electrónica es una PCB con superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual costa de distintas capas de material conductor y es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico. [46]

Así que la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna, de esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite. [46]

**Figura 25: Placas de Arduino**



*Nota: La Figura contiene la captura de pantalla con las imágenes de cinco placas de Arduino, obtenidas de la página oficial de Arduino.*

### 2.8.1.1 Tipos y Características Principales

- **Arduino Mega:** Uno de los más potentes y el que más completos para trabajos es algo más complejo y quizá tengamos que sacrificar un poco el espacio, cuenta con el microcontrolador Atmega1280 con más memoria para el programa, más RAM y más pines que el resto de los modelos.
- **Arduino Bluetooth:** Cuenta con un módulo para la transmisión de datos de hasta 100 metros, con esta placa se puede programar sin cables, así como también realizar comunicaciones serie con cualquier dispositivo bluetooth,



esto es de mucha utilidad cuando queremos controlar algún objeto a una distancia extensa y no queremos rellenar las paredes con cables.

- **Arduino Pro:** Incorpora funciones como un conector especial para una batería LiPo, por lo tanto, es un Arduino portátil.
- **Arduino Nano:** Este que puede ser pinchado directamente sobre una protoboard haciendo muy cómodo el prototipado al igual que el Arduino mini.
- **Arduino Duemilanove:** Placa estándar con el chip atmega328 que es más potente que su versión anterior, aunque perfectamente compatibles respecto a patillaje y programación.
- **Arduino Mini:** Como su nombre lo indica es una placa miniaturizada de Arduino la cual mide tan sólo 30x18mm y permite ahorrar espacio en los proyectos que lo requieran, las funcionalidades son las misma que Arduino Duemilanove. [46]

### 2.8.1.2 Historia de los Sensores y su Clasificación

Los sensores de gas tipo MOS han existido durante casi medio siglo, el TGS-109 original (Sensor de gas Taguchi 109) se introdujo aproximadamente en 1969 [47]

En estos días, hay una amplia variedad de puntos de venta de sensores compatibles con Arduino y Raspberry Pi, los MQ-2 a MQ-9 junto con MQ-135 son distribuidos como Kits de MQ

La familia de los MQ-2 a MQ-9 y otros, son todas variantes de la tecnología MOS, se componen de un material semiconductor que es un óxido de metal, basado en el material semiconductor  $SnO_2$ , los diferentes sensores tienen diferentes aditivos y condiciones de operación para lograr diferentes sensibilidades a diferentes gases. [47]

### **2.8.1.2.1. Evolución de los sensores de gas MQ**

Los sensores de gases MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire podemos conectar estos dispositivos a procesador como el ATmega de la placa de Arduino Mega.

Existe una gran variedad de sensores MQ, cada uno está diseñado para detectar una o más sustancias, pensadas para un uso específico, como por ejemplo detección gases inflamables, calidad del aire o detección de alcohol en aire respirado.

Por medio del Software de Aduino IDE, disponible en la página oficial de Arduno, se introduce un código que permite obtener la lectura tanto como un valor analógico, como un valor digital, por medio del puerto COM de tu dispositivo.

Los sensores de gases deben ser calibrados antes de obtener una medida más precisa, en este caso se buscarán las sustancias gracias al laboratorio de electrónica y a alumnos que tenían acceso a estas sustancias, aun calibrados estos sensores no disponen de la garantía necesaria para formar parte de un sistema de seguridad.

Es recomendable seguir al pie de la letra las indicaciones del datasheet de cada sensor para su mejor funcionamiento.

### **2.8.1.2.2. Características principales de los sensores de gas**

Los sensores MQ están compuestos por un sensor electroquímico que varía su resistencia al estar en contacto con la sustancia adecuada.

Los sensores de gases son dispositivos con respuesta de tiempos largos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos, lo cual es un

proceso lento, la mayoría de los modelos es suficiente para con unos pocos minutos, aunque algunos modelos requieren hasta 12 y 48 horas hasta obtener mediciones estables.

Todos los modelos MQ disponen de un calentador necesario para elevar la temperatura del sensor y que sus materiales adquieran la sensibilidad, mientras el calentador no alcance la temperatura de funcionamiento, la lectura del sensor no será fiable, cada modelo necesita su propia tensión para alimentar el calentador.

En muchos modelos esta tensión es de 5V, pero algunos modelos tienen condicionantes especiales para la alimentación, el calor necesario para que funcione el calentador, puede llegar hasta 800 mW en algunos modelos.

La potencia que puede suministrar el regulador de Arduino, por lo que será necesario proporcionar una fuente de alimentación externa, a continuación, se muestra una tabla de resumen con los distintos modelos de sensores disponibles, los gases a los que son sensibles y algunos datos sobre el calentador.

No obstante, consultar detalladamente el Datasheet de cada sensor MQ particular antes de emplearlo para detallar sus especificaciones técnicas, especialmente la tensión de alimentación del calentador, el tiempo de calentamiento, y la curva de sensibilidad del sensor.

**Tabla 2: Familia de Sensores MQ**

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V

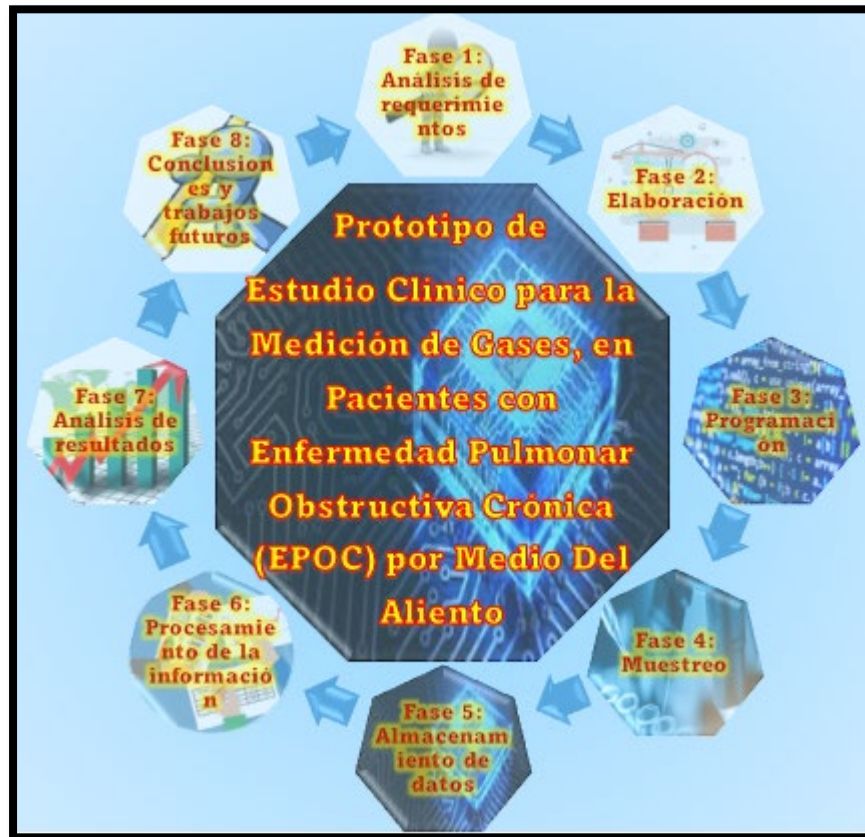
MQ-303A	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306A	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
MQ-307A	Monóxido de carbono	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-8	Hidrógeno	5V
MQ-9	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-309A	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-131	Ozono	6V
MQ-135	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
MQ-136	Ácido sulfhídrico	5V
MQ-137	Amoniaco	5V
MQ-138	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldeido, hidrógeno	5V

MQ-214	Metano, gas natural	5V
MQ-216	Gas natural, gas carbón	6V
MG-811	Dióxido de carbono	6V
AQ-104	Calidad del aire *	
AQ-2	Gases inflamables, humo	
AQ-3	Alcohol, Benceno	
AQ-7	Monóxido de carbono	

**Nota: La Tabla contiene la información de los Sensores MQ, con características obtenidas de los datasheet de los mismos creada por el autor**

## 2.9. Modelo de solución

Figura 22: Metodología



*Nota: Diseño de Metodología de ocho fases, aplicada en este proyecto, creada por el autor*

## **CAPÍTULO 3:**

### **DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO**

#### **3.1 Introducción**

En este capítulo se aborda paso a paso el método de solución del proyecto en cuestión, que va desde el diseño hasta la aplicación de este dentro y fuera de las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, así como del Hospital General de Ecatepec “José María Rodríguez”.

Se describe la manera en la que se atendió a los pacientes y la manera en que se llevó a cabo el análisis de la información de estos, la recolección de datos y finalmente su almacenamiento.

#### **3.2 Diseño del Prototipo**

##### **3.2.1 Fase 1: Análisis de requerimientos**

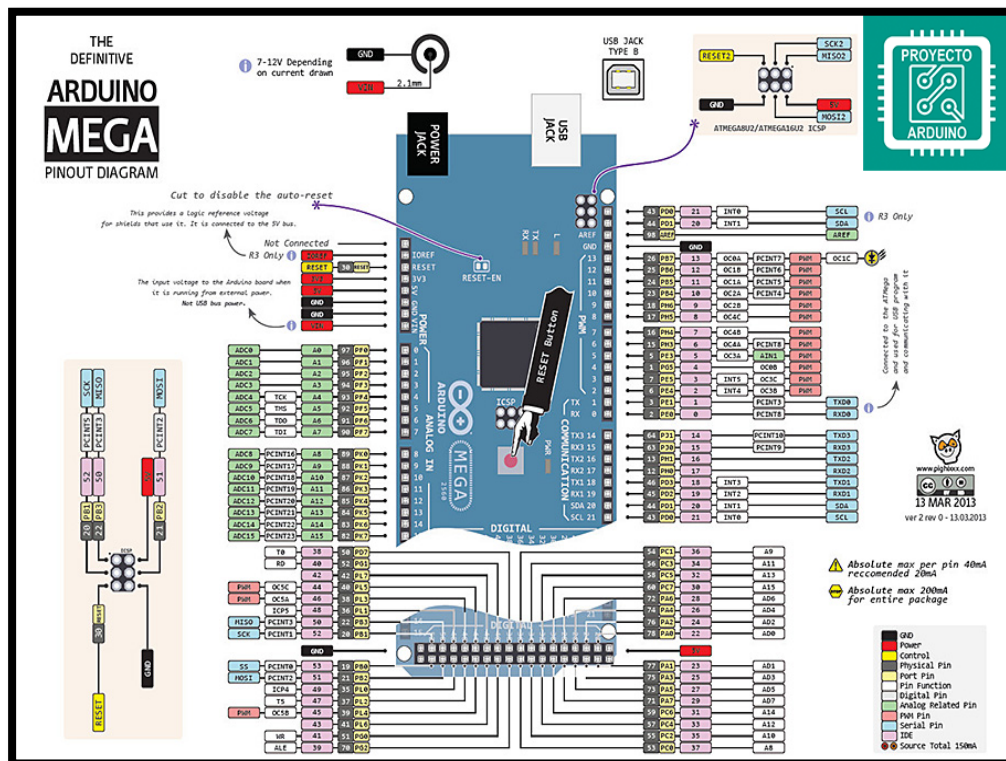
En esta fase, se investigaron todas las variables del proyecto a fondo, con el fin de proponer soluciones sólidas, primeramente, se comenzó a analizar y a diseñar un prototipo funcional, el cual sea capaz de realizar los cálculos necesarios e investigar cada uno de los elementos.

### 3.2.1.1 Materiales

**Arduino Mega:** Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales, 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset, Arduino Mega incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje, simplemente conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa de 9 hasta 12VDC. [46] [48]

**Características:** Microcontrolador ATmega2560, voltaje de entrada de  $-7-12v$ , 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM), 16 entradas análogas, 256k de memoria flash y velocidad del reloj de 16Mhz. [46] [48]

Figura 25: Placa Android Mega

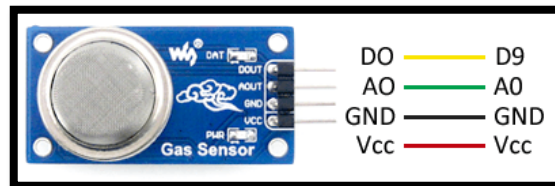


**Nota:** El diagrama contiene la imagen de la placa de Arduino Mega, con la información del modo de conexión, entradas y salidas obtenido por distribuidor de @Proyecto Arduino web.



**Sensores de Gas:** Se utilizo un kit completo de sensores de gas de la familia MQ, el kit incluía los sensores (MQ-2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, MQ-135 y adicional al kit MQ-138)

**Figura 26: Sensor MQ y modo de conexión**

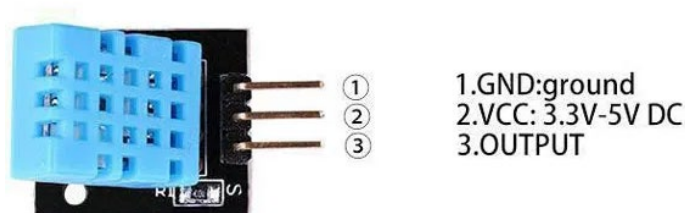


*Nota: El diagrama contiene la imagen del sensor MQ, con la información del modo de conexión, obtenido del datasheet enviado por distribuidor*

**Sensor de Humedad y Temperatura. DHT11:** Presenta un complejo de sensores de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Al utilizar la técnica exclusiva de adquisición de señal digital y la tecnología de detección de temperatura y humedad, garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. [49]

Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, que ofrece excelente calidad, respuesta rápida, capacidad anti interferente y rentabilidad. [49]

**Figura 27: Sensor DTH11 y modo de conexión**



*Nota: La Figura contiene la captura de pantalla del sensor de temperatura y humedad dth11 y su modo de conexión de <https://desensores.com/sensores-arduino/proyectos-basicos-con-arduino-para-principiantes/modulo-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/>*

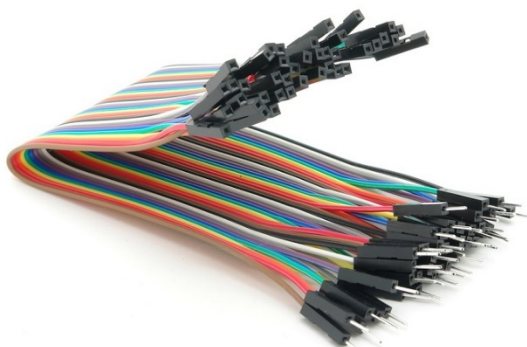
**Cable Dupont:** El modelo AR-DUPMM es un cable de unión que permite la conexión o comunicación entre diferentes dispositivos de los circuitos electrónicos, puede usarse para conectar líneas de voltaje, sensores, tarjetas programables, etc.

También conocido como jumper de conexión, está diseñado con una longitud de 10, 20 y 30cm, ideal para la conexión de la mayoría de los circuitos que se elaboran de forma estándar, puede usarse en proyectos electrónicos comunes y en tarjeta de prueba, también llamadas protoboard y tarjetas programables sin dañarlas.

Disponibles en tres versiones Macho a Macho (AR-DUPMM), Macho a Hembra (AR-DUPMF) y Hembra a Hembra (AR-DUPFF), para adaptarse a la conexión de diferentes tipos de dispositivos y sensores.

Se encuentra disponible en varios colores, que permiten identificar de forma rápida cada uno de los puntos de conexión de los circuitos eléctricos.

**Figura 28: Cable Dupont Macho hembra**

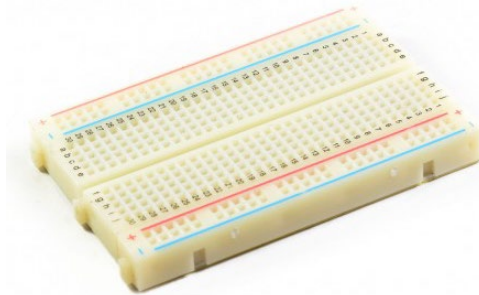


**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla con la imagen del Cable Dupont Macho hembra obtenida de la página de mercado libre.

**Protoboard:** Placa de prueba la cual está diseñada para insertar elementos electrónicos y cables con los que se arman circuitos sin la necesidad de soldar ninguno de los componentes.

Cuentan con orificios conectados entre sí por medio de pequeñas laminas metálicas, estas placas siguen un arreglo en el que los orificios de una misma fila están conectados entre sí, los orificios en filas diferentes no, las líneas marcadas con rojo y azul están conectadas lateralmente, los orificios de las placas normalmente están tienen una separación de 2.54 milímetros (0.1 pulgadas).

**Figura 29: Protoboard**



**Nota:** La Figura contiene la captura de pantalla de la imagen de una Protoboard, obtenida de distribuidor en la página de Mercado libre.

**Contenedor:** El vidrio como material de envasado tiene las siguientes ventajas; es químicamente inerte, y posee claridad, rigidez y resistencia a presiones internas, así como a altas temperaturas además de poseer un bajo coste. Sus desventajas son su fragilidad y su elevado peso [50], este se eligió principalmente porque no conserva olores y residuos.

Este fue medido y perforado en su parte media, conforme a las medidas de los sensores de gas para su colocación, de la misma manera la tapa del frasco se perforo para tener nuestro sensor de humedad y temperatura, y se adiciono una tapa de chupón para poder usar nuestro popote.

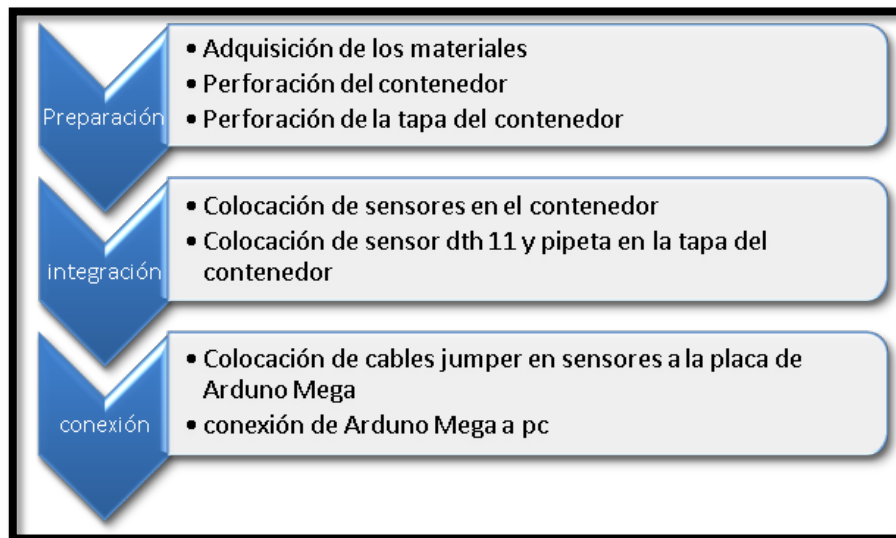
La perforación del frasco fue de la siguiente manera para optimizar el contenido del aliento, y los sensores se sellaron con silicón para no perder almacenamiento de aire.

### 3.2.2 Fase 2: Elaboración

En esta fase, se procederá a diseñar el proyecto electrónico con la placa de Arduino y elaborar el diagrama correspondiente

#### 3.2.2.1. Diseño de Prototipo

**Figura 30: Proceso de Diseño del Prototipo**

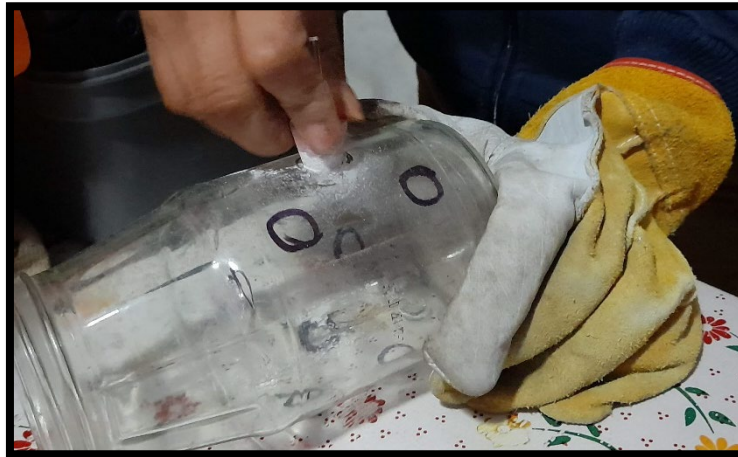


*Nota: La Figura muestra los pasos a seguir para la elaboración del proyecto, elaborada por el autor.*

#### 3.2.2.2. Construcción de prototipo

Primeramente, se inició con realizar la medición de los diámetros de cada sensor, posteriormente marcarlos en el contenedor y realizar las perforaciones en el contenedor de vidrio.

**Figura 31: Perforación del Contenedor**



**Nota:** La Figura muestra la fitografía de la elaboración de perforaciones en contenedor en la cual muestra al autor realizado dicha actividad.

**Figura 32: Contenedor Perforado**



**Nota:** La Figura muestra el contenedor perforado tomada en el laboratorio CAI

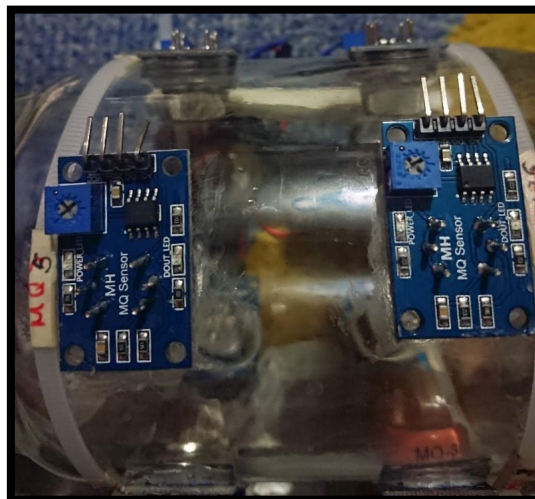
Colocación de la pipeta inicial con un popote por medio del cual se introducirá el aire y colocación de los sensores de gas

**Figura 33: Contenedor Perforado Con Pipeta**



*Nota: La Figura muestra el contenedor perforado, con pipeta inicial, hecha con una pipeta de bebida y un trozo de popote tomada en el laboratorio CAI*

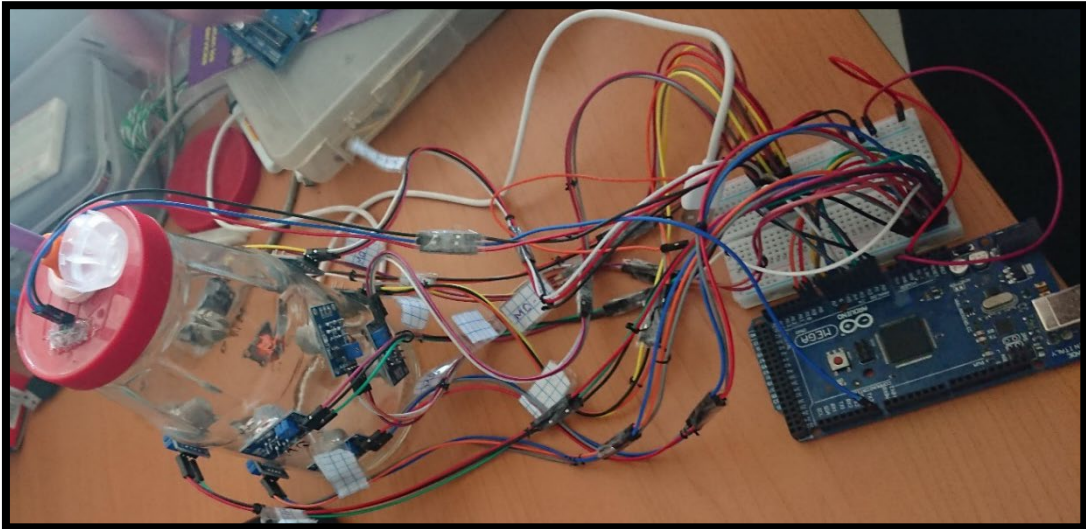
**Figura 34: Contenedor con sensores fotografía tomada por autor**



*Nota: La imagen muestra la colocación de los sensores MQ en el contenedor y su nombramiento dicha fotografía fue tomada por autor.*

Conexión al Arduino mega para integrar el prototipo de prueba inicial, el cual aún contiene protoboard.

**Figura 35: Prototipo Inicial**



**Nota:** La Figura muestra el prototipo inicial compuesto por 10 Sensores de Gas MQ Y un Sensor de Humedad y Temperatura, conectado para realizar las pruebas iniciales con placa MQ y protoboard, fotografía tomada por autor.

### **3.2.3 Fase 3: Programación**

En esta fase, se procederá a estructurar el código del programa en Arduino IDE, incluyendo las librerías necesarias para el buen funcionamiento de cada uno de los elementos involucrados, en este caso se utilizarán diez sensores de gas y un sensor dth11 antes mencionado y descritos en la sección de materiales.

### 3.2.3.1. Software

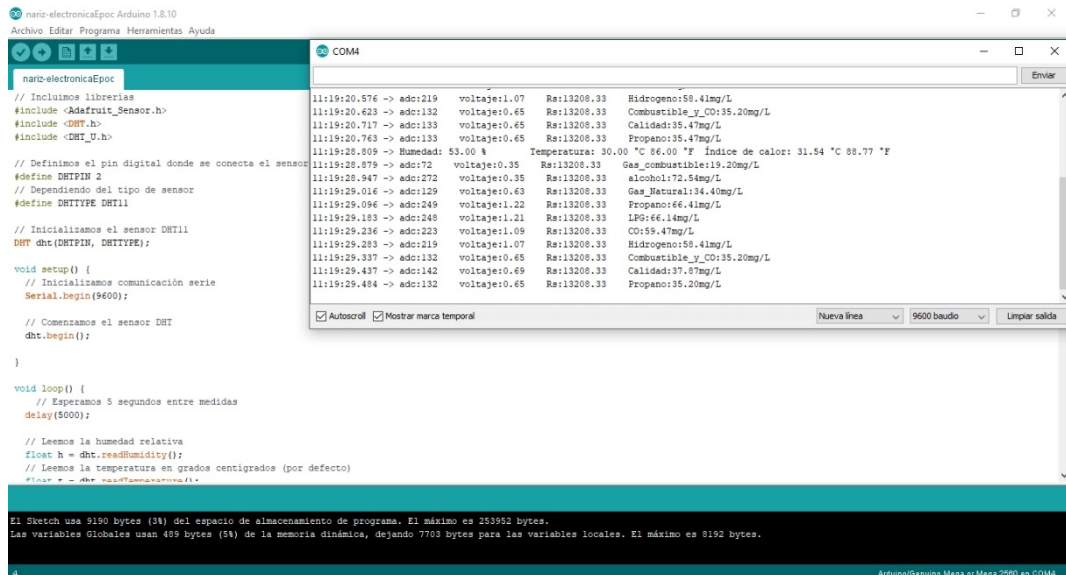
El software utilizado para la generación de código y conexión con el prototipo utilizando, Arduino (IDE) de código abierto que facilita la escritura de código y la carga en la placa, este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino. [46]

En la página oficial de Arduino se descargó la versión para Windows 7 ya que es compatible con el sistema instalado en el equipo de cómputo empleado.

### 3.2.3.2. Código

Se creo un código del programa en el software Arduino IDE, integrado en el anexo D y mostrado en la Figura 36.

Figura 36: Prueba Inicial del Código



**Nota: La captura de pantalla anterior muestra el código final y la medición inicial, hecha para medir los niveles de gases en el medio ambiente, realizada por el autor.**

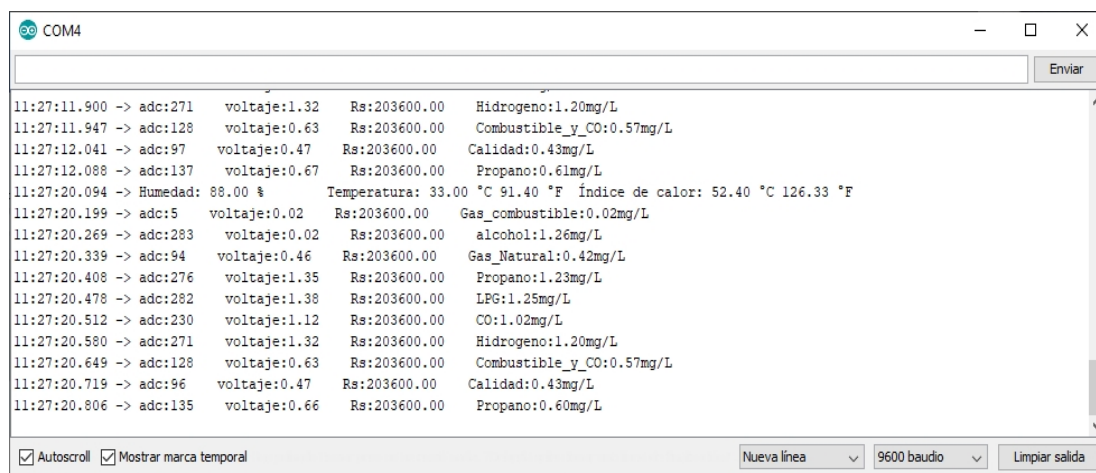


Como se mencionó anteriormente el Software utilizado fue Arduino IDE, el cual tomaba las medidas obtenidas en el aliento de cada paciente, por medio de la salida COM se obtuvieron las mediciones obtenidas por el prototipo.

Gracias a esto se observó que las mediciones en el aire al exterior, en interior, son completamente diferentes y en las diferentes áreas en las que se estuvo probando el prototipo.

En el caso más notable en el hospital José María Rodríguez, fue en los consultorios, esto se notó debido a que cada visita se tendría que realizar una medición inicial, para contemplar el escenario en el cual se estaría trabajando, de esta manera ayudar a que las mediciones fueran más verídicas.

**Figura 37: Medición del Aire**



**Nota: la figura muestra la captura de pantalla de la primera medición de niveles de gas en el medio ambiente realizada en área de jardín del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, realizada por autor.**

### 3.3 Desarrollo del Prototipo

#### 3.3.1 Fase 4: Muestreo

En esta fase, se procederá a ejecutar las pruebas pertinentes para el buen funcionamiento del circuito con el programa, una vez cumpliendo con las pruebas pertinentes, se procederá a realizar las pruebas de campo, en el Hospital General de Ecatepec “José maría Rodríguez”, durante el periodo del 02 agosto del 2019 a 12 de marzo del 2020, con pacientes de EPOC, se pretende contar con 100 personas al azar entre enfermos y personas sanas.

**Figura 38: Pancarta Para Modulo y Sala de Espera en el Hospital**



**Nota: La Figura muestra la información contenida en la lona colocada en pasillo del hospital José María Rodríguez, durante el periodo de pruebas en el mismo, elaborada por autor.**

El módulo se colocó en la sala de espera para tomar las muestras, invitando a los pacientes a participar en la prueba, los otros días de la semana se sometía a criterio de cada médico y también se colocó en el pasillo de la entrada, mostradas en las siguientes figuras.

**Figura 39: Módulo Fijo**



**Figura 40: Módulo Móvil**



### 3.3.1.1 Método de Experimentación

Se determino la forma del método de experimentación, una vez que se dio el visto bueno para realizar el proyecto en el hospital, el día 12 de Julio del 2019, se acataron las reglas del hospital para trabajar en conjunto, se llegó al acuerdo de trabajar primeramente de lunes a viernes en los diferentes consultorios.

El día de espirometrías se tomaron muestras en el laboratorio en conjunto con el Dr. Gibran Morales Huerta el cual era enviado a realizar pruebas gratuitas por parte del Grupo Infra Medica, mismo que a su vez supervisaba la toma de las muestras durante la estancia del laboratorista en el hospital.

### 3.3.1.2 Toma de muestras

**Figura 42: Formato de entrega de toma de muestras creado por el autor**

Edad _____ Peso _____ Sexo F ___ M _____ Fuma Si ___ No ___ cuantos cigarrillos al día? _____ Toma vino Si No con que frecuencia? _____ Tiene EPOC Si No tipo? _____	Estudio de medición de gases: CO: H: NH3: CN:
---	---

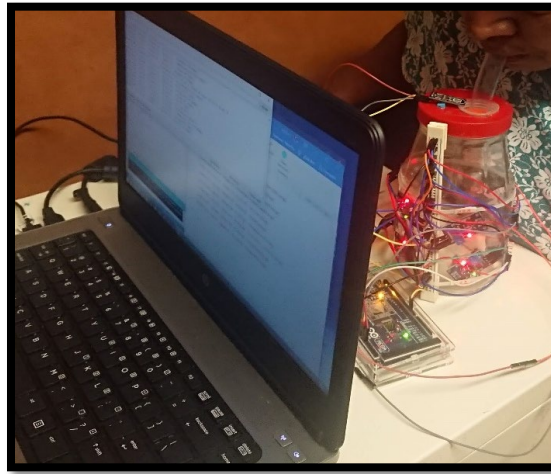
**Nota: La Figura muestra el formato de entrega de mediciones de la toma de muestras creado, llenada y entregada a pacientes por el autor.**

Se entrego la parte de color negro al paciente, en la cual se le proporciono las mediciones obtenidas de las sustancias, monóxido de carbono, hidrogeno, amoniaco y cianuro, los que según la investigación anterior se mostro su importancia en el daño a los pulmones, mismas que estan agregadas en el anexo F.

Se procede a mostrar algunas de las pruebas realizadas en el Hospital, las muestras se tomaron en el laboratorio de espirometrías y fueron aplicadas a pacientes con EPOC y en pacientes con altas probabilidades de tener EPOC, ya que fueron enviadas a la prueba de espirometría como se muestra en las imágenes siguientes, cabe mencionar que antes de publicarlas se pidió el consentimiento para ser utilizadas.

Qué se mide en la espirometría: relación FEV1/ FVC = patrón: normal, obstructivo o restrictivo, si es restrictivo: relación FEV1 / FVC > 90% indicar solamente el valor de la capacidad vital forzada en %, restricción leve: capacidad vital 70- 79%, restricción moderada: capacidad vital 50-69%, restricción severa: capacidad vital: 30-49%, restricción muy severa: capacidad vital < 30% [31]

**Figura 43: Paciente con EPOC Nivel 1**



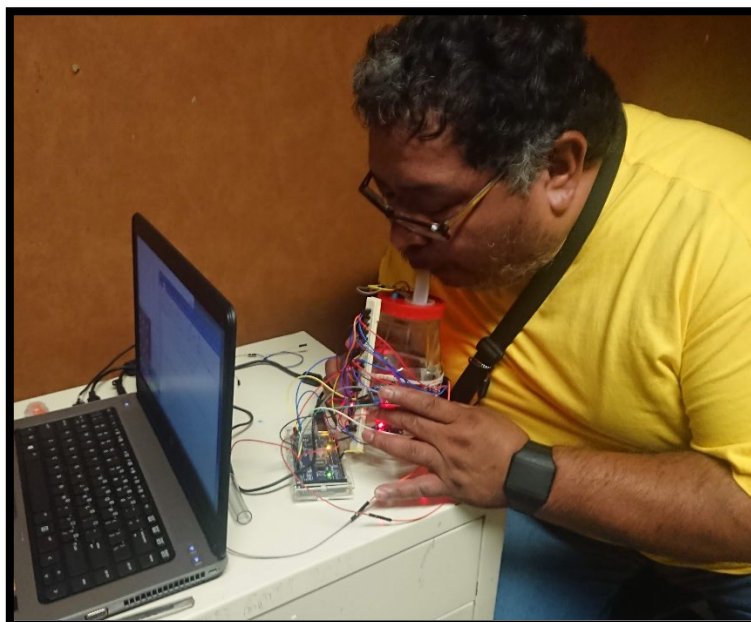
**Nota:** La Figura contiene la fotografía de paciente femenina con EPOC 1, por cocinar con leña, prueba realizada con Nariz Electrónica, tomada por el autor con consentimiento de la paciente.

**Figura 44: Paciente con EPOC Nivel 2**



**Nota:** La figura muestra la fotografía de un paciente con EPOC nivel 2, por inhalar productos químicos en su trabajo, prueba realizada con espirómetro, fotografía tomada por el autor con consentimiento del paciente

**Figura 45: Paciente con EPOC Nivel 2**



**Nota:** La figura muestra la fotografía de un paciente con EPOC nivel 2, por inhalar productos químicos en su trabajo, prueba realizada con Nariz Electrónica, fotografía tomada por el autor con consentimiento del paciente

**Figura 46: Paciente con EPOC Nivel 3**



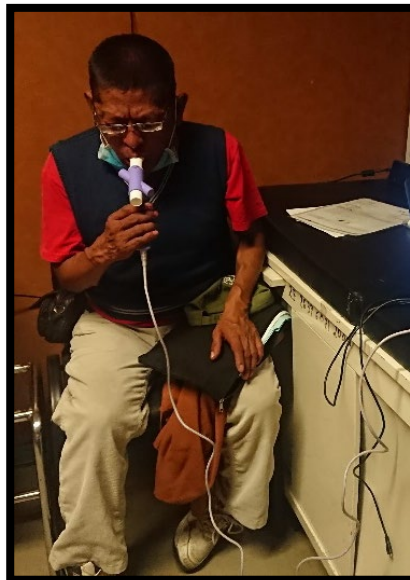
**Nota:** La figura muestra la fotografía de un paciente con EPOC nivel 3, con uso de tanque de oxígeno, prueba realizada con espirómetro, fotografía tomada por el autor con consentimiento del paciente

**Figura 47: Paciente con EPOC Nivel 3**



**Nota:** La figura muestra la fotografía de un paciente con EPOC nivel 3, con uso de tanque de oxígeno, prueba realizada con Nariz Electrónica, fotografía tomada por el autor con consentimiento del paciente.

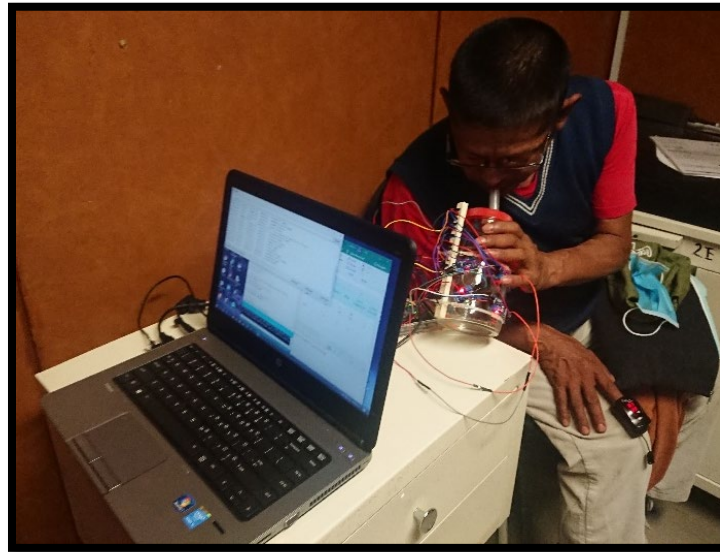
**Figura 48: Paciente con EPOC**



**Nota:** La siguiente Figura contiene la fotografía de paciente con EPOC, por fumar, prueba realizada con espirómetro. tomada por el autor con consentimiento del paciente



**Figura 49: Paciente con EPOC**



**Nota:** La siguiente Figura contiene la fotografía de paciente con EPOC, por fumar, prueba realizada con Nariz Electrónica fotografía tomada por el autor con consentimiento del paciente.

### **3.3.2 Fase 5: Almacenamiento de datos**

En esta fase, se analizarán los resultados de las pruebas y se realizarán las estadísticas pertinentes para la cantidad de muestras obtenidas de las cuales se tomaron 14,000 lecturas, las cuales se evaluarán con el software requerido.

#### **3.3.2.1 Software**

En este caso se recurrió a un software familiar de la paquetería Microsoft office la cual cuenta con diversos paquetes haciendo más fácil su empleo, usando Microsoft Excel cuya finalidad principal es la realización de cálculos sobre datos introducidos en

---

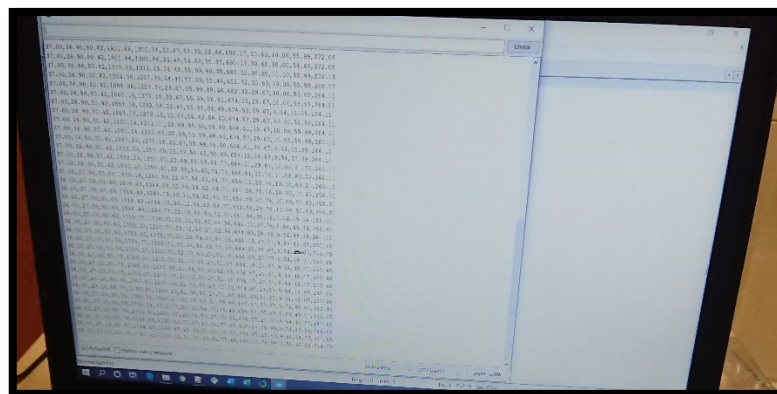
sus hojas de cálculo, así como la representación de estos valores de forma gráfica, también trabaja con otros recursos como las macros y es empleado para crear bases de datos.

Por lo que se introdujeron los datos obtenidos, clasificándolos por medio de los datos proporcionados por los médicos de cada paciente, la información obtenida fue almacenada para su posterior utilización.

### 3.3.2.2 Almacenamiento

Las muestras se almacenaron primeramente en archivos individuales, identificándolos con los síntomas o enfermedad de paciente para posteriormente clasificarlos, esto debido a la discreción de datos sensibles de cada paciente y la ética del mismo hospital

**Figura 50: Recolección de Muestras**



**Nota: La siguiente Figura muestra la fotografía de la toma de muestras en tiempo real, tomada por autor.**

**Figura 51: Recolección de Muestras General**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Humedad	TC	TF	MQ-2	MQ-3	MQ-4	MQ-5	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-135	MQ-5
2	29	27.7	81.86	75.98	131.24	28.76	0.55	71.01	54.62	30.6	7.86	57.39	51.94
3	29	27.7	81.86	74.3	128.79	35.52	0.55	77.69	54.62	29.67	7.86	57.39	50.63
4	29	27.7	81.86	74.3	128.17	32.51	0.55	58.81	54.62	30.6	7.86	57.39	50.63
5	29	27.7	81.86	72.64	126.97	29.67	0.55	57.39	54.62	29.67	7.86	57.39	50.63
6	29	27.8	82.04	74.3	128.79	32.51	0.55	55.99	54.62	29.67	7.86	57.39	50.63
7	29	27.8	82.04	72.64	126.36	37.62	0.55	55.99	54.62	29.67	7.86	55.99	50.63
8	29	27.8	82.04	72.64	126.36	30.6	0.55	57.39	54.62	29.67	7.86	55.99	50.63
9	29	27.8	82.04	72.64	126.36	35.52	0.55	58.81	53.27	29.67	7.86	55.99	50.63
10	29	27.8	82.04	72.64	126.97	28.76	0.55	67.82	53.27	29.67	7.86	57.39	50.63
11	29	27.8	82.04	71.01	124.57	28.76	0.55	57.39	53.27	29.67	7.86	55.99	50.63
12	29	27.8	82.04	71.01	124.57	29.67	0.55	57.39	53.27	29.67	7.86	55.99	50.63
13	29	27.8	82.04	71.01	124.57	30.6	0.55	64.72	53.27	29.67	7.86	55.99	50.63
14	29	27.8	82.04	72.64	126.97	30.6	0.55	67.82	53.27	29.67	7.86	57.39	50.63
15	29	27.8	82.04	69.4	122.2	29.67	0.55	66.26	53.27	29.67	7.86	55.99	49.34
16	29	27.8	82.04	71.01	123.97	28.76	0.55	60.26	53.27	29.67	7.86	55.99	50.63
17	29	27.8	82.04	69.4	122.2	39.8	0.55	61.72	53.27	28.76	7.86	55.99	49.34
18	29	27.7	81.86	71.01	124.57	28.76	0.55	61.72	53.27	28.76	7.86	55.99	49.34
19	29	27.7	81.86	69.4	122.2	31.54	0.55	61.72	51.94	28.76	7.86	55.99	49.34
20	29	27.7	81.86	69.4	122.2	26.99	0.55	69.4	51.94	28.76	7.86	55.99	49.34
21	29	27.7	81.86	69.4	122.2	26.14	0.55	63.21	51.94	28.76	7.86	55.99	49.34
22	29	27.8	82.04	69.4	122.79	26.99	0.55	61.72	51.94	28.76	7.86	55.99	49.34
23	29	27.8	82.04	67.82	120.44	27.87	0.55	66.26	51.94	28.76	7.86	55.99	49.34

**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con la información en Excel, tomada

### 3.3.3 Fase 6: Procesamiento de la información

En esta fase, se procederá a procesar la información mediante un programa en java para salida ordenada de los mismos, una vez cumpliendo con las pruebas pertinentes, se procederá a realizar la fase siguiente.

#### 3.3.3.1 Software

Hablemos entonces de MTLAB R17, es un software que tiene diversas aplicaciones primeramente se posiciono como un paquete de matemáticas, usado en laboratorios y universidades, incursionando en el ámbito de la ingeniería, ciencias y finanzas. [51]

Sus inicios en la época de los 80's, pero este se reconoció hasta los 90's, con resolución rápida de cálculos numéricos, apareciendo los diversos toolbox, que reúnen aplicaciones de uso específico de un área particular, por ejemplo, toolbox de finanzas, procesamiento de imágenes, ingeniería mecánica, métodos numéricos, control, electrónica por mencionar algunos. [51]

En sus últimas versiones podremos encontrar más de 11,000 funciones, muchas de ellas desarrolladas por ingenieros de The Mathworks, Ing., fabricantes de MATLAB, y otras desarrolladas por usuarios interesados en su área de interés. [51]

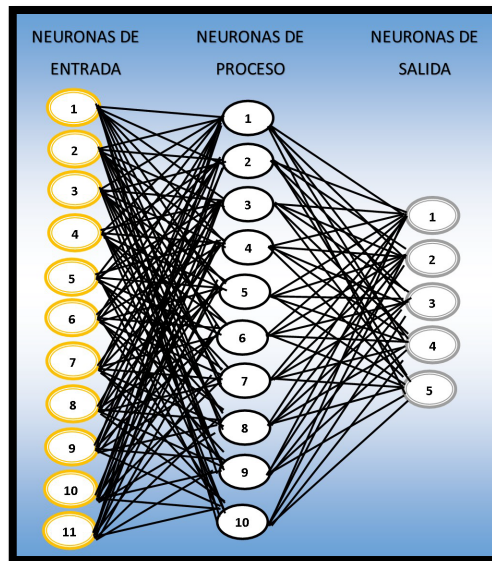
Por estas razones y evaluando era el software más adecuado para el análisis de datos, capaz de proporcionar buenos resultados, por lo que se podrán observar a continuación en la sección

### **3.3.3.2 Procesamiento**

Se analizaron los resultados de las pruebas y se realizarán las estadísticas pertinentes para la cantidad de 60 personas con EPOC y sanas. Se analizaron las pruebas con el software

MATLAB R17, tomando en cuenta el diseño de neuronas plasmado en la siguiente imagen.

**Figura 52: Diseño de la Red Neuronal**



**Nota:** La siguiente Figura contiene las neuronas tomadas en cuenta para la entrada de datos, las neuronas que se seleccionaron en la capa interna del proceso y las de salida.

Entrenamiento de la red neuronal por medio de spider mostrado en las en las siguientes imágenes.

**Figura 50: Datos de Entrada**

Index	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5	MQ6	MQ7	MQ8	MQ9	MQ135	MQ2.1
0	1000.29	745.18	69.4	106.42	129.06	614.57	104.31	30.6	16.54	165.93
1	979.56	731.36	66.26	102.24	126.66	538.68	104.31	28.76	16.54	146.71
2	959.17	717.74	67.82	102.24	124.3	525.65	106.42	29.67	16.54	141.51
3	959.17	717.74	66.26	100.19	126.66	512.86	100.19	28.76	16.54	136.44
4	959.17	717.74	58.81	104.31	124.3	525.65	104.31	28.76	16.54	136.44
5	939.1	704.32	64.72	102.24	124.3	494.11	100.19	29.67	16.54	136.44
6	929.19	699.28	64.72	100.19	124.3	494.11	117.37	28.76	16.54	136.44
7	929.19	699.28	63.21	98.16	121.96	487.97	100.19	28.76	16.54	136.44
8	919.35	694.27	64.72	102.24	121.96	512.86	106.42	28.76	16.54	133.95
9	909.6	689.28	63.21	98.16	121.96	481.88	102.24	28.76	16.54	133.95
10	890.33	676.28	63.21	98.16	119.65	487.97	98.16	28.76	16.54	133.95
11	890.33	673.17	63.21	96.17	117.37	481.88	96.17	28.76	15.92	133.95
12	880.81	671.39	64.72	96.17	119.65	494.11	98.16	28.76	15.92	133.95
13	871.37	663.46	63.21	94.2	117.37	475.85	96.17	28.76	15.92	133.95
14	862	658.64	63.21	94.2	117.37	475.85	104.31	28.76	15.92	133.95
15	862	658.64	61.72	92.26	117.37	469.88	96.17	27.87	15.92	133.95
16	862	658.64	63.21	94.2	117.37	494.11	94.2	27.87	16.54	133.95
17	843.51	646.09	61.72	90.35	115.12	469.88	92.26	27.87	15.92	133.95
18	843.51	643.1	61.72	92.26	108.55	458.1	92.26	27.87	15.31	133.95
19	825.31	633.72	61.72	90.35	106.42	463.96	98.35	27.87	15.92	131.49
20	834.37	641.37	63.21	94.2	108.55	487.97	98.35	26.99	15.92	131.49

**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con los datos ingresados para su

**Figura 50: Datos de Salida**

Index	SANO	EPOC1	EPOC2	EPOC3	EPOC4
0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0
20	1	0	0	0	0

**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con los datos de salida, tomada por

## CAPÍTULO 4:

### RESULTADOS OBTENIDOS

#### 4.1 Introducción

En este capítulo conforme a los estudios mencionados en el capítulo anterior se realizaron las últimas fases de la metodología

##### 4.1.1 Fase 7: Análisis de resultados

En esta fase, se analizarán los resultados de las pruebas, las cuales se les realizarán las modificaciones y estadísticas pertinentes para esa cantidad de personas

En esta fase, se analizarán los resultados de las pruebas y se realizarán las estadísticas pertinentes para esa cantidad de personas

Según abc color El aire es una mezcla de gases, principalmente de nitrógeno y oxígeno, se pudieron identificar. los siguientes gases espiratorios en pacientes con EPOC.

- **Monóxido de carbono:** es un gas sin olor ni color, pero muy contaminante y perjudicial para la salud. El CO se encuentra en el humo de la combustión de automóviles, estufas, cocinas de gas y aparatos de calefacción. Puede llegar a acumularse en estancias con una circulación de aire deficiente.

- **Arsénico:** es una sustancia tóxica liberada tanto por ciertas actividades humanas como de forma natural por la corteza terrestre.
- **Benceno:** es uno de los productos químicos más utilizados ya que se emplea en la elaboración de resinas, plásticos, lubricantes, gomas, detergentes... incluso para producir pesticidas y ciertos medicamentos. También puede tener origen natural, por ejemplo, en el petróleo crudo y en incendios forestales. El humo del tabaco y la gasolina, también contienen benceno.
- **Metano:** es un gas de efecto invernadero cuyas principales fuentes de emisión son los combustibles fósiles, las explotaciones agropecuarias (se produce en el sistema digestivo de los rumiantes), y los vertederos.
- **Dióxido de azufre:** Es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles principalmente carbón y derivados del petróleo.

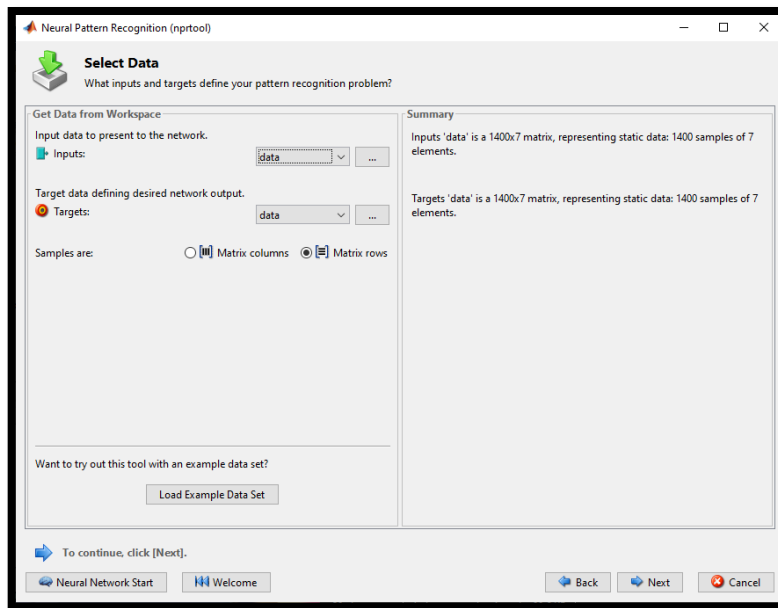
Principalmente los tres primeros en mayor cantidad teniendo en cuenta que los mayores carcinógenos presentes en el medio ambiente son los siguientes

#### **4.1.1.1. Gráficas de resultados**

Después del procesamiento de los datos en MTLAB R7, se obtuvieron las siguientes gráficas de resultados.

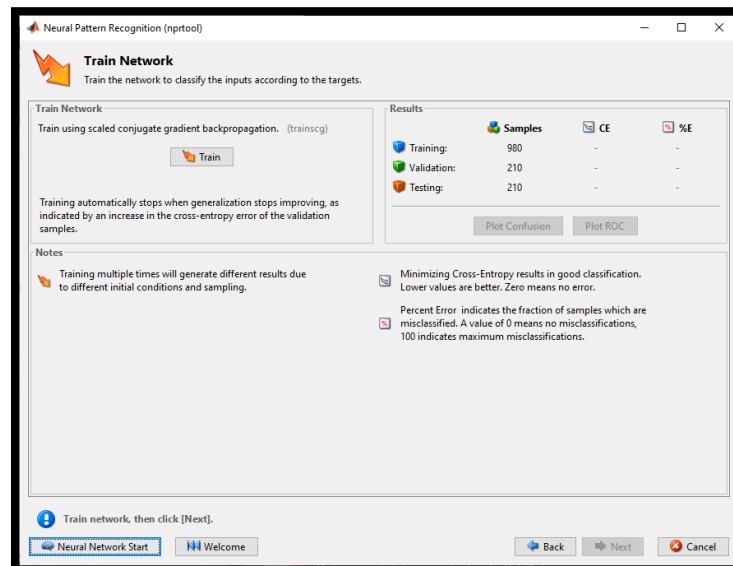


**Figura 55: Introducción de los valores**



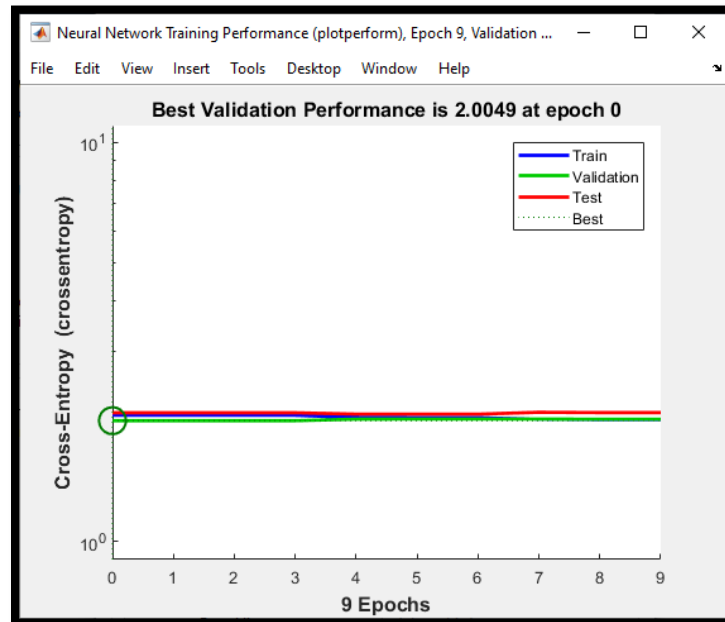
**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla que muestra la carga de targets para su evaluación, tomada por autor.

**Figura 56: Entrenamiento**



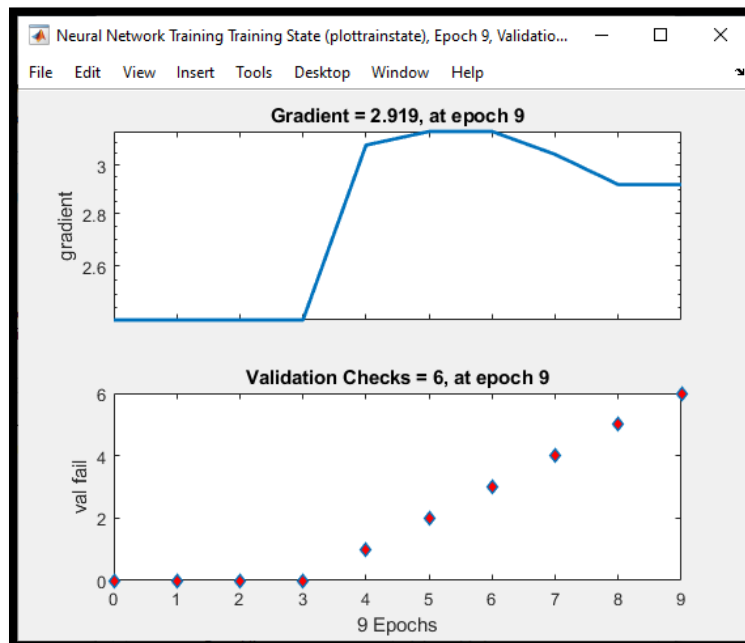
**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con el entrenamiento de los datos introducidos por el usuario, tomada por autor.

**Figura 57: Rendimiento de Validación**



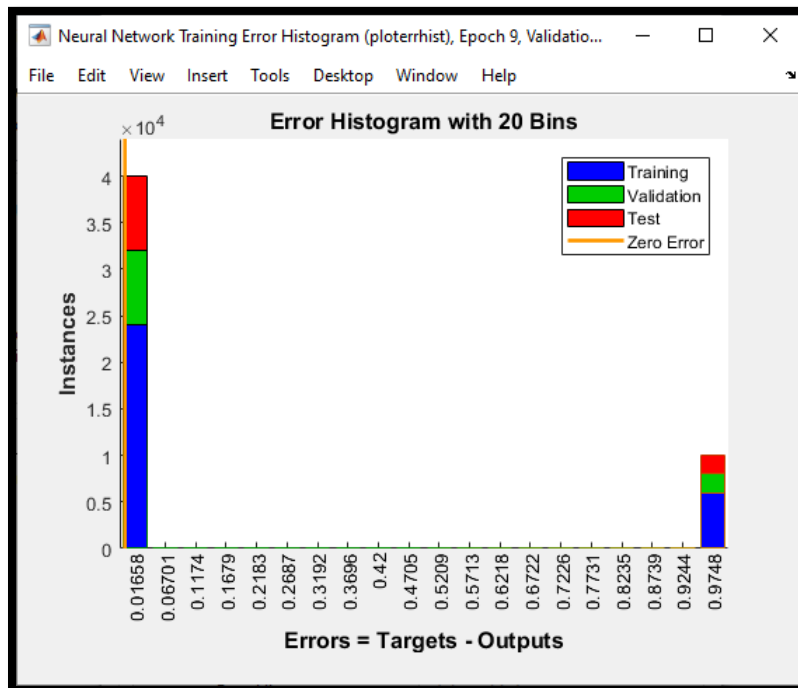
**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con el conjunto de datos de prueba, el mejor rendimiento de la validación y los resultados en la Época 0 captura tomada por el

**Figura 58: Gráfica de Salida del entrenamiento**



**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con el conjunto de datos de salida de después del entrenamiento de la gradiente y la comprobación de validación en la novena

**Figura 59: Gráfica de Histograma de error**



**Nota:** La siguiente Figura contiene la captura de pantalla con la información del conjunto de datos de prueba, marcando Zero en su índice de error. captura tomada por el autor.

#### **4.1.2. Fase 8: Conclusiones y trabajos futuros**

En esta fase, se concluirá con la actualización de los resultados y se harán las mejoras específicas del circuito, si es que se requiere, por lo que se sugiere a un futuro realizar las mejoras al proyecto.

Con el análisis de los resultados y se harán las mejoras específicas del circuito ya que se llegó a la conclusión de que la capacidad del frasco para muchos pacientes con EPOC era más difícil llenarlo.

## **CONCLUSIONES**

Debido a la aceptación del estudio en el hospital general de Ecatepec “Dr. José María Rodríguez” por un periodo de siete meses, las muestras obtenidas, se clasificaron según su calidad, el prototipo permitió evaluar las reacciones de las respuestas a los procedimientos de investigación, las mediciones obtenidas de los niveles de amoniaco, monóxido de carbono y el cianuro en el aliento de los pacientes de EPOC fueron altas.

Se busca contribuir con una prueba adicional a la detección de EPOC, de una manera menos laboriosa ò tediosa para los pacientes de manera no invasiva, se pretende perfeccionarlo para lograr un nivel de eficiencia aceptable por el sector salud.

## **RECOMENDACIONES**

Durante el proceso de prueba se generaron varias adecuaciones en el prototipo, por lo que se darán las siguientes recomendaciones.

1. La pipeta con popote no es apta para los pacientes de EPOC, por lo que se recomendó utilizar manguera transparente de  $\frac{1}{2}$  pulgada previamente esterilizada, por las amables enfermeras del hospital.
2. De acuerdo con el análisis junto al Dr. Ernesto Hernández Matus, el cual nos informó sobre la capacidad pulmonar de la mayoría de las pacientes con EPOC, en conjunto con lo observado en el Hospital José María Rodríguez, en la toma de muestras los pacientes sobre todo a los de que tienen la enfermedad en niveles tres y cuatro, es muy difícil que llenen el contenedor, ya que muchas veces se les notaba muy agotados, por lo que se recomendó usar un contenedor de máximo 500ml.

## REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, «<https://www.who.int/es>,» Mathers CD, Loncar D. PLoS Medicine ; 209–224, 8 Mayo 2018. [En línea]. Available: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)). [Último acceso: 4 febrero 2019].
- [2] Organización Mundial de la Salud, «<https://www.who.int/es>,» OMS, 9 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. [Último acceso: 22 Abril 2021].
- [3] M. d. L. G. Guillén, «Setenta y un años de historia de la EPOC en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (1935–2006),» *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, vol. 19, nº 4, pp. 316-320, 2006.
- [4] INER, «<http://www.iner.salud.gob.mx/>,» Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, 18 Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.iner.salud.gob.mx/interna/tabaquismo-clinEPOC.html>. [Último acceso: 04 02 2019].
- [5] R. C. R. G. F. M. A. J. Iveth Moreno, «La Nariz Electrónica: Estado del Arte,» *Revista Iberoamericana de Automatica e informatica Industrial*, vol. 6, nº 3, p. 19.91, 2009.
- [6] F. M. d. Diabetes, «<http://fmdiabetes.org>,» Federeación Mexicana de Diabetes, 11 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://fmdiabetes.org/10-por-ciento-de-la-poblacion-mexicana-presenta-epoc/>. [Último acceso: 9 Febrero 2019].
- [7] Personal de Mayo Clinic, «[www.mayoclinic.org](http://www.mayoclinic.org),» Mayo Clinic, 20 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/copd/symptoms-causes/syc-20353679>. [Último acceso: 24 Diciembre 2019].
- [8] B. M. G. G. PALOMAR, Búsqueda de biomarcadores sistémicos para la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, Guadalajara, Jalisco.: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., 2012..
- [9] Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad, Guía de Práctica clínica para el Tratamiento de Pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstrutiva Crónica (EPOC), M. d. E. y. competitividad, Ed., España, 2010, p. 187.
- [10] Grupo de Trabajo de GesEPOC, «Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de Pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC),» Archivos de Bronconeumología, España, 2017.

- [11] L. A. C. Cartón, «Factores Relacionados con el Cumplimiento Terapéutico en EPOC. Análisis de la Perspectiva de los Pacientes.,» Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga, Málaga, 2017.
- [12] B. I. d. R. A. R. y. B. R. J. L. Muñoz, «Enfermedades Crónicas no Transmisibles,» Seminario de Graduación para optar al título de Licenciatura en Bioanálisis Clínico, Nicaragua, 2016.
- [13] L. M. D. Viejo, «Tabaquismo y su Influencia en la Enfermedad Pulmonar Obstruativa Crónica en Adultos Mayores de la Ciudadela 4 de Mayo Babahoyo los Ríos Durante el Periodo Mayo a Octubre 2018,» Facultad de Ciencias de Salud, Babahoyo - Los Ríos - Ecuador, 2018.
- [14] B. I. M. B. A. y. B. K. E. R. Largaespada., «Factores ambientales y personales asociados a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica en pacientes atendidos en el centro de salud Noel Ortega, La Paz centro III trimestre año 2017,» Escuela de Enfermería, Colombia, 2017.
- [15] J. C.-R. y. J. Pérez-Rodríguez, «Deficiencia de Alfa 1- antitripsina,» *Medicina*, vol. 14, nº 3, pp. 268-273, 2008.
- [16] R. E. Guzmán, «EPOC en el adulto mayor: control de síntomas en consulta del Médico de Familia,» *Revista Clínica Medica Familiar*, vol. 5, nº 2, pp. 244-249, 2008.
- [17] G. J. C. F. J. M. A. A. P. J. B. J. B. B. R. C. ... Claus F.Vogelmeier, «Informe 2017 de la iniciativa Global para el Diagnóstico, Tratamiento y prevención de la Enfermedad Obstruativa Crónica: Resumen ejecutivo Gold,» Elsevier España, España, 2017.
- [18] R. B. L. M. C. C. Ó. C. A. J. J. D. C. M. E. D. F. D. P. E. E. P. J. O. G. G. Moisés Acuña Kaldman, «Segundo Censo Mexicano para el Diagnóstico y Tratamiento de la EPOC,» *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, pp. 7-50, noviembre 2003.
- [19] R. G. J. J. y. S. P. V. A. Monroy López Maria Guadalupe, «Modelos asociativos para el Reconocimiento de Enfermedades Respiratorias,» IPN, México, 2012.
- [20] F. J. C. S. y. E. A. G.-R. Luis Alfonso Durán-Montes, «Calidad de vida en enfermedad pulmonar obstructiva crónica: experiencia de un hospital del occidente, México,» *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.*, vol. 3, nº 53, pp. 380-385, 2015.
- [21] «Recomendaciones sobre la atención al final de la vida en pacientes con EPOC,» *Archivos de Bronconeumología ((English Edition))*, vol. 6, nº 45, p. 297–303, 2009.
- [22] S. UETS, «Anexo 1: Información para pacientes Aprendiendo a conocer y vivir con la EPOC,» *Guía de Práctica Clínica en el SNS: UETS*, vol. 2011, nº 6, pp. 111-160, 2012.
- [23] D. R. P. Silvestre, *Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC) Revisión Clínica y Estudio de Campo*, Asepeyo: Master Universitario en Medicina Evaluadora, 2008.2009.
-

- [24] K. L. Moore, A. M. R. Agur y A. D. Dalley, Anatomía : con orientación clínica, 5 ed., Buenos Alres: Panamericana, 2007, p. 1169.
- [25] R. C. Quille, «Estudio de la Nariz Electrónica en la Industria Alimentaria,» universidad San Pablo, Perú, 2020.
- [26] K. G. F. A. L. T. M. H. R. E. M. B. Octavio Maldonado Saavedra, «El sistema olfatorio: el sentido de los olores,» *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, vol. XXV, nº 2, pp. 1-23, Mayo.Agosto 2012.
- [27] D. C. P. Hernández-Ramírez, «La mucosa nasal como vía y fuente para la medicina regenerativa,» *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, vol. 3, nº 27, pp. 297-308, 2011.
- [28] P. B. Prieto, «<https://medicoplus.com/>,» medico+, 2021. [En línea]. Available: [https://medicoplus.com/neurologia/sentido-olfato.](https://medicoplus.com/neurologia/sentido-olfato/) [Último acceso: 10 Junio 2021].
- [29] Bioenciclopedia.com, «<https://www.bioenciclopedia.com>,» bioenciclopedia, 2015. [En línea]. Available: [https://www.bioenciclopedia.com/olfato/.](https://www.bioenciclopedia.com/olfato/) [Último acceso: 24 Diciembre 2018].
- [30] J. F. Z. y. M. B. Lozano, «Trastornos del olfato. Enfermedades que cursan con olor característico, especialmente en la infancia,» *Bol Pediatr Arag Rioj Sor*, vol. 48, nº 3, pp. 78-84, SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2018.
- [31] M. e. I. H. L. O. Servín, «Ventilación pulmonar,» Estado de México, 2016.
- [32] Revisado por: MD Steven Dowshen, «[www.rchsd.org](http://www.rchsd.org),» health-articles, Julio 2009. [En línea]. Available: [https://www.rchsd.org/health-articles/pulmones-y-el-sistema-respiratorio/.](https://www.rchsd.org/health-articles/pulmones-y-el-sistema-respiratorio/) [Último acceso: 23 enero 2019].
- [33] M. O. M. G. M. y. C. C. P. M. Ana Cristina Manzano D., «Enfisema,» *Revista Colombiana de Neumología*, vol. 25, nº 3, p. 174, Julio - Septiembre 2013.
- [34] 8. R. P. B. M. 2. U. D. o. H. a. H. S. N. I. o. H. U.S. National Library of Medicine, «<https://medlineplus.gov/spanish/encyclopedia.html>,» Medline Plus, 25 Mayo 2021. [En línea]. Available: [https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000120.htm.](https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000120.htm) [Último acceso: 30 Mayo 2021].
- [35] Revisado por: Larissa Hirsch, MD, «kidshealth,» kidshealth, septiembre 2019. [En línea]. Available: [https://kidshealth.org/es/parents/lungs-esp.html.](https://kidshealth.org/es/parents/lungs-esp.html)
- [36] «<https://www.geoenciclopedia.com>,» GeoEnciclopedia, [En línea]. Available: [https://www.geoenciclopedia.com/capas-de-la-atmosfera/.](https://www.geoenciclopedia.com/capas-de-la-atmosfera/) [Último acceso: 23 Enero 2021].
-

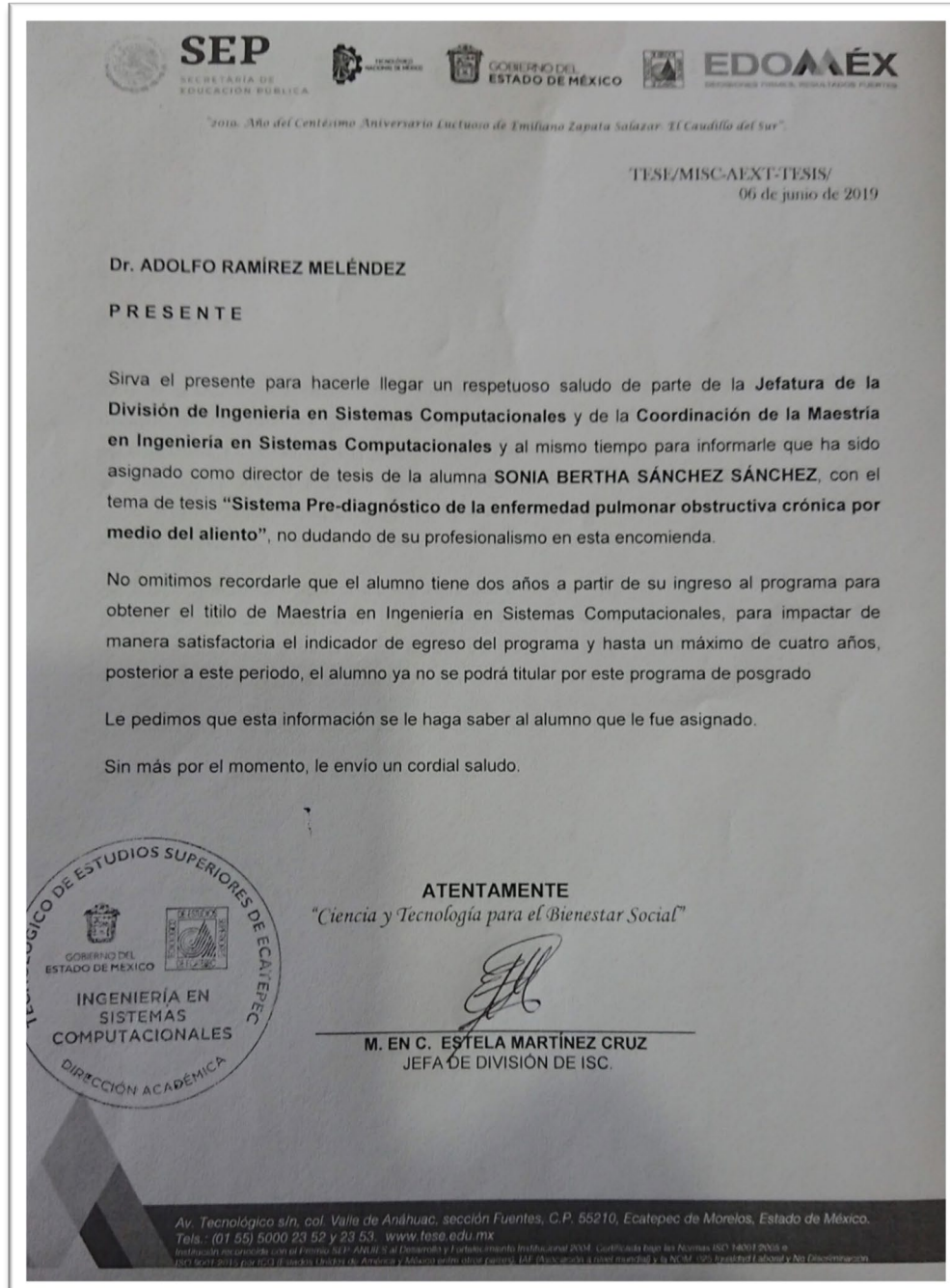


- [37] C. F. p. l. P. c. R. Sanitarios, «<https://www.gob.mx>,» Gobierno de México, 31 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/4-normas-oficiales-mexicanas-nom-de-calidad-del-aire-ambiente>. [Último acceso: 12 Septiembre 2020].
- [38] C. Riquelme, «<https://www.abc.com>,» abc, 28 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/la-importancia-de-contar-con-aire-puro-1818111.html>. [Último acceso: 5 Julio 2020].
- [39] C. N. d. Á. N. Protegidas, «<https://www.gob.mx>,» Gobierno de México, 17 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra>. [Último acceso: 30 Julio 2019].
- [40] E. d. r. y. e. d. e. m. d. l. S. A. C. E. Cáncer, «<https://www.cancer.org/>,» American Cancer Society, 1 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.cancer.org/es/cancer/causas-del-cancer/tabaco-y-cancer/agentes-cancerigenos-en-los-productos-de-tabaco.html>. [Último acceso: 26 Abril 2021].
- [41] i. N. d. l. S. l. N. d. c. y. G. g. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU, «<https://www.cancer.gov>,» Instituto Nacional del Cáncer, [En línea]. Available: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/snc>. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [42] P. M. Pastor, «Tabaco y Leucemia,» *Gaceta Sanitaria*, vol. 5, nº 23, pp. 87-92, Marzo-Abril 1991.
- [43] R. Piedra, «[soplasopla.com](http://soplasopla.com),» soplasopla, 28 ENERO 2014. [En línea]. Available: <https://soplasopla.com/page/7/>. [Último acceso: 7 Septiembre 2019].
- [44] J. W. G. y. P. N. Bartlett, «Sensores y sistemas sensoriales para una nariz electrónica,» de *Sensors and sensory systems for an electronic nose.*, Berlin, Springer, 1992, pp. 1-11.
- [45] M. A. O. López, «Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos,» Lima Peru, 2018.
- [46] arduino, «<https://www.arduino.cc/>,» arduino, [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [47] Electronica, «<https://electronica.guru>,» Electronica, 2 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://electronica.guru/questions/102941/historia-y-linaje-de-la-serie-mq-de-sensores-de-gas-mos-cerr>. [Último acceso: 15 Mayo 2020].
- [48] M. T. Lautaro Milovich, «CoDEG (Sensor de gases),» Río Gallegos, 2017.
- [49] Electronics, Mouser, «DHT 11 Humidity & Temperature Sensor,» OSEPP Electronics.
- [50] R. S. Gras, «[guiaenvase](http://www.guiaenvase.com),» Dpto. Tecnologías del Envase de ainia, [En línea]. Available: <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/vidrio?OpenDocument>. [Último acceso: 10 Junio 2020].
-

[51] D. V. L. y. O. C. Villagomez, MATLAB con Aplicaciones a la Ingeniería, Física y Finanzas, Segunda ed., México D.F.: Alfaomega, 2013, p. 410.

## **ANEXOS**

**Anexo A: Asignación de Director de Tesis**





**Anexo B: Formato para registro de protocolo de investigación en el hospital "JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ"**



Gobierno del estado de México  
secretaría de salud  
instituto de Salud del Estado de México



**Sistema Estatal de Registro de la Investigación en Salud SERIS**

Formato para Registro de Proyectos de Investigación

(Llenar el formato a máquina por el anverso y reverso)

Fecha 7 de Marzo del 2019

No. Clave del Proyecto

Nota: la clave del proyecto será completada al ser registrado en el Departamento de Investigación del Instituto de Salud del Estado de México

- 01 Dependencia o institución Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec
- 02 Nombre de la Unidad, Jurisdicción u Hospital Hospital General Dr. José María Rodríguez
- 03 Si corresponde a un Centro de Salud, anote el nombre \_\_\_\_\_
- 04 Municipio Ecatepec de Morelos
- 05 Título del Proyecto de Investigación Sistema Pre-Diagnostico de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica por Medio Del Aliento
- 06 Nombre completo del investigador principal Ing. Sánchez Sánchez Sonia Bertha  
(Apellido paterno, apellido materno y nombre)

Adscrito a la Institución	Cargo o función	Horas/semana que dedica a la investigación	Máximo grado académico				Disciplina de formación (consultar catálogo y registrar clave)		Pertenece al sistema Nacional de Investigadores	
			Técnico	Lic.	Esp.	Maest. En curso	Doc.	Si	No	
Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>

07. Investigadores asociados (Los investigadores deben anotarse de acuerdo a la importancia de su participación en el proyecto de investigación)

Nombre completo (Apellido paterno, materno y nombre)	Adscrito a la institución		Cargo o función	Horas/semana que dedica a la investigación	Máximo grado académico					formación (consultar catálogo y registrar clave)
	Si	No			Téc.	Lic.	Esp.	Maes	Doc	

**Hipótesis:** Se realizará un sistema que mediante el aliento (exhalación) de las personas, sea capaz de verificar que el usuario tenga ó no la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el cual ayude a disminuir el alto índice de mortalidad actual, por este mal.  
**Objetivo:** Se Desarrollara Un Sistema Que Por Medio De Un Prototipo Sea Capaz De Pre-Diagnosticar La Posibilidad De Existencia de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica por Medio Del Aliento

**Metodología:** Se creó un modelo de solución especial para resolver nuestra problemática, por medio de seis fases. 1ra fase, se investigaran todas las variables del proyecto a fondo, con el fin de proponer soluciones sólidas. 2da fase, se procederá a diseñar el proyecto electrónico con la placa de arduino. 3ra fase, se procede a elaborar el diagrama de flujo, algoritmo, código y pseudocódigo de programa en arduino. 4ta fase, se procederá a ejecutar las pruebas pertinentes para el buen funcionamiento del circuito con el programa, una vez cumpliendo con las pruebas pertinentes, se procederá a realizar las pruebas de campo, con 100 personas al azar entre enfermos y personas sanas. 5ta fase, se analizaran los resultados de las pruebas y se realizaran las estadísticas pertinentes para esa cantidad de personas. 6ta fase, se actualizarán los resultados y se harán las mejoras específicas del circuito, si es que se requiere.

09. Duración prevista Fecha de inicio: Mes 04 Año 2019 Fecha estimada de terminación: Mes 08 Año 2019
10. Si su investigación es sobre tecnología, marque las etapas que comprenda: Diseño  Construcción de prototipo  Prueba experimental
11. Tipo de investigación según el nivel de análisis (marque una opción): Investigación biomédica  Investigación en Salud Pública  Investigación operativa en Servicios de S.
12. Anote la clave de la principal disciplina o especialidad comprendida en el proyecto de investigación (consultar catálogo) \_\_\_\_\_
13. Si su investigación se algún programa de salud en su Institución, anote cuál: \_\_\_\_\_
14. Si el proyecto corresponde a una tesis, marque el grado a obtener: Licenciatura  Especialidad  Maestría  Doctorado
15. Instituciones externas participantes (marque con una X las casillas de las opciones seleccionada):

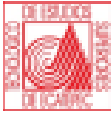
Nombre de la institución	Procedencia		Financiamiento	Recursos humanos	Recursos materiales	Tipo de apoyo		
	Nacional	Extranj				Asesoría	Información y document	Instalaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>

16. Fuente de financiamiento: Personal  Organización privada  Unidad sede  Otra Institución Estatal  Institución Federal

17. Gastos programados para la investigación:

Recursos humanos	\$	xx
Recursos materiales	\$	\$3000
infraestructura	\$	\$2000
Otros	\$	\$2000
Total	\$	\$7000

**Anexo C: Portada para presentación de protocolo de investigación en el hospital "JOSÉ MARÍA  
RODRÍGUEZ"**



**TECNOLOGICO DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE ECATEPEC**



**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**PROTOCOLO DE PROYECTO DE TESIS**

**TITULO:**

**Prototipo Pre-Diagnostico De EPOC, Por Medio Del Aliento**

**PRESENTA**

**ING. SONIA BERTHA SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**DIRECTOR: DR. ADOLFO MELÉNDEZ RAMÍREZ**

**ASEROR EXTERNO: DRA. LILIA ROBLES MEDINA**

**FECHA: viernes, 18 de junio de 2021**

### **Anexo D: Código inicial del programa en Arduino IDE**

```
// Inicio

void setup() {

  // Inicializamos comunicación serie

  Serial.begin(9600);

}

void loop() {

  //-----Sensores MQ-----

  int adc_MQ2 = analogRead(A0); //Lemos la salida analógica del MQ

  float voltaje = adc_MQ2 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje

  float Rs=1000*((5-voltaje)/voltaje); //Calculamos Rs con un RL de 1k

  double Gas_combustible=adc_MQ2*pow(Rs/5463, -1.497); // calculamos la concentración
de gas con la ecuación obtenida.

  int adc_MQ3 = analogRead(A1); //Lemos la salida analógica del MQ

  float voltaje1 = adc_MQ2 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje

  float Rs1=1000*((5-voltaje1)/voltaje1); //Calculamos Rs con un RL de 1k

  double Alcohol=adc_MQ3*pow(Rs1/5463, -1.497); // calculamos la concentración de gas
con la ecuación obtenida.

  int adc_MQ4 = analogRead(A2); //Lemos la salida analógica del MQ
```



```
float voltaje2 = adc_MQ4 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje  
float Rs2=1000*((5-voltaje2)/voltaje2); //Calculamos Rs con un RL de 1k  
double Gas_natural=adc_MQ4*pow(Rs2/5463, -1.497); // calculamos la concentración de  
gas con la ecuación obtenida.
```

```
int adc_MQ5 = analogRead(A3); //Lemos la salida analógica del MQ  
float voltaje3 = adc_MQ5 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje  
float Rs3=1000*((5-voltaje3)/voltaje3); //Calculamos Rs con un RL de 1k  
double Propano=adc_MQ5*pow(Rs3/5463, -1.497); // calculamos la concentración de gas  
con la ecuación obtenida.
```

```
int adc_MQ6 = analogRead(A4); //Lemos la salida analógica del MQ  
float voltaje4 = adc_MQ6 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje  
float Rs4=1000*((5-voltaje4)/voltaje4); //Calculamos Rs con un RL de 1k  
double LPG=adc_MQ6*pow(Rs4/5463, -1.497); // calculamos la concentración de gas con  
la ecuación obtenida.
```

```
int adc_MQ7 = analogRead(A5); //Lemos la salida analógica del MQ  
float voltaje5 = adc_MQ7 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje  
float Rs5=1000*((5-voltaje5)/voltaje5); //Calculamos Rs con un RL de 1k  
double CO=adc_MQ7*pow(Rs5/5463, -1.497); // calculamos la concentración de gas con la  
ecuación obtenida.
```

```
int adc_MQ8 = analogRead(A6); //Lemos la salida analógica del MQ  
float voltaje6 = adc_MQ8 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
```

---

```
float Rs6=1000*((5-voltaje6)/voltaje6); //Calculamos Rs con un RL de 1k

double Hidrogeno=adc_MQ8*pow(Rs6/5463, -1.497); // calculamos la concentración de
alcohol con la ecuación obtenida.

int adc_MQ9 = analogRead(A7); //Lemos la salida analógica del MQ

float voltaje7 = adc_MQ9 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje

float Rs7=1000*((5-voltaje7)/voltaje7); //Calculamos Rs con un RL de 1k

double Combustible_y_CO=adc_MQ9*pow(Rs7/5463, -1.497); // calculamos la
concentración de alcohol con la ecuación obtenida.

int adc_MQ135 = analogRead(A8); //Lemos la salida analógica del MQ

float voltaje8 = adc_MQ135 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje

float Rs8=1000*((5-voltaje8)/voltaje8); //Calculamos Rs con un RL de 1k

double Calidad=adc_MQ135*pow(Rs8/5463, -1.497); // calculamos la concentración de
alcohol con la ecuación obtenida.

int adc_MQ51 = analogRead(A9); //Lemos la salida analógica del MQ

float voltaje9 = adc_MQ51 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje

float Rs9=1000*((5-voltaje9)/voltaje9); //Calculamos Rs con un RL de 1k

double Propano1=adc_MQ51*pow(Rs9/5463, -1.497); // calculamos la concentración de
gas con la ecuación obtenida.

//-----Enviamos los valores por el puerto serial-----

Serial.print(Gas_combustible);
```

---

```
Serial.print(",");  
Serial.print(Alcohol);  
Serial.print(",");  
Serial.print(Gas_natural);  
Serial.print(",");  
Serial.print(Propano);  
Serial.print(",");  
Serial.print(LPG);  
Serial.print(",");  
Serial.print(CO);  
Serial.print(",");  
Serial.print(Hidrogeno);  
Serial.print(",");  
Serial.print(Combustible_y_CO);  
Serial.print(",");  
Serial.print(Calidad);  
Serial.print(",");  
Serial.println(Propano1);  
  
delay(500);  
}
```

**Anexo E: Aprobación de protocolo de investigación en el hospital "JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ"**



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

"2019. Año del Centésimo Aniversario Luctuoso de Emiliano Zapata Salazar. El Caudillo del Sur"




Ecatepec de Morelos,  
México a 13 de septiembre del 2019  
217B56000/2736/1286/19

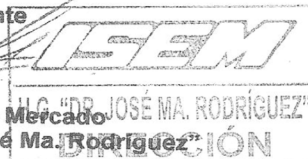
Ingeniero  
José Luis Chávez Rojas  
Jefe de división de Ingeniería en  
Sistemas Computacionales  
Tecnológico de Estudios Superiores  
De Ecatepec  
Presente

Por medio de la presente enviamos a usted el Protocolo Aprobado de la C. SANCHEZ SANCHEZ SONIA BERTHA, estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales, con el título NARIZ ELECTRONICA PARA LA IDENTIFICACION DE GASES EXPIRATORIOS MAS FRECUENTES RELACIONADOS CON LOS NIVELES DE EPOC.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

  
Dr. Héctor Flores Mercado  
Director del H.G. "Dr. José Ma. Rodríguez"



C.c.p. M. EN C. EDGAR CORONA ORGANICHE.- Coordinador de Posgrado  
MISC  
DR. ADOLFO MELENDEZ RAMIREZ.- Director de Posgrado  
DRA. MA. DEL CARMEN RAMIREZ BUENDIA.- Jefe de la Div. de  
Enseñanza e Invest.  
Expediente  
Consecutivo

HFM/MCRB/mehr\*





SECRETARIA DE SALUD  
SUBSECRETARIA DE REGULACION Y FOMENTO SANITARIO  
DIRECCION GENERAL DE REGULACION DE LOS SERVICIOS DE SALUD

ACTA DE SESION.

SESION: 08 DEL COMITÉ DE INVESTIGACION

FECHA: 22 DE AGOSTO DEL 2019

PRESIDENTE (NOMBRE)	DIRECTOR MEDICO DE LA UNIDAD DEL HOSPITAL
DR. HECTOR FLORES MERCADO	
COORDINADOR (NOMBRE)	SUBDIRECTOR MEDICO
DR. JUAN JOSÉ DE LA ROSA VAZQUEZ	SUBDIRECTOR MÉDICO DEL HOSP.
SECRETARIO (NOMBRE)	(CARGO)
DRA.MA. DE CARMEN RAMIREZ BUENDIA	JEFE DE LA DIV. DE ENS. E INVES.
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DRA. CLAUDIA GASCA RUIZ	JEFE DE DIVISIÓN DE GINECOLOGIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. RUBEN RAZO SOLANO	PROF.TITULAR DE GINECOLOGIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. MARTÍN NOE RANGEL CALVILLO	JEFE DE LA DIV. DE PEDIATRIA
VOCAL ( NOMBRE)	( CARGO )
DRA. GRISELDA AHUATZIN LOPEZ	PROF. TITULAR DE PEDIATRIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DRA. LILIA ROBLES MEDINA	JEFE DE LA DIV. MED. INTERNA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. ERNESTO HERNANDEZ MATUS	PROF. TITULAR DE MEDICINA INTERNA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. MARIO CESAR GOMEZ MARTINEZ	JEFE DE LA DIV. DE CIRUGÍA GRAL.
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. JESÚS MEDRANO ADAME	JEFE DE LA DIV. DE EPIDEMIOLOGIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. FRANCISCO G. CABRERA ESQUITIN	JEFE DE DIV. DE SERVS.PARAMEDICOS
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. JORGE MARTINEZ CASTILLO	JEFE DEL SERVICIO DE URGENCIAS
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR.GONZALO HERNANDEZ MAGALLON	JEFE DE CALIDAD
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR.MIGUEL ANGEL ESPINOSA CASTRO	JEFE DE UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
DR. EMANUEL JUAREZ HERRERA	JEFE DEL SERV. DE ANESTESIOLOGIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
	JEFE DEL SERV. DE PATOLOGIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
MTRA. LIDIA CUREÑO ORTIZ	JEFE DE ENFERMERAS
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
MTRA. ANA MARIA ROMERO GRANDE	COORD. DE ENSEÑANZA DE ENFERMERIA
VOCAL (NOMBRE)	(CARGO)
LIC.FABIOLA DIAZ VAZQUEZ	JEFE DEL SERV. DE DIETOLOGIA



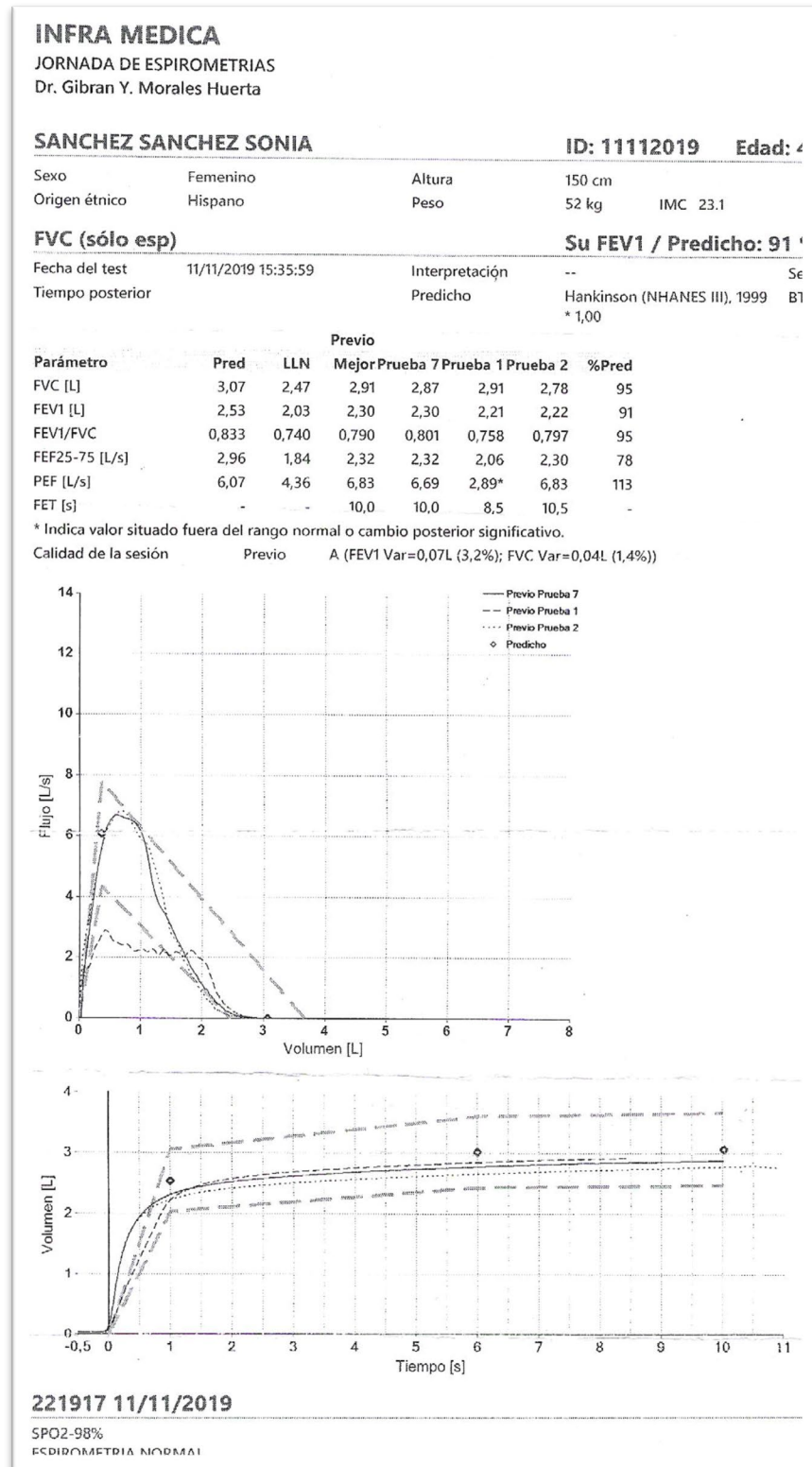
ASUNTOS TRATADOS EN EL PLENO DEL COMITE	ACCIONES, RECOMENDACIONES EMITIDAS Y COMPROMISOS ADQUIRIDOS	SEGUIMIENTO	
		FECHA DE INICIO DEL ASUNTO	FECHA DE SOLUCION DEL ASUNTO
APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACION DE LA ESTUDIANTE DEL TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC C. SANCHEZ SANCHEZ SONIA BERTHA, CON EL TEMA: "NARIZ ELECTRONICA PARA LA IDENTIFICACION DE GASES EXPIRATORIOS MAS FRECUENTES RELACIONADOS CON LOS NIVELES DE EPOC ".	<ul style="list-style-type: none"> <li>POSTERIOR AL ANÁLISIS DETALLADO CON LAS CORRECCIONES REALIZADAS POR LOS ASESORES DEL HOSPITAL, SE APRUEBA EL PROYECTO DE MANERA UNANIME Y SE DA TRAMITE PARA SU REALIZACION EN ESTA UNIDAD HOSPITALARIA</li> </ul>	AGOSTO 2019	MAYO 2020

Describe brevemente el asunto y la recomendación emitida por comité en la columna correspondiente. En caso de abordar mas asuntos o la complejidad del mismo requiera de más espacio, se deberán utilizar más hojas, numerándolas al final como se indica.

Handwritten signatures and initials are present below the table, including names like 'Alicia', 'Cynthia', and others.



**Anexo F: Resultados de espirometría realizada a autor en el hospital "JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ"**



**Anexo G: Talonario de pruebas iniciales a personas sanas en el hospital "JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ"**

Edad 78 Peso 59 Talla 1.49 Sexo:  M  F  
 Fuma Si No ¿cuantos cigarrillos al día? 4 <sup>10 años</sup> Ex-Fumadora.  
 Cocina con leña Si  No ¿con que frecuencia? \_\_\_\_\_  
 Tos constante  Si No ¿duración? 4 m. EPOC  Si No ¿tipo? \_\_\_\_\_

DTH	2	3	4	5	6	7	8	9	135
90	843	759	29	61	72	102	119	16	22

---

Edad 51 Peso 85 Talla 1.8 Sexo:  M  F  
 Fuma  Si No ¿cuantos cigarrillos al día? 15 <sup>30 años</sup> -  
 Cocina con leña Si No ¿con que frecuencia? \_\_\_\_\_  
 Tos constante  Si No ¿duración? Nada EPOC  Si No ¿tipo? \_\_\_\_\_

DTH	2	3	4	5	6	7	8	9	135
50	293	330	14	58	14	45	61	54	133

---

Edad 34 Peso 68 Talla 1.5 Sexo:  M  F  
 Fuma  Si No ¿cuantos cigarrillos al día? 4-7 <sup>15 años</sup>.  
 Cocina con leña Si No ¿con que frecuencia? \_\_\_\_\_  
 Tos constante  Si No ¿duración? Nada EPOC  Si No ¿tipo? \_\_\_\_\_

DTH	2	3	4	5	6	7	8	9	135
92	880	775	43	50	115	129	121	21	32

---

Edad 79 Peso 130 Talla 1.85 Sexo:  M  F  
 Fuma Si  No <sup>Ex-Fumador</sup> ¿cuantos cigarrillos al día? 5 <sup>3 años no fuma</sup> 2 caj. diarios 40 cigarros d.  
 Cocina con leña Si  No ¿con que frecuencia? \_\_\_\_\_  
 Tos constante  Si No ¿duración? 3 años EPOC  Si No ¿tipo? \_\_\_\_\_

DTH	2	3	4	5	6	7	8	9	135
80	286	303	41	31	50	63	30	66	202

---

Edad 50 Peso 95 Talla 1.55 Sexo:  M  F  
 Fuma  Si No ¿cuantos cigarrillos al día? 2 <sup>1-V</sup>.  
 Cocina con leña Si  No ¿con que frecuencia? \_\_\_\_\_  
 Tos constante Si No ¿duración? Nada EPOC  Si No ¿tipo? \_\_\_\_\_

DTH	2	3	4	5	6	7	8	9	135
70	80	100	41	30	20	100	20	21	32



Edad 24 Peso 50 <sup>1.56</sup> Sexo F  M

Fuma Si  No  cuantos cigarrillos al día? 3

Toma vino Si  No  con que frecuencia? Ocasional

Tiene EPOC Si  No  tipo? D.R.

2	3	4	5	6	7	8	9	135	5
187	171	80	67	87	300	64	13	74	235

Edad 45 Peso 50 <sup>1.46</sup> Sexo F  M

Fuma Si  No  cuantos cigarrillos al día? 7

Cocina con leño Si  No  cuanto tiempo 3 años

Toma vino Si  No  con que frecuencia? 3 veces

Tos constante deadando 1 Sem.

Tiene EPOC Si  No  tipo?

2	3	4	5	6	7	8	9	135	5		
282	281	22	89	26	14	82	310	79	10	39	183

Edad 61 Peso 86 <sup>1.55</sup> Sexo F  M

Fuma Si  No  Fumador pasivo 46 años? cuantos cigarrillos al día?

Toma vino Si  No  C leña con que frecuencia? frecuencia cuando se termina el ga

Tos const No. Sub. escalera  51

Tiene EPOC Si  No  tipo?

Edad 14 Peso 80 <sup>1.50</sup> Sexo F  M

Fuma Si  No  fumador pasivo cuantos cigarrillos al día? 15 años

Toma vino Si  No  Tos constantes con que frecuencia?

Tiene EPOC Si  No  tipo?

Edad 49 Peso 60 <sup>1.60</sup> Sexo F  M

Fuma Si  No  Fumador pasivo 20 años cuantos cigarrillos al día?

Toma vino Si  No  con que frecuencia?

Tiene EPOC Si  No  tipo?

Anexo H: Artículo final presentado en el XX foro de presentación de avances de proyectos de tesis de la maestría en ingeniería en sistemas computacionales

Prototipo para identificación de gases espiratorios en pacientes con EPOC a través del aliento.

Sánchez Slayback, Sonia Bertha, Dr. Hernández Ramírez Adolfo, Dr. Ávila Camacho Francisco Javier y M. en I.T. Edwin Carrillo Juan Manuel, miembros de la División Ingeniería en los Sistemas Computacionales del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

**Resumen** – Con el propósito de proporcionar a los pacientes con EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) por medio del aliento, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Palabras clave: EPOC, Calidad del Aire, Dispositivo de Medición de Gases.

1. INTRODUCCIÓN

La EPOC según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es una de las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo. Se estima que en 2015 habrá 1.6 millones de personas con EPOC, lo que representa un aumento del 25% con respecto a 2000.

El sistema de medición de gases espiratorios que se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.



Fig. 1. Estadios de la EPOC.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

II. PROBLEMÁTICA

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que se caracteriza por la inflamación de los pulmones y la pérdida de elasticidad de los tejidos pulmonares.

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que se caracteriza por la inflamación de los pulmones y la pérdida de elasticidad de los tejidos pulmonares.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

III. MARCO TEÓRICO

A. EPOC

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que se caracteriza por la inflamación de los pulmones y la pérdida de elasticidad de los tejidos pulmonares.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.



Fig. 2. Principales causas de muerte en 2000.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), hay 65 millones de personas con EPOC en el mundo. Se estima que en 2015 habrá 1.6 millones de personas con EPOC, lo que representa un aumento del 25% con respecto a 2000.

B. Sistema de Medición de Gases

La medición de gases espiratorios es una técnica que se utiliza para medir la concentración de gases en el aire que se respira. Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

C. Tipos, Características y Ventajas de la EPOC

La EPOC es una enfermedad crónica de las vías respiratorias que se caracteriza por la inflamación de los pulmones y la pérdida de elasticidad de los tejidos pulmonares.



Fig. 3. Síntomas y principales causas de la EPOC.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

D. Características de un medio biológico

Los medios biológicos son sustancias que se utilizan para cultivar microorganismos. Estos medios deben proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de los organismos.



Fig. 4. Calidad del Aire en México.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.



Fig. 5. Proceso de medición de gases espiratorios.

C. Descripción y Características de los Gases MQ

Los gases MQ son gases que se utilizan para medir la concentración de gases en el aire. Estos gases deben ser fáciles de medir y proporcionar resultados precisos.

Gas	Características	Condiciones de uso
MQ2	Detecta gases de escape de automóviles	20°C a 40°C
MQ3	Detecta gases de escape de automóviles	20°C a 40°C
MQ4	Detecta gases de escape de automóviles	20°C a 40°C
MQ135	Detecta gases de escape de automóviles	20°C a 40°C

Tabla 1. Características de los gases MQ.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.



Fig. 6. Configuración de hardware.

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Fase 1: Diseño de prototipo

El primer paso del proceso de desarrollo de un prototipo es el diseño de este. Este diseño debe incluir todos los componentes necesarios para la construcción del prototipo.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Según el jefe del Servicio de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS, José Alcides Saldaña, en la ciudad de México se estima que existen 1.6 millones de casos de cáncer y se espera que en 2015 aumenten a 2 millones.

Con el propósito de diseñar un dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

Este dispositivo se diseñó para ayudar al paciente a identificar la calidad de su aire, se pretende diseñar un nuevo dispositivo que ayude al paciente a identificar la calidad de su aire.

3	Alcohol	Etilanol, Humo
4	Gas Neutral, Inerte	Alcohol, Etilanol, Humo
5	LPQ, Gas Neutral	Inerte, Gas Neutral
6	LPQ, Propano	Gas Neutral, QSP
7	Monóxido de Carbono	Monóxido De Carbono
8	Hidrógeno	Hidrógeno
9	CO, Gas Combustible	Monóxido De Carbono, Gas Inerte
133	Control De Calidad Del Aire	Benceno, Alcohol, Humo, Acetico

El programa final se ejecuta en la tarjeta 2, se cargan de una placa de Arduino con el programa final, y se ejecuta de manera local, el resultado se guarda en una base de datos, la programación se guarda en una base de datos, y se guarda en una base de datos.



Fig 11 Sensor DHT 11



Imagen 1 Pruebas

Cada semana que pasa la prueba se cargan programas personalizados en el hardware, con los datos de ensayos programados de manera pulgada.

C. Fase 3: Programación

Se elabora un código como en Arduino IDE, como se muestra en la figura 11, 12 y 13, para la programación de laboratorio, posteriormente se ejecuta y realiza los ensayos de cada uno de los programas.



Fig 11 Código Arduino para 1

Se ejecuta el ensayo de ensayos por medio de un flujo de trabajo mostrado en la figura 10, el cual se lo muestra 10 programas y planes de ensayos en la tarjeta 1.



Fig 10 Plano detallado



Imagen 1 Placa de Arduino

V. DESARROLLO METODOLÓGICO

A. Materiales

El estudio se realizó en el Hospital General de Esmeraldas José María Rodríguez durante el periodo del 02 agosto 2019 al 12 de agosto 2020, en las consultorios, en el laboratorio de gases de ensayos de programación, con tiempo y cuando el paciente se encuentra en el estudio.

La toma de muestras se realizó por medio de una sonda de medición de gases que se conectó al sistema de programación y cuando el paciente que tiene del aliento de que se miden los gases de ensayos, los datos, como los datos de programación de ensayos, se guardan en una base de datos de ensayos, posteriormente se puede la información.

Se elaboró un código en la tarjeta de ensayos y en un flujo de trabajo se muestra en los programas 4 y 5, para usar los ensayos, los datos, como los datos de programación de ensayos, se guardan en una base de datos de ensayos, posteriormente se puede la información.

Se elaboró un código de programación



Imagen 1 Módulo de ensayos

```
// Inicializamos el sensor DHT11
DHT dht(DHT11, DHTTYPE);

void setup() {
  // Inicializamos comunicación serie
  Serial.begin(9600);
  // Creamos el sensor DHT
  dht.begin();
}
```

Fig 12 Código Arduino para 1

```
-----Datos ID-----
int ads_MQ2 = analogRead(A0); //Lectura la salida analoga
float voltage = ads_MQ2 * (5.0 / 1023.0); //Conversion
float Res=1000*(5-voltage)/voltage; //Calculamos la resistencia
double Gas_Concentracion_MQ2=pow(Res/5463, -1.4871); // calculo

int ads_MQ3 = analogRead(A1); //Lectura la salida analoga
float voltage = ads_MQ3 * (5.0 / 1023.0); //Conversion
float Res=1000*(5-voltage)/voltage; //Calculamos la resistencia
double Alcohol_MQ3=pow(Res/5463, -1.4871); // calculo

int ads_MQ4 = analogRead(A2); //Lectura la salida analoga
float voltage = ads_MQ4 * (5.0 / 1023.0); //Conversion
float Res=1000*(5-voltage)/voltage; //Calculamos la resistencia
double Propano_MQ4=pow(Res/5463, -1.4871); // calculo

int ads_MQ5 = analogRead(A3); //Lectura la salida analoga
float voltage = ads_MQ5 * (5.0 / 1023.0); //Conversion
float Res=1000*(5-voltage)/voltage; //Calculamos la resistencia
double LPQ_MQ5=pow(Res/5463, -1.4871); // calculo

int ads_MQ6 = analogRead(A4); //Lectura la salida analoga
float voltage = ads_MQ6 * (5.0 / 1023.0); //Conversion
float Res=1000*(5-voltage)/voltage; //Calculamos la resistencia
double CO_MQ6=pow(Res/5463, -1.4871); // calculo

int ads_MQ7 = analogRead(A5); //Lectura la salida analoga
```

Fig 13 Código Arduino para 1

D. Fase 4: Pruebas

Se elaboró un código de programación en el flujo de trabajo, para verificar el buen funcionamiento del programa.



Imagen 1 Pruebas de programación



Imagen 5 Módulo en carrito de hospital

Para que se elabora un flujo de trabajo que muestra los ensayos por medio de flujo de trabajo por medio, usando solo los datos mostrados en la figura 14, los datos se ejecuta en un flujo de trabajo de ensayos, solo con los datos de ensayos de programación y cuando se ejecuta un programa de ensayos en la base de datos de ensayos de programación de EPOC.

Edad: \_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_ Sexo: F \_\_\_\_ M \_\_\_\_  
 Fuma: S \_\_\_\_ No \_\_\_\_ ¿cuántos cigarrillos al día? \_\_\_\_  
 Toma vino: Si/No \_\_\_\_ ¿con qué frecuencia? \_\_\_\_  
 Tiene EPOC: Si/No \_\_\_\_ tipo? \_\_\_\_

Fig 14 Pregunta encuesta de pacientes

Los ensayos que se ejecuta en el laboratorio fueron en pacientes con EPOC, en pacientes con una gravedad de ensayos de EPOC, ya que fueron llevados a la prueba de programación como se muestra en los programas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 y los datos programados de programación de ensayos.



Imagen 6: Paciente con EPOC 1, por medio de prueba de gases en un flujo de trabajo



Imagen 6: Paciente con EPOC 1, por medio de prueba de gases en un flujo de trabajo

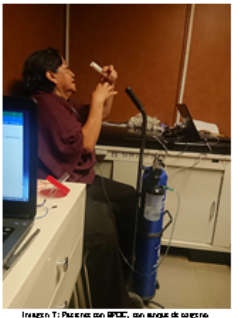


Imagen 7: Paciente con EPOC, con flujo de trabajo



Imagen 8: Paciente con EPOC, con flujo de trabajo



Imagen 9: Paciente con EPOC, con flujo de trabajo



Imagen 10: Paciente con EPOC

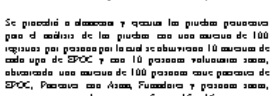


Imagen 10: Paciente con EPOC

8. Almacenamiento y procesamiento de la información

Se ejecuta el ensayo y cuando los datos programados por medio de los programas con una muestra de 100 programas por programa por el cual se elaboró 10 ensayos de cada uno de EPOC y con 10 programas de programación de EPOC, para cada uno de los programas de programación de EPOC, para cada uno de los programas de programación de EPOC, para cada uno de los programas de programación de EPOC.

Programa	Fecha	Edad	Peso	Sexo	Fuma	Vino	EPOC	Resistencia	Alcohol	Propano	LPQ	CO
1	02/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
2	03/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
3	04/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
4	05/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
5	06/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
6	07/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
7	08/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
8	09/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
9	10/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
10	11/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000

Fig 15 Registro de ensayos

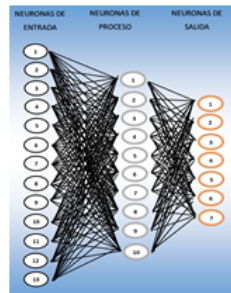
Fig 16 Tabla de ensayos

Programa	Fecha	Edad	Peso	Sexo	Fuma	Vino	EPOC	Resistencia	Alcohol	Propano	LPQ	CO
1	02/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
2	03/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
3	04/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
4	05/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
5	06/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
6	07/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
7	08/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
8	09/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
9	10/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000
10	11/08/2019	55	70	M	S	1	1	1000	1000	1000	1000	1000

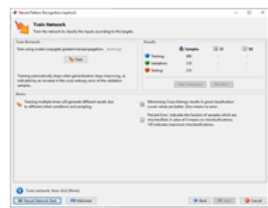
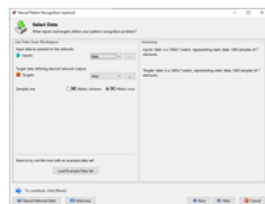
XX Fase de programación de ensayos de programas de Tesis de la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales 9

**C. Diseño de Redes**

Se analizaron los resultados de las pruebas y se realizaron las modificaciones necesarias para la cantidad de 60 personas con EPOC, y se analizaron los resultados de las pruebas con el software Matlab, usando en esta ocasión el diseño de ensayos planeado en la Figura 12



Se analizaron los resultados de las pruebas con el software Matlab, usando en esta ocasión el diseño de ensayos planeado en la Figura 12 a la 20



**D. Conclusión**

Con el análisis de los resultados y se hicieron las mejoras necesarias del ensayo ya que se llegó a la medición de que solo se usó un ensayo cuando la diferencia

**VI CONCLUSIÓN**

Debido a la importancia del estudio en el hospital general de Emergencia "Dr. José María Rodríguez" por un periodo de seis meses, los ensayos realizados, se identificaron según su calidad, el programa generó los resultados de las pruebas en las predicciones de los gases, los resultados obtenidos de las pruebas de ensayos, mediante de ensayos y el ensayo en el ensayo de las pruebas de EPOC fueron altas

XX Fase de programación de ensayos de programas de Tesis de la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales 10

Se basó en ensayos con una prueba adicional a la medición de EPOC, de una muestra de laboratorio a valores para las pruebas de ensayo en la prueba, se generó por consiguiente para lograr un nivel de precisión aceptable por el ensayo actual

**BIBLIOGRAFÍA**

111. Pérez H, Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

112. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

113. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

114. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

115. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

116. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

117. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

118. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

119. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

120. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

121. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

122. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

123. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

124. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

125. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

126. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

127. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

128. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

129. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

130. Ramírez M, O. *Medición de gases en pacientes con EPOC*. Rev. Colomb. Cienc. Exacta Nat. 1996; 19(2): 105-110.

**Anexo I: Portada de finalización de proyecto de investigación en el hospital "JOSÉ MARÍA  
RODRÍGUEZ"**



**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE ECATEPEC**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**REPORTE FINAL DE PROTOCOLO DE PROYECTO DE TESIS**

**TITULO:**

**Prototipo para la Detección de Gases espiratorios, en Pacientes  
con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)**

**REALIZADO EN EL PERIODO:**

**2 DE AGOSTO 2019 AL 12 DE MARZO 2020**

**PRESENTA**

**ING. SONIA BERTHA SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**DIRECTOR: DR. ADOLFO MELÉNDEZ RAMÍREZ**

**CODIRECTOR: DR. FRANCISCO JACOB ÁVILA CAMACHO**

**ASESOR: MEnADN. JUAN MANUEL STEIN CARRILLO**

**ASEROR EXTERNO: DRA. LILIA ROBLES MEDINA**

**FECHA: jueves, 10 de junio de 2021**

## GLOSARIO

**Aliento:** en su diccionario hace referencia al aire que se exhala. Por ejemplo: “Corrí tanto que me quedé sin aliento”, “¿Qué has comido? Tienes mal aliento”, “El corredor francés logró completar la maratón con el último aliento”.

**Artificial:** Hecho por mano o arte del hombre, no natural, producido por el ingenio humano

**Biológico:** Natural o que implica respeto al medio ambiente al evitar el uso de productos químicos.

**BTPS:** body, temperature, pressure, saturated. cuerpo, temperatura, presión, saturado [31]

**Crónica:** Dicho de una enfermedad: larga.

**Electrónica:** Estudio y aplicación del comportamiento de los electrones en diversos medios, como el vacío, los gases y los semiconductores, sometidos a la acción de campos eléctricos y magnéticos.

**Enfermedad:** Alteración más o menos grave de la salud.

**EPOC:** es una enfermedad caracterizada por una disminución crónica de flujo de aire que circula por el árbol bronquial y que se acompaña de una insuficiencia respiratoria de forma crónica o difícilmente reversible, acompañados de tos y expectoración. [23]

**Evolución:** Serie de transformaciones continuas que va experimentando la naturaleza y los seres que la componen.

**Exhalación:** Vapor o vaho que un cuerpo echa de sí por evaporación.

**Experimentación:** Método científico de investigación, basado en la provocación y estudio de los fenómenos.

**Factor:** Elemento o causa que actúan junto con otros. El factor que más influyó en la decisión fue su preparación académica.

**Formato:** Conjunto de características técnicas y de presentación de una publicación periódica o de un programa de televisión o radio.

**Gas:** Fluido que tiende a expandirse y que se caracteriza por su baja densidad, como el aire.

**Gráficas:** Representación de datos numéricos por medio de una o varias líneas que hacen visible la relación que esos datos guardan entre sí.

**Inhalación:** acción de tomar aire ya sea por la nariz o por la boca

**Método:** Modo de obrar o proceder, hábito o costumbre que cada uno tiene y observa.

**Modelo:** Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

**MOS:** Metal Oxide Semiconductor

**Muestreo:** Selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, utilizada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.

**Nariz Electrónica:** es un instrumento electrónico, que involucra he integra sensores químicos electrónicos generalmente aquellas denominadas sensores de gas con características de medición parcial o un completo sistema de medición apropiados en reconocimiento de patrones característicos, que tienen la peculiaridad del reconocimiento de aromas simples o complejos [25]

**Obstructiva:** Pertenciente o relativo a la obstrucción.

**Paciente:** Persona que padece física y corporalmente, y especialmente quien se halla bajo atención médica.

**PCB** (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso” en español). [46]

**Placa:** Plancha de metal u otra materia, en general rígida y poco gruesa.

**Procesamiento:** Aplicación sistemática de una serie de operaciones sobre un conjunto de datos, generalmente por medio de máquinas, para explotar la información que estos datos representan.

**Proceso:** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

**Prototipo:** Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa.

**Riesgo:** Contingencia o proximidad de un daño.

**Sensor:** Dispositivo electrónico que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

**Síntomas:** Manifestación reveladora de una enfermedad.

**Sistema:** Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

**SNC:** El encéfalo y la médula espinal. También se llama sistema nervioso central.  
[41]

**Software:** Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

**Solución:** Satisfacción que se da a una duda, o razón con que se disuelve o desata la dificultad de un argumento.

**Tipos:** Clase, índole, naturaleza de las cosas.

**Ventilación:** Corriente de aire que se establece al ventilar un aposento.

**Nota:** los anteriores términos en su mayoría fueron extraídos del Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), en su pagina <https://dle.rae.es/>