



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

TEMA:

“Prototipo de un espirómetro digital con sistema semiautomático de desinfección e interfaz de usuario y monitoreo remoto mediante IoT para evaluar la función pulmonar en pacientes dentro del área de medicina interna y consulta externa del Hospital Andino de la ciudad de Riobamba.”

AUTORES:

BONILLA ROBALINO, ANDRÉS SEBASTIÁN
TOAQUIZA ÁVILA, KAREN TERESA

DIRECTOR:

DRA. GUERRÓN PAREDES, NANCY ENRIQUETA

LATACUNGA 2022



AGENDA

- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video



AGENDA

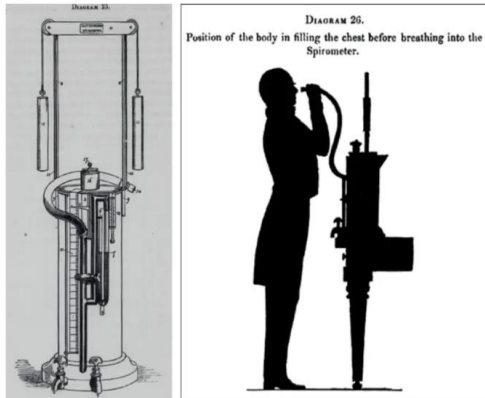
- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video



INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

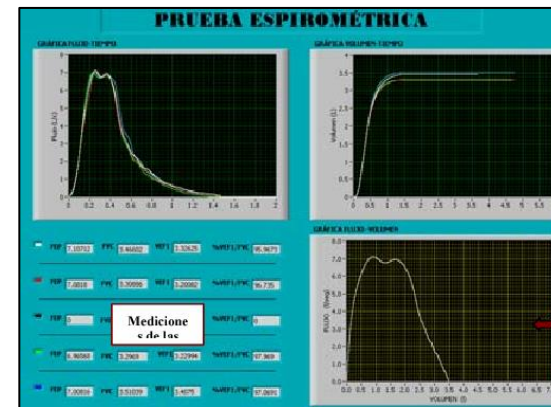
Espirómetro de Hutchinson



Electromedicina



Control y Automatización



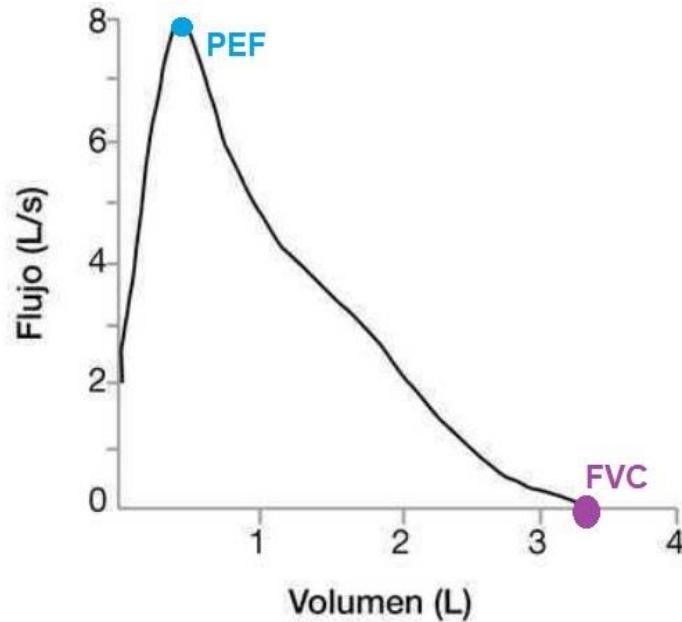
IoMT



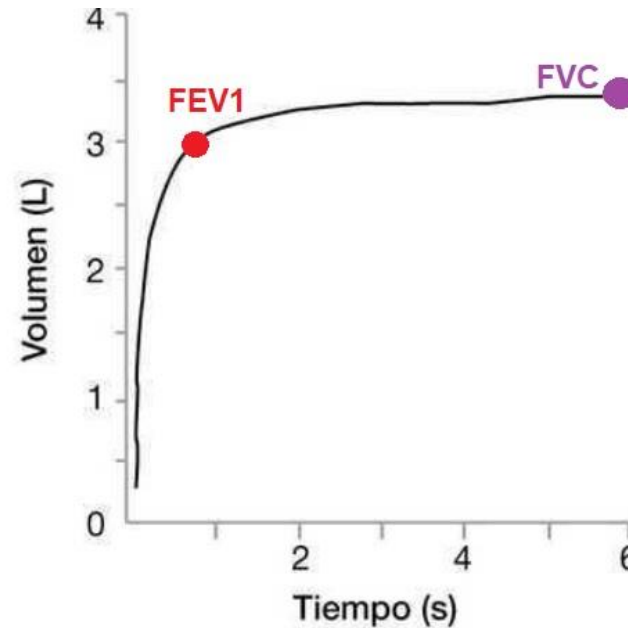
INTRODUCCIÓN

RESUMEN

Capacidad Vital
Forzada (FVC)



Cociente
(FEV1/FVC)



Volumen
espiratorio máximo
en el primer
segundo (FEV1)

Flujo Espiratorio
Máximo (PEF)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

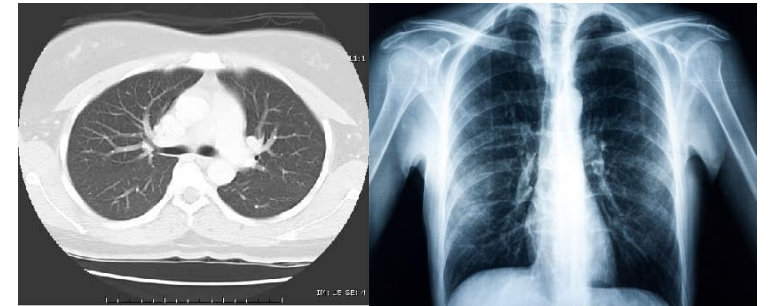
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Riesgo de contagio



Perdida económica



Uso de imagenología



INTRODUCCIÓN

OBJETIVO GENERAL

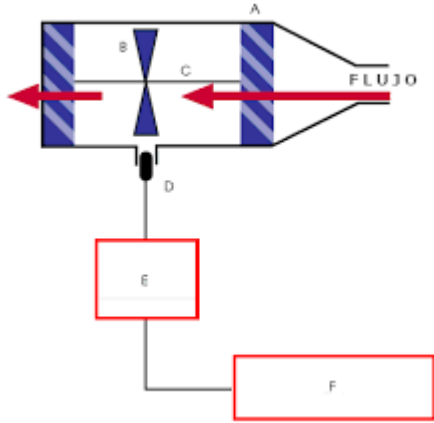
Prototipar un espirómetro digital con sistema semiautomático de desinfección e interfaz de usuario y monitoreo remoto mediante IoMT para evaluar la función pulmonar en pacientes dentro del área de medicina interna y consulta externa del Hospital Andino de la ciudad de Riobamba



INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

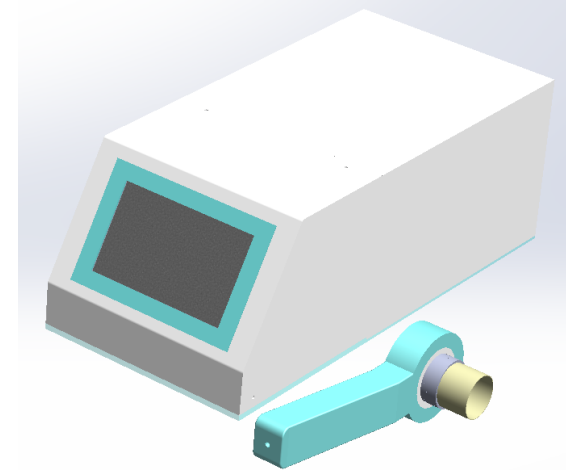
Neumotacógrafo



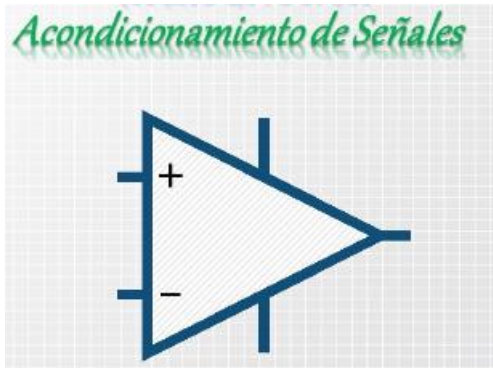
Sistema de Desinfección



CAD



Acondicionamiento



Interfaz

b0 Ingreso de datos del paciente

b1 Espirometría

b2 Desinfección

b3 Ayuda y soporte técnico

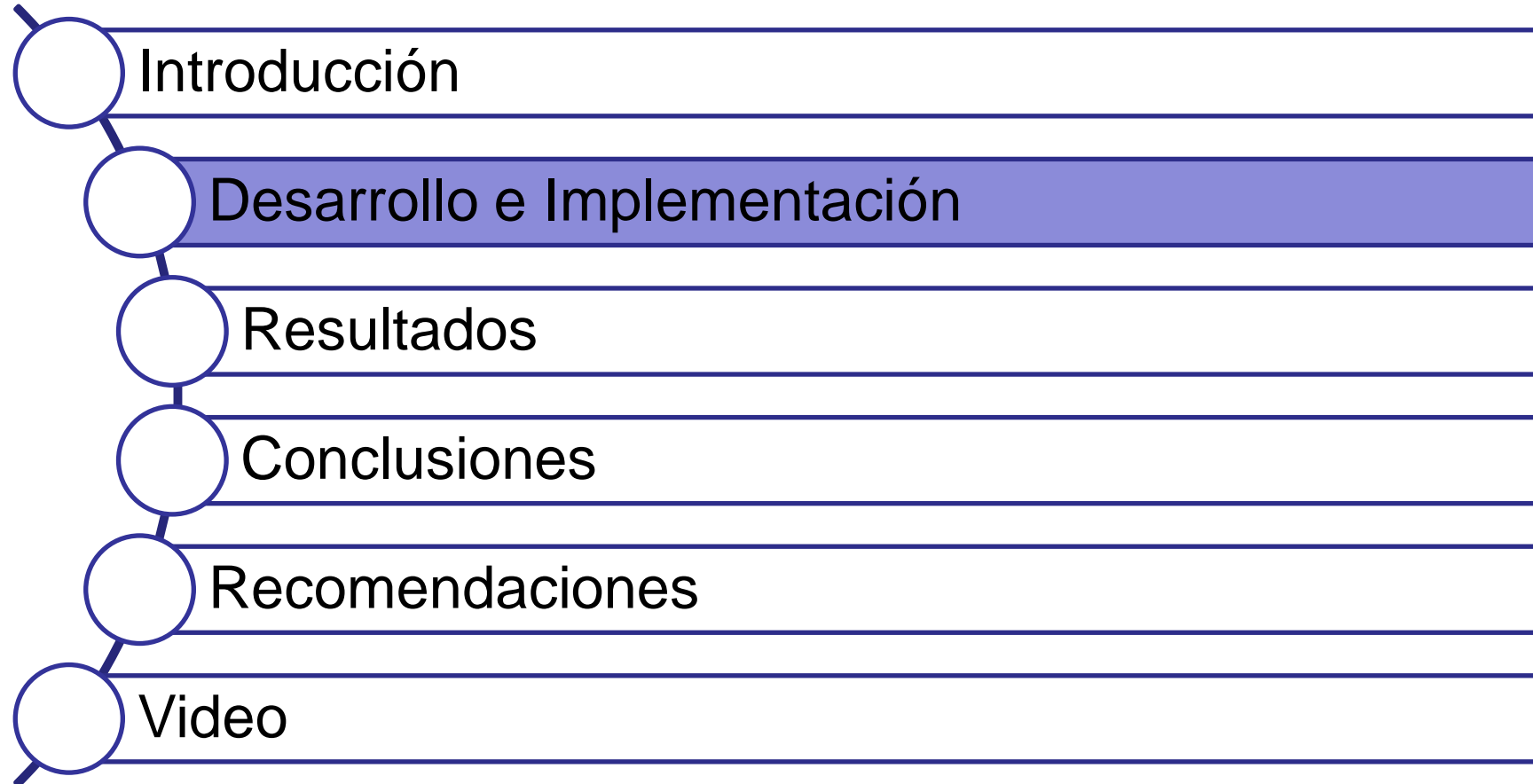
ESPE Carrera de Mecatrónica

Resultados

PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS			
Dato	Valor	Predict.	%Error
FVC			
FEV ₁			
PEF			
FEV ₁ /FVC			
FEV _{25-75%}			

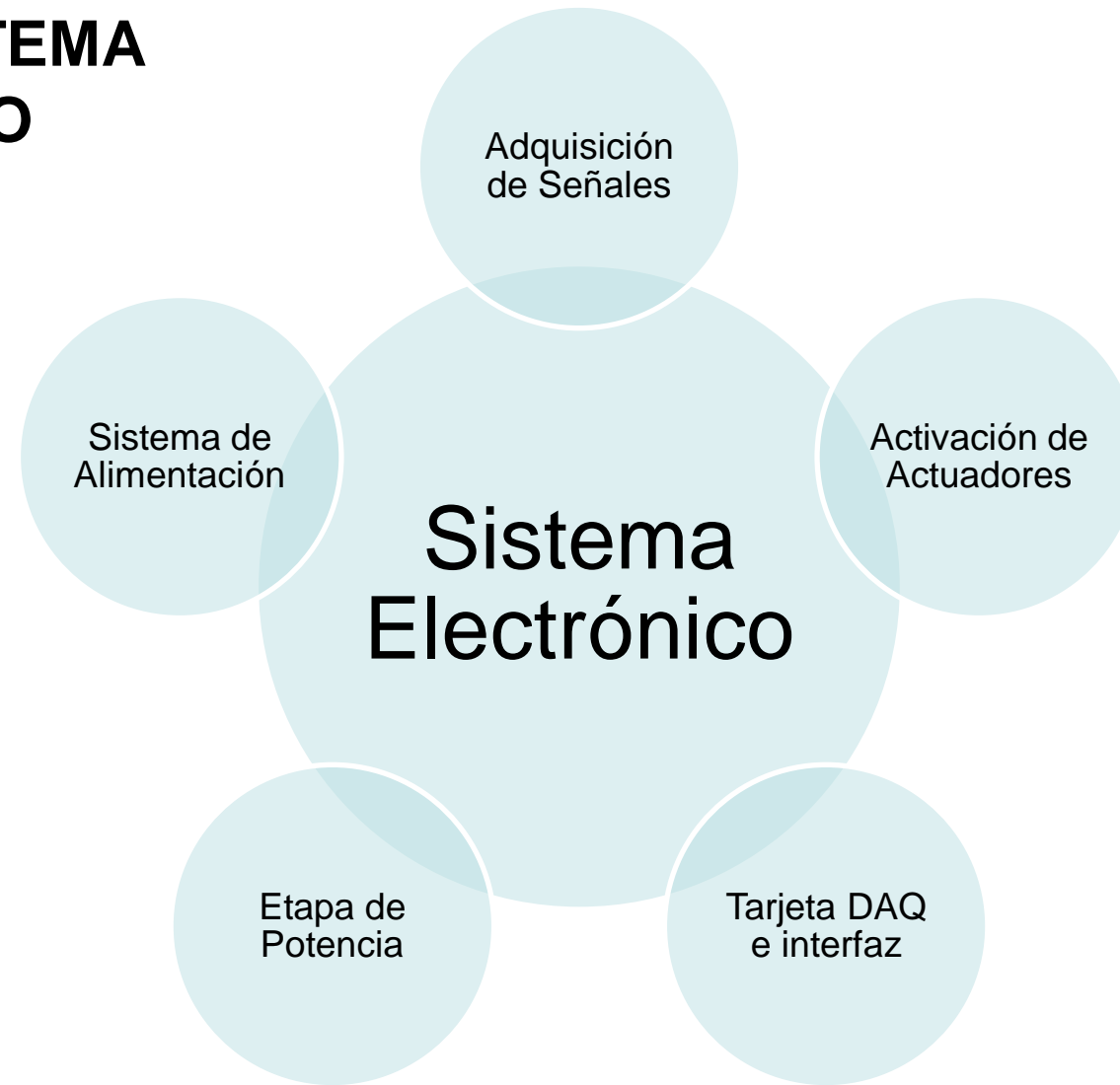


AGENDA



DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

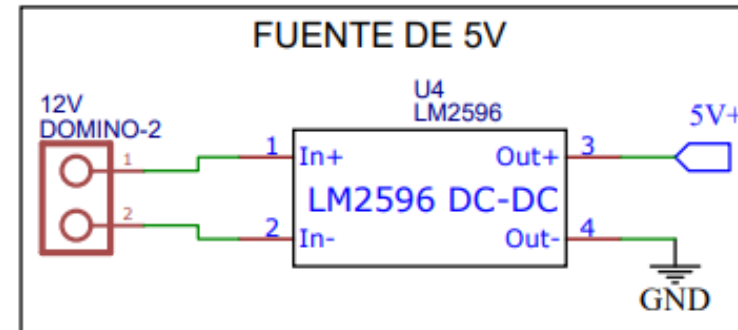
Fuente Conmutada



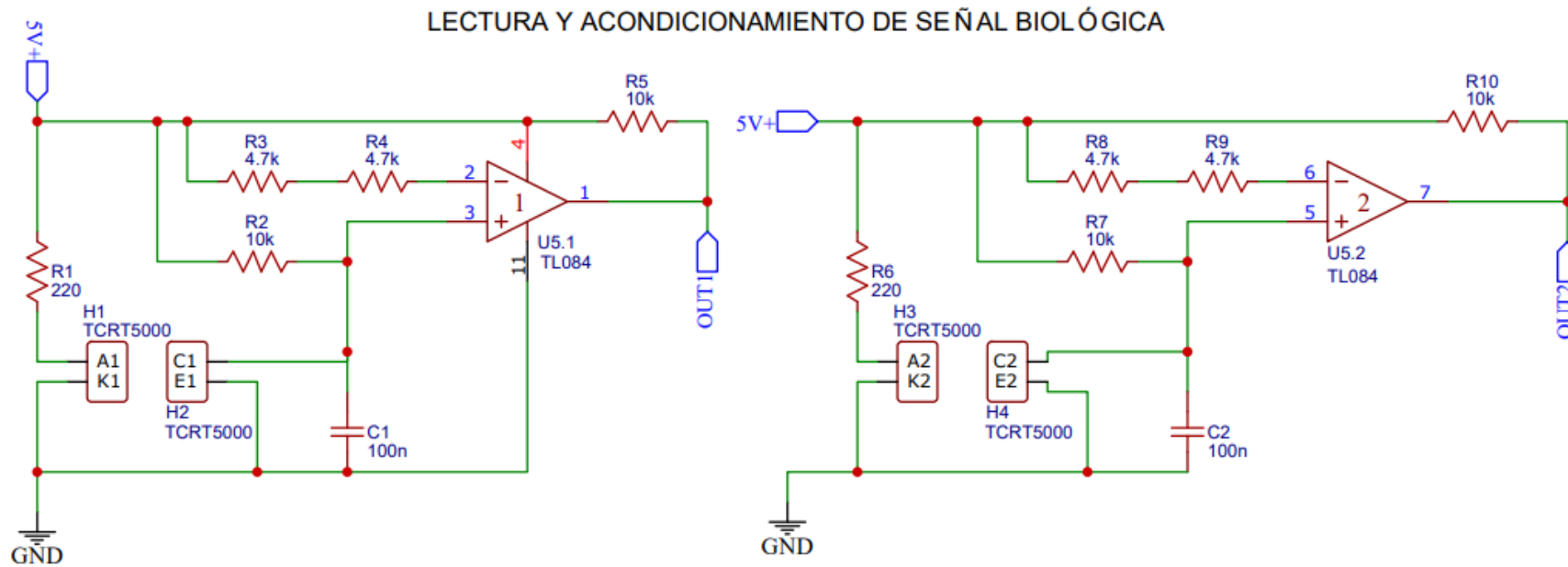
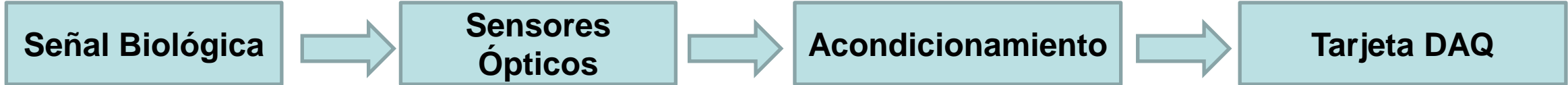
Reductor Buck



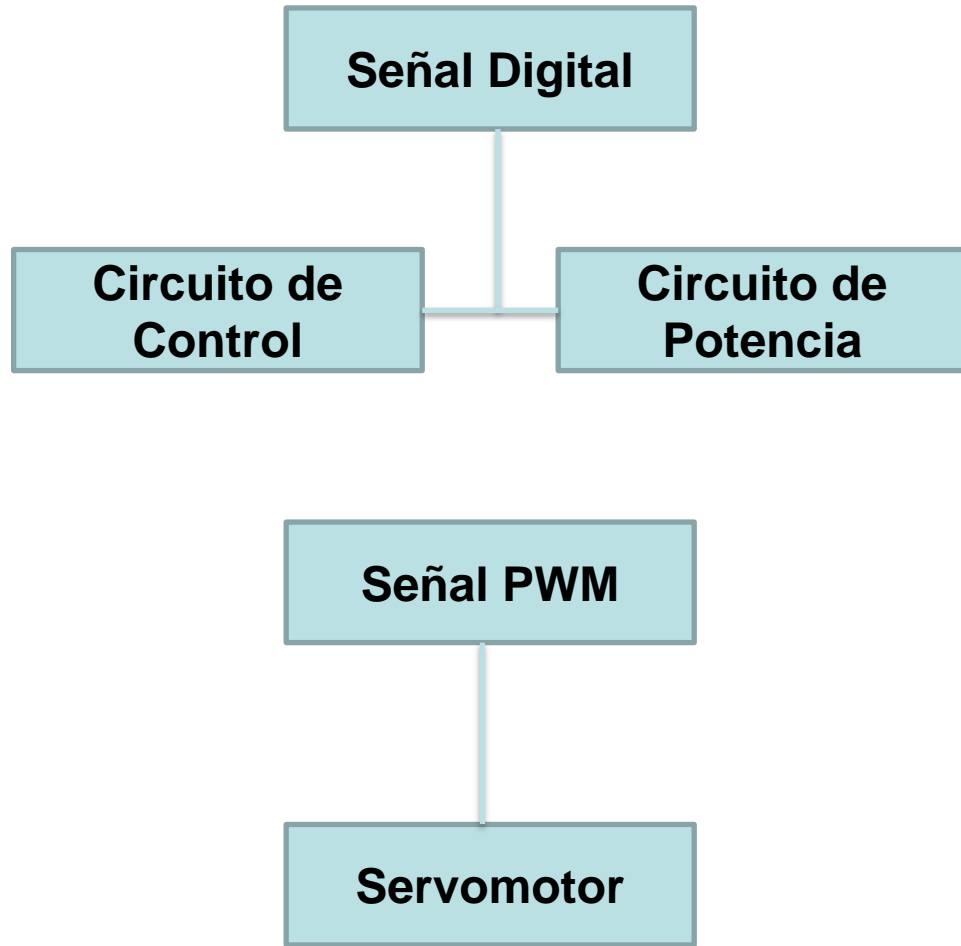
Componentes Electrónicos



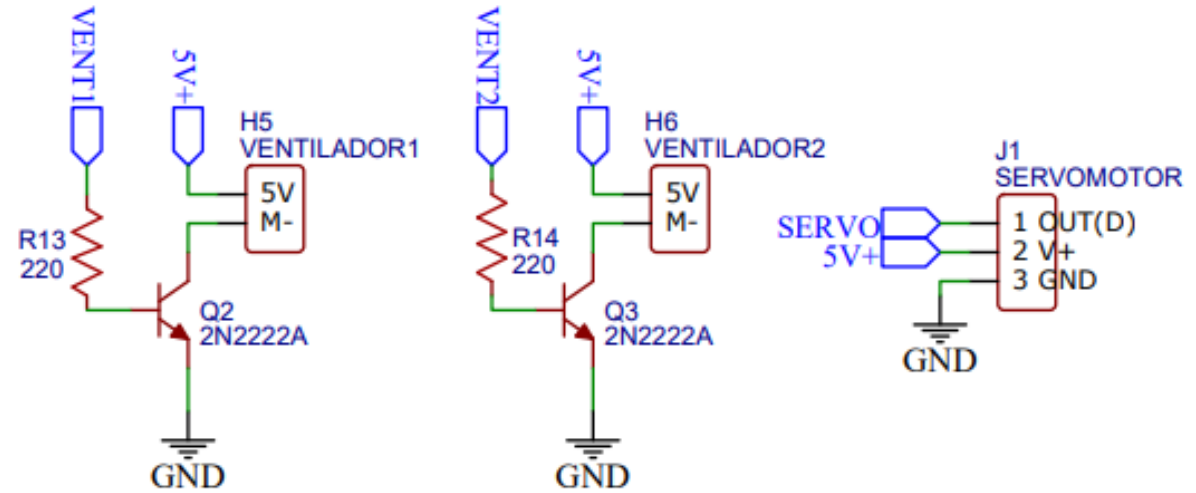
Adquisición de Señales



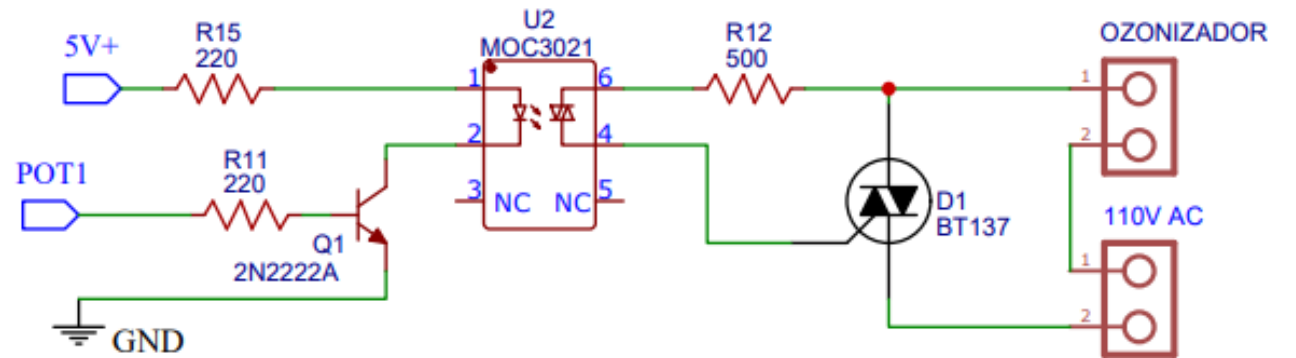
Activación de Actuadores y Etapa de Potencia



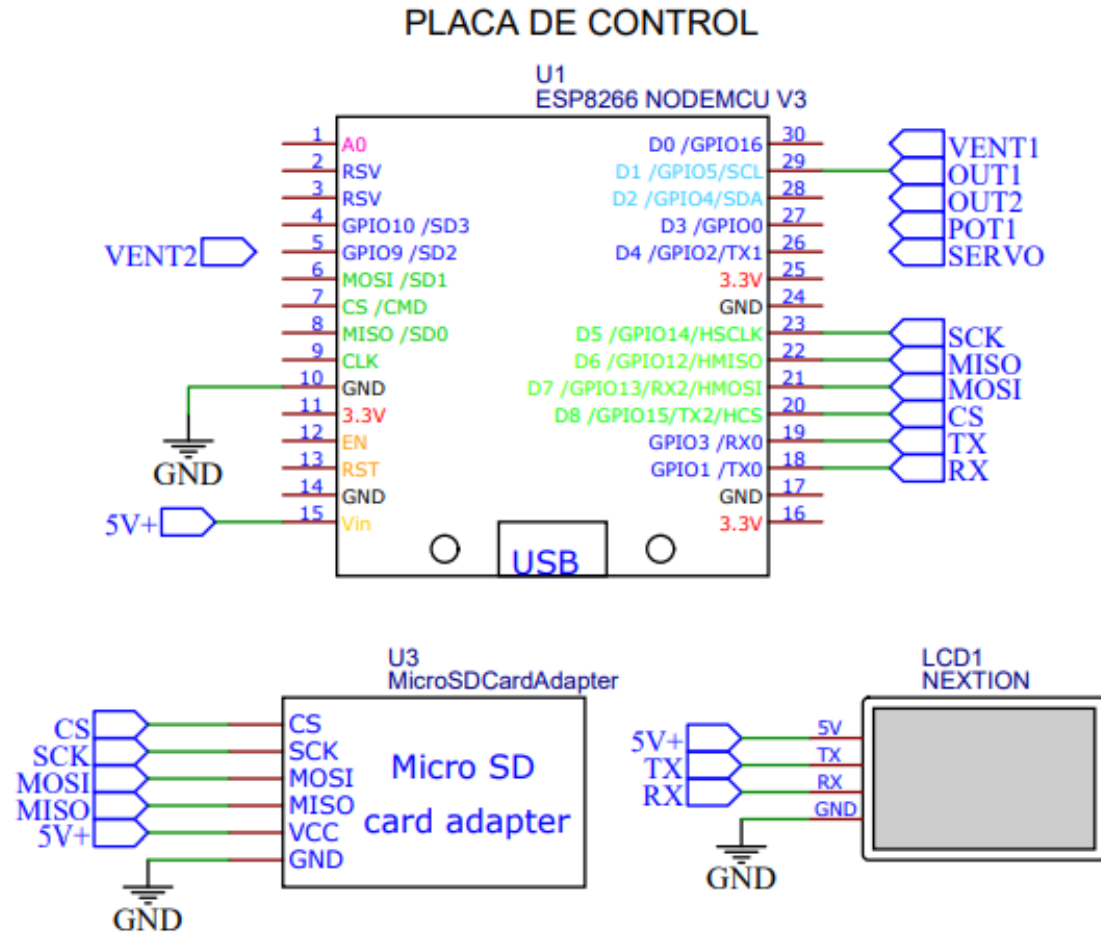
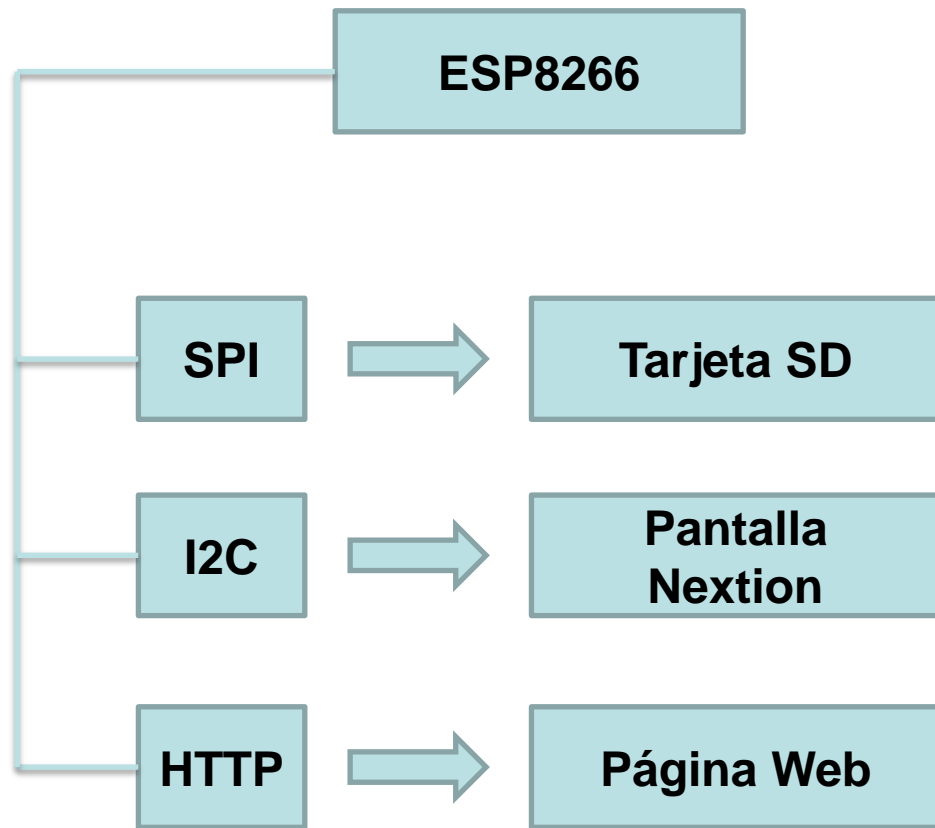
CONTROL DE VENTILACIÓN



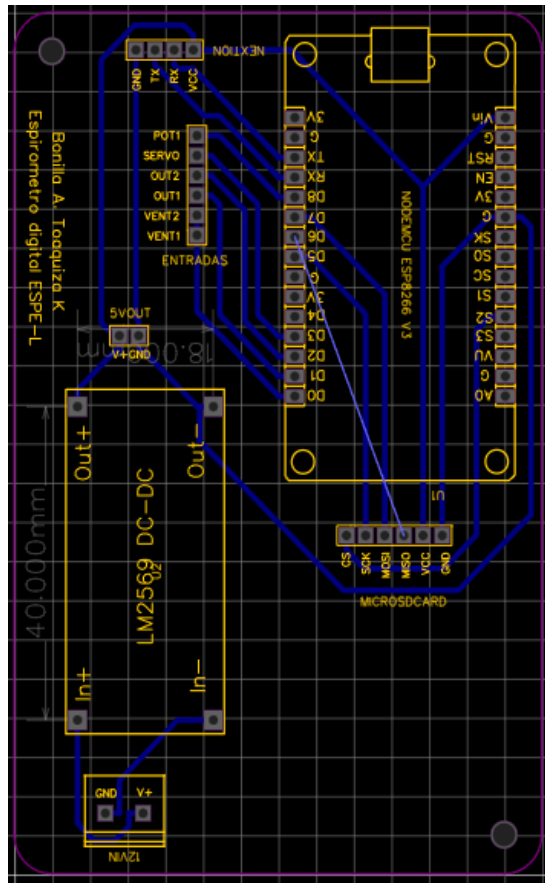
CIRCUITO DE POTENCIA



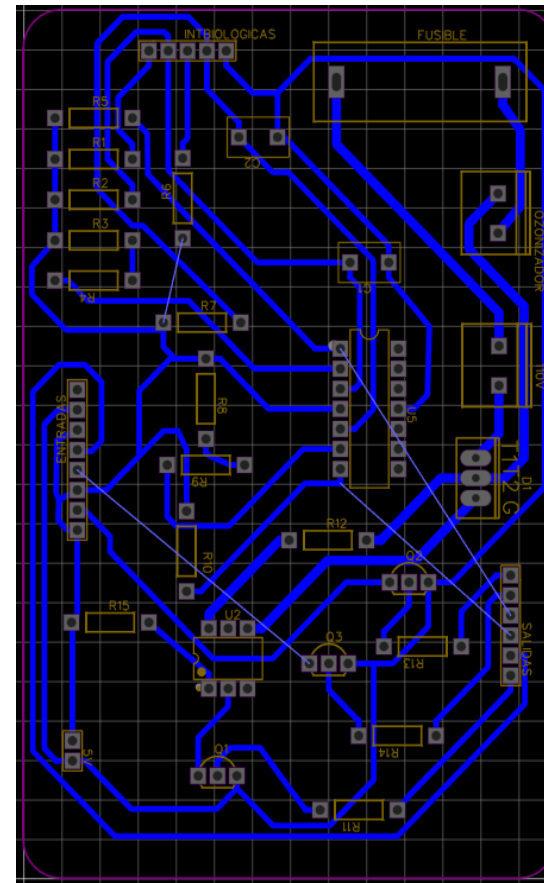
Tarjeta de Adquisición de Datos



Diseño del Circuito Impreso



PCB1

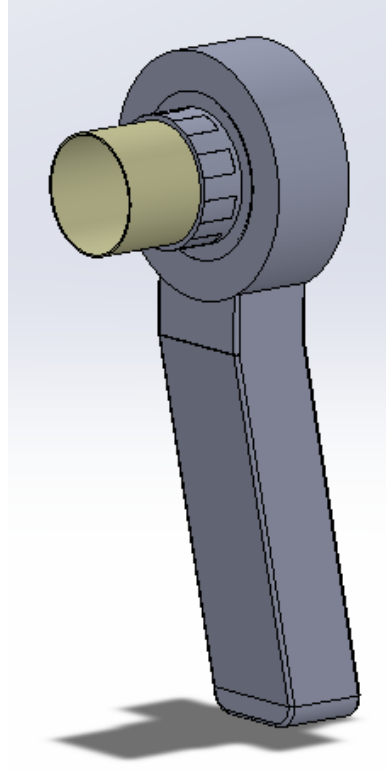
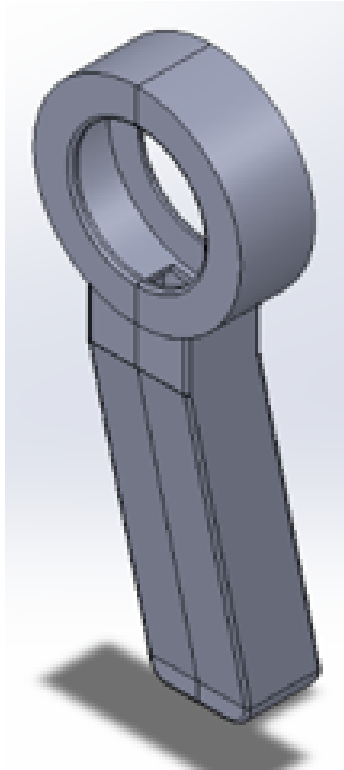
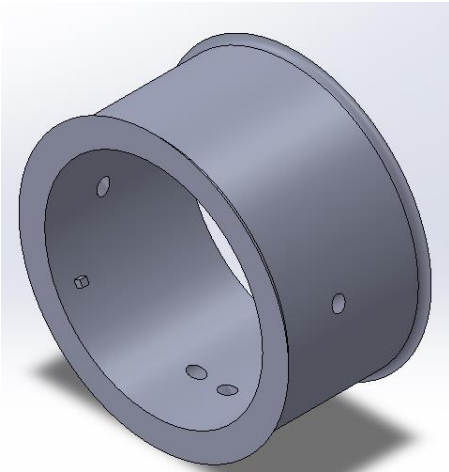


PCB2



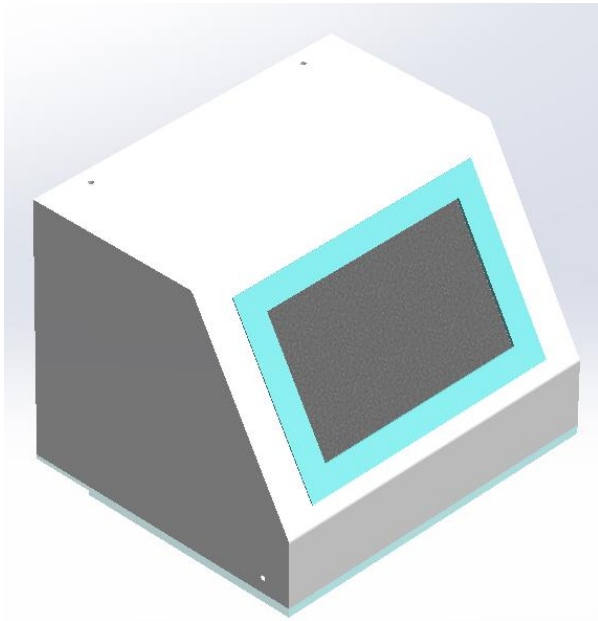
Neumotacógrafo

Parte del sistema que recibe la señal biológica y la transforma en una eléctrica.

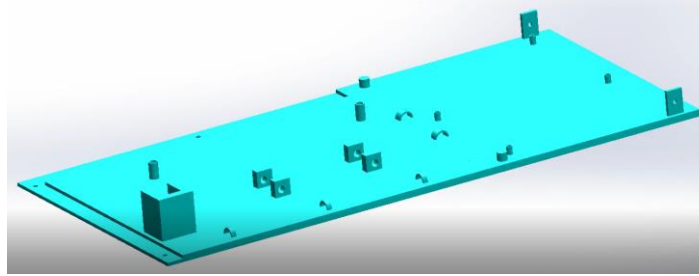


ESPIRÓMETRO

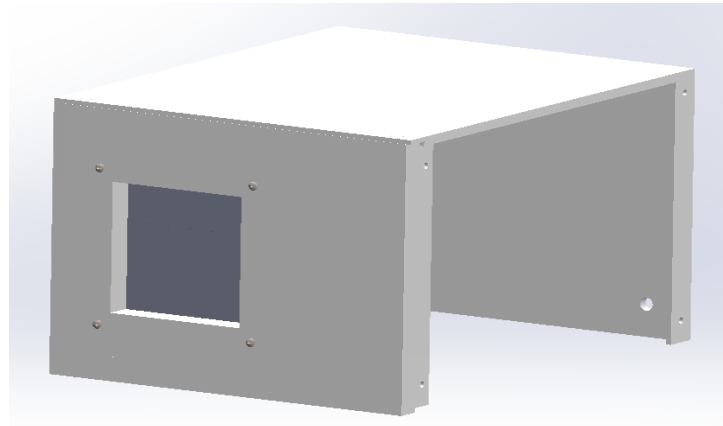
Parte Frontal



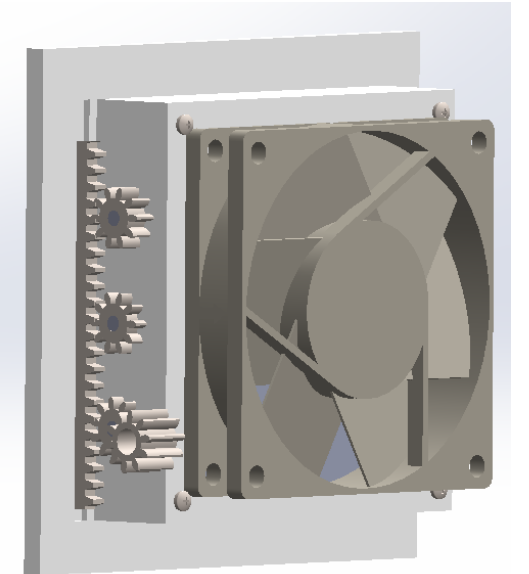
Base



Cubierta Superior
y Posterior

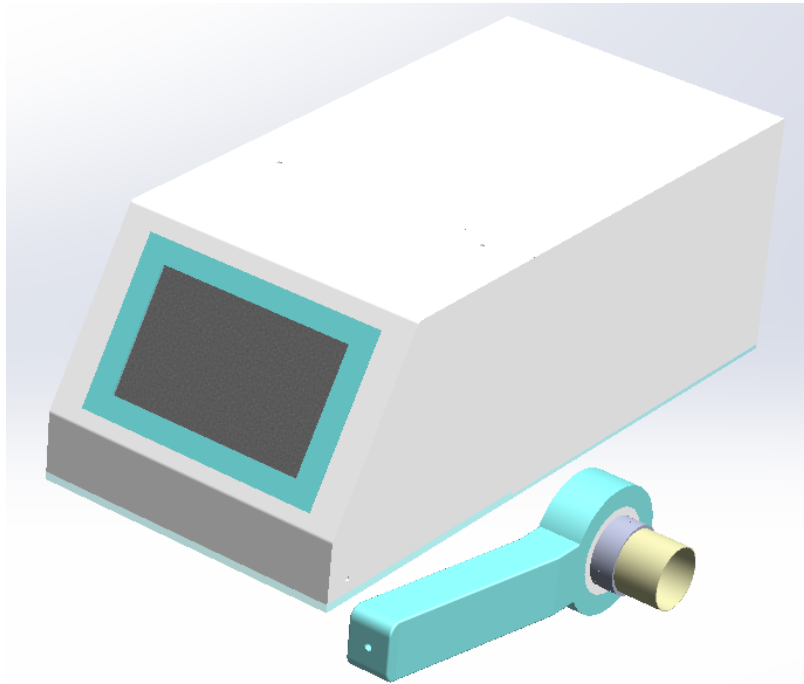


Sistema de
Ventilación



PROTOTIPO FINAL

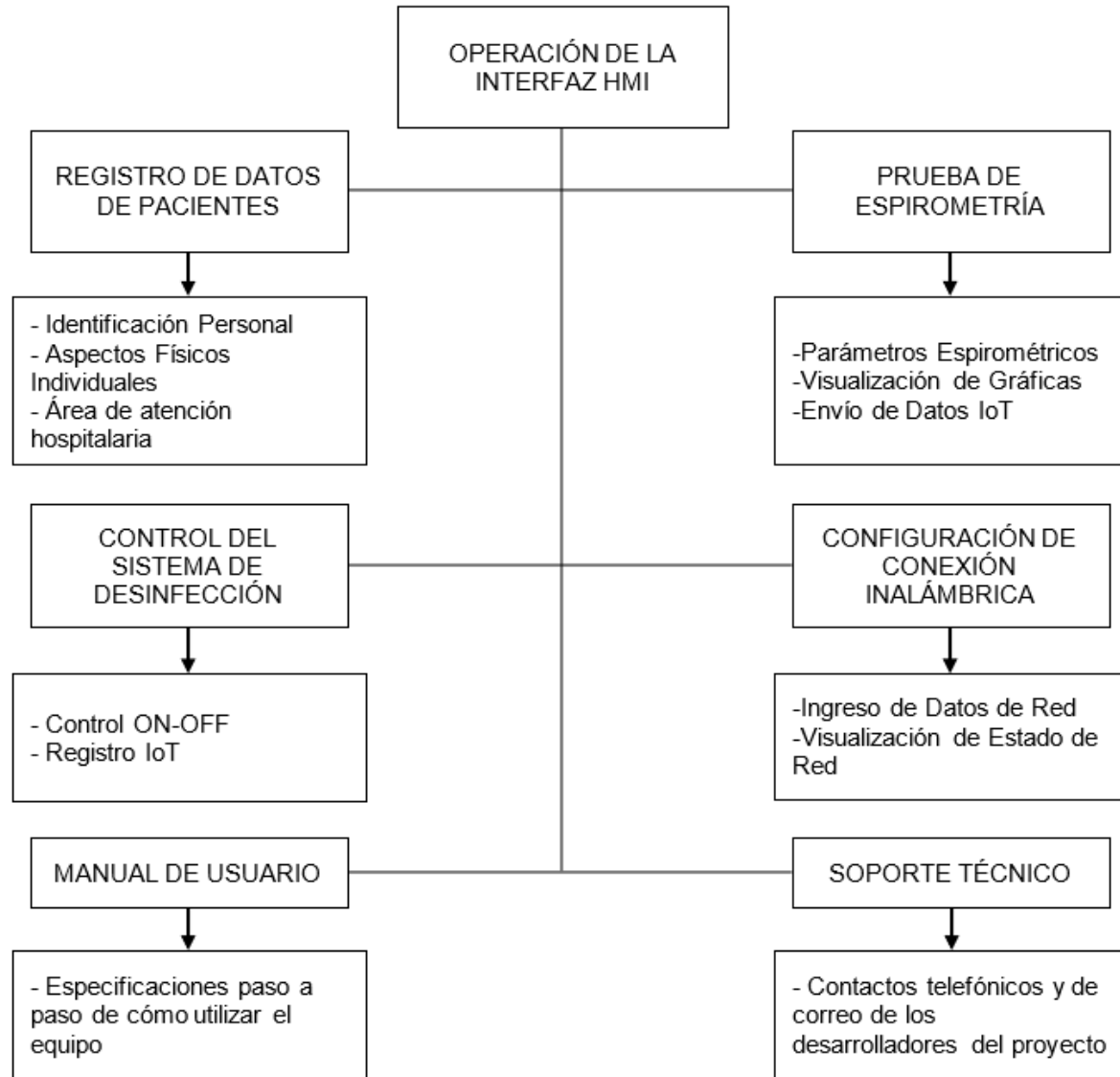
CAD Ensamblaje Final



Prototipo Construido



INTERFAZ HMI



El entorno HMI se diseña en el programa Nextion Editor y toda la lista de sus elementos táctiles son distribuidas acorde al diseño de la interfaz para el usuario.



Página de Inicio

Ingreso de datos del paciente

Espirometría

Desinfección

Ayuda y soporte técnico

ESPE Carrera de Mecatrónica
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

Registro de Datos

REGISTRO DE DATOS

Nombre :

Apellido :

Edad :

Cédula :

Talla : cm Peso : Kg

Correo :

Teléfono :

N° Historial Clínico :

ESPECIALIDAD
 Consulta Externa Medicina Interna

GÉNERO
 Masculino Femenino

HOME ENVIAR LIMPIAR

Prueba de Espirometría

DATOS DEL PACIENTE

Nombre :

Apellido :

Edad : años

Cédula :

Talla : cm

Peso : Kg

Género :

Especialidad :

Correo :

Teléfono :

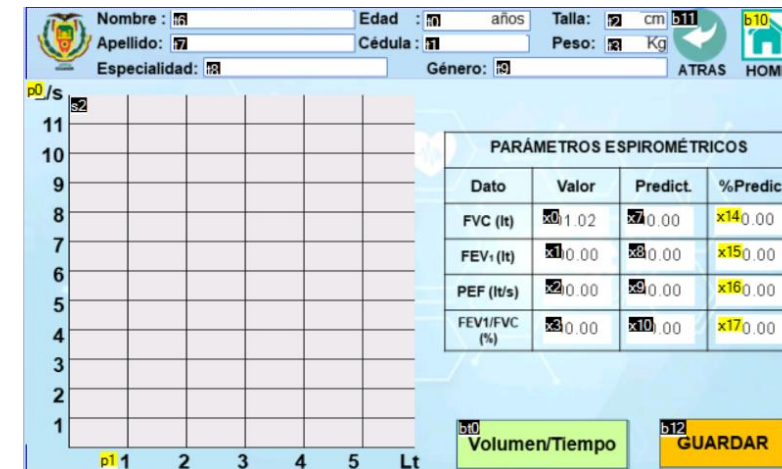
N° Historial Clínico :

INICIAR PRUEBA

REINICIAR

VER RESULTADOS

Página de Resultados



LIBRERÍAS ARDUINO

La librería oficial para Arduino es “Nextion.h”, misma que incluye un comando específico para cada elemento que se emplea dentro de la interfaz tales como:

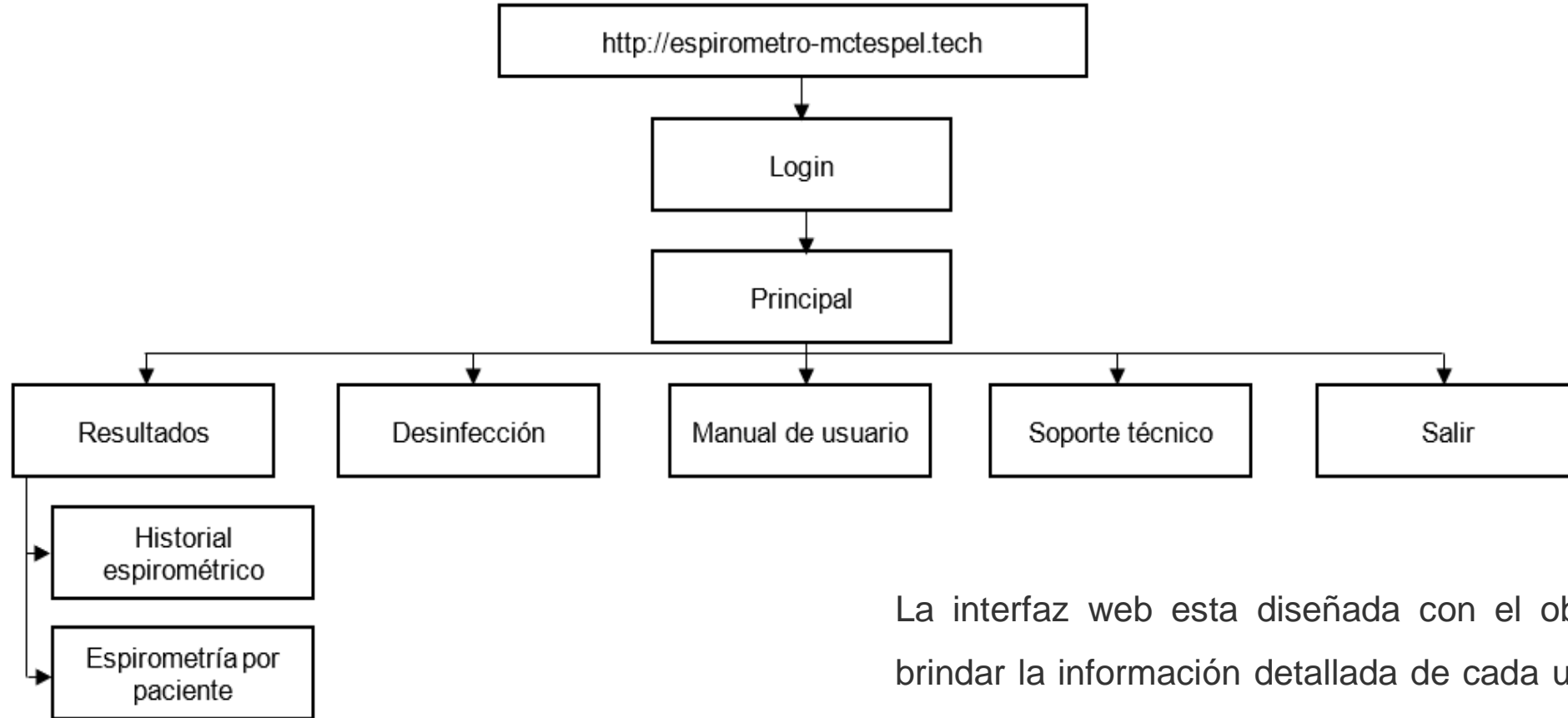
- NexButton: Botón de simple retorno
- NexText: Casilla de datos tipo string.
- NexNumber: Casilla de valores tipo entero o flotante
- NexTouch: Panel de lectura de elementos táctiles
- Nexinit: Inicialización de interfaz programada
- Nexloop: Bucle de identificación de elementos de estado variable.

```
#include "Nextion.h"
```

```
// _____ PANTALLA NEXTION _____  
//---Datos del paciente  
NexText t6 = NexText (4,22,"t6"); //Nombre  
NexText t7 = NexText (4,32,"t7"); //Apellido  
NexText t8 = NexText (4,36,"t8"); //Especialidad  
NexText t9 = NexText (4,37,"t9"); //Género  
NexText t0 = NexText (4,31,"t0"); //Edad  
NexText t1 = NexText (4,32,"t1"); //Cédula  
NexText t2 = NexText (4,33,"t2"); //Talla  
NexText t3 = NexText (4,34,"t3"); //Peso  
NexVariable correo1 = NexVariable(4,21,"correo");  
NexVariable telef = NexVariable(4,29,"telef"); //  
NexVariable histo = NexVariable(4,30,"hist"); //  
//
```



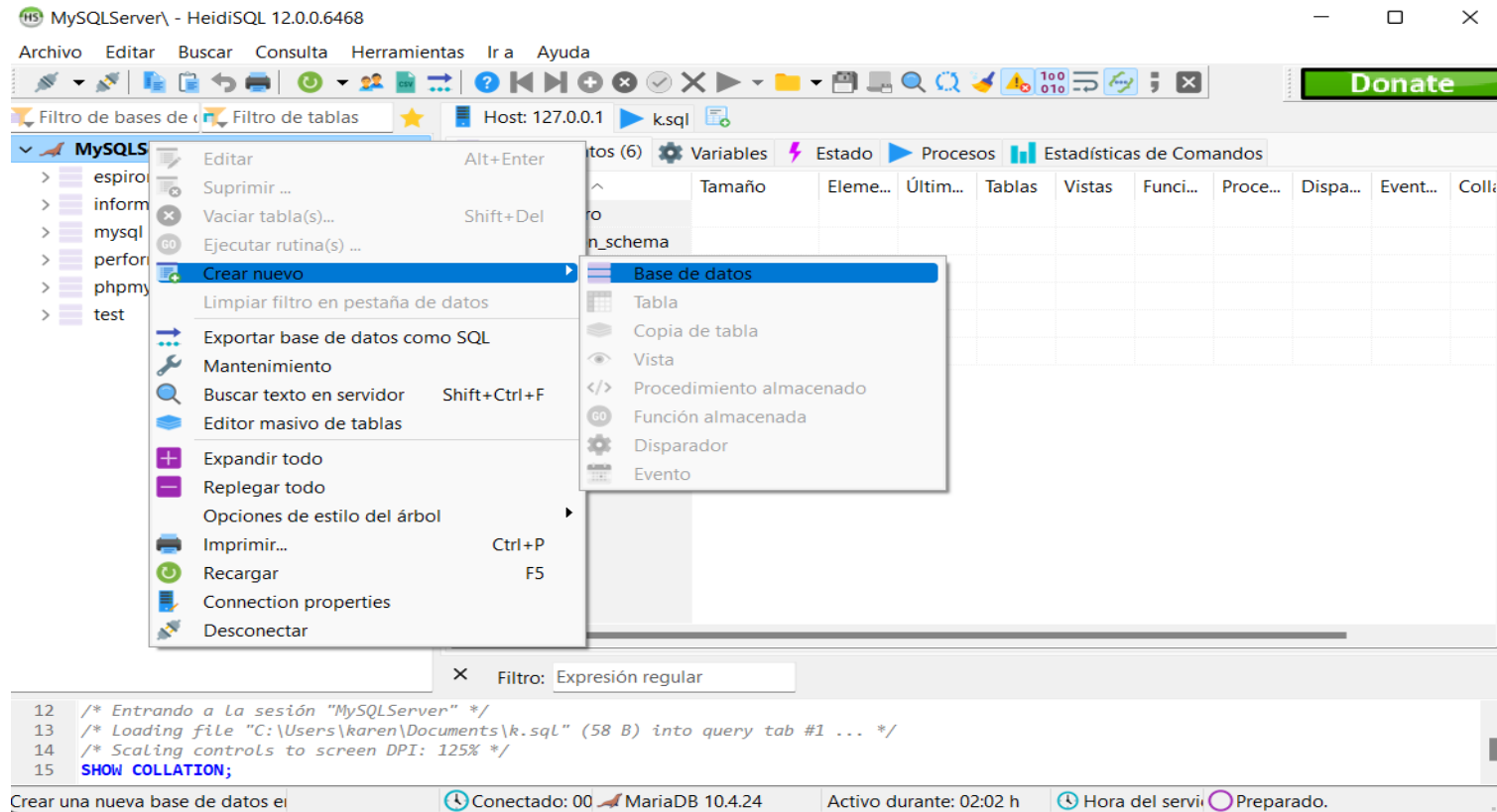
INTERFAZ WEB



La interfaz web esta diseñada con el objetivo de brindar la información detallada de cada una de las pruebas de espirometría realizadas.



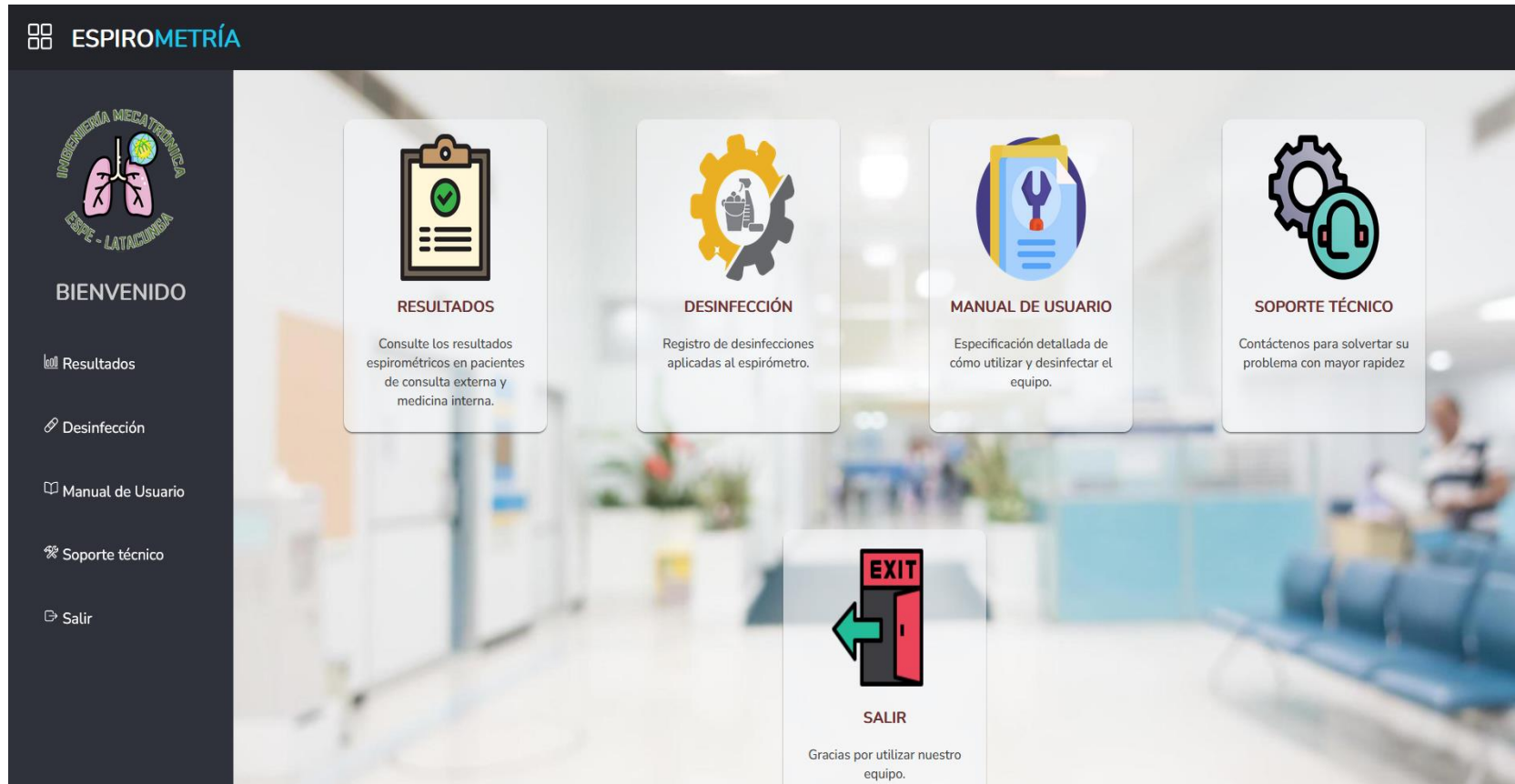
Base de Datos



El software Heidi SQL facilita la creación e interacción de la base de datos con phpMyAdmin.



Ventana Principal Página Web



Se observa un menú de navegación tanto a la izquierda en forma de slide-bar como en el centro de la página en forma de tarjetas.



AGENDA

- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video



RESULTADOS

Datos Obtenidos

N°Paciente	FVC (Lt)			FEV1 (Lt/s)			PEF(Lt)			FEV1/FVC (%)		
	P	C	%E	P	C	%E	P	C	%E	P	C	%E
1	4.08	4.22	3.32	3.28	3.2	2.5	7.32	7.01	4.42	73.9	76.7	3.65
2	4.59	4.6	0.22	4.07	3.89	4.63	9.01	8.58	5.01	81.11	84.71	4.25
3	3.54	3.41	3.81	3.02	2.9	4.14	6.18	6.1	1.31	86.38	85.31	1.25
4	3.05	2.93	4.10	2.48	2.39	3.77	5.46	5.43	0.55	82.86	81.61	1.53
5	2.97	2.86	3.85	2.68	2.56	4.69	5.24	5.05	3.76	85.73	89.51	4.22

N°Paciente	FVC (Lt)			FEV1 (Lt/s)			PEF(Lt)			FEV1/FVC (%)		
	P	C	%E	P	C	%E	P	C	%E	P	C	%E
6	2.91	2.82	3.19	2.30	2.24	2.68	5.28	5.31	0.56	78.86	79.87	1.26
7	3.41	3.26	4.60	2.78	2.67	4.12	5.82	5.8	0.34	83.60	82.22	1.68
8	4.15	4.17	0.48	3.63	3.48	4.31	8.22	7.86	4.58	78.63	80.23	2.10
9	4.04	3.89	3.86	3.1	3.01	3.32	7.16	7.53	4.91	73.82	77.49	4.74
10	3.62	3.45	4.93	3.06	2.92	4.79	6.19	6.11	1.31	85.95	84.98	1.14

Número de Ensayos: 10

Parámetros Medidos por Ensayo: 4

Porcentaje de Error Admisible: 5%



Validación de Hipótesis

Cálculo de la Desviación Estándar

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
3.32	0.09	0.0081
0.22	-3.01	9.0601
3.81	0.58	0.3364
4.10	0.87	0.7569
3.85	0.62	0.3844
3.19	-0.04	0.0016
4.60	1.37	1.8769
0.48	-2.75	7.5625
3.86	0.63	0.3969
4.93	1.70	2.89

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{23.2738}{9}$$

$$s^2 = 2.59$$

$$s = \sqrt{2.59}$$

$$s = 1.61$$



Grados de Libertad

Nivel de Confianza

$$GL = n - 1$$

$$\alpha = 0.05$$

$$GL = 10 - 1$$

$$GL = 9$$

Valor Crítico

$$t_{vc} = 2.26$$

Tabla de valores críticos de la distribución t de Student

	Niveles de Significancia DOS COLA									
	0.500	0.250	0.200	0.100	0.050	0.025	0.020	0.010	0.005	
1	1.00	2.41	3.08	6.31	12.71	25.45	31.82	63.66	127.32	
2	0.82	1.60	1.89	2.92	4.30	6.21	6.96	9.92	14.09	
3	0.76	1.42	1.64	2.35	3.18	4.18	4.54	5.84	7.45	
4	0.74	1.34	1.53	2.13	2.78	3.50	3.75	4.60	5.60	
5	0.73	1.30	1.48	2.02	2.57	3.16	3.36	4.03	4.77	
6	0.72	1.27	1.44	1.94	2.45	2.97	3.14	3.71	4.32	
7	0.71	1.25	1.41	1.89	2.36	2.84	3.00	3.50	4.03	
8	0.71	1.24	1.40	1.86	2.31	2.75	2.90	3.36	3.83	
9	0.70	1.23	1.38	1.83	2.26	2.69	2.82	3.25	3.69	
10	0.70	1.22	1.37	1.81	2.23	2.63	2.76	3.17	3.58	
11	0.70	1.21	1.36	1.80	2.20	2.59	2.72	3.11	3.50	
12	0.70	1.21	1.36	1.78	2.18	2.56	2.68	3.05	3.43	
13	0.69	1.20	1.35	1.77	2.16	2.53	2.65	3.01	3.37	



Cálculo de la prueba t-student

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$s_{\bar{x}} = \frac{1.61}{\sqrt{9}}$$

$$s_{\bar{x}} = 0.54$$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s_{\bar{x}}}$$

$$t = \frac{3.23 - 5}{0.54}$$

$$t = 3.27$$

$$t > t_{vc}, \text{ Rechaza } H_0$$

$$t < t_{vc}, \text{ Acepta } H_0$$

$$t > t_{vc}$$

$$3.27 > 2.26$$

Se acepta la hipótesis alternativa ya que el valor de t que se calculó es mayor a la t_{vc} crítica por lo tanto se rechaza la hipótesis nula. Una vez analizado los datos y la información obtenida de todos los ensayos realizados, se puede afirmar que el prototipo de espirómetro digital puede ser empleado para realizar una impresión diagnóstica de la función pulmonar de un paciente.



AGENDA

- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video



CONCLUSIONES

Se implemento de manera exitosa un prototipo de espirómetro digital con sistema semiautomático de desinfección e interfaz de usuario y monitoreo remoto mediante loMT para evaluar la función pulmonar en paciente dentro del área de medicina interna y consulta externa del hospital andino de la ciudad de Riobamba.

Considerando la información obtenida por medio de la investigación bibliográfica se puede desarrollar distintos tipos de espirómetros con mayores grados de exactitud y que no requieran ningún sistema de calibración o comparación para asegurar una correcta obtención de datos.

Es importante entender los procedimientos fisiológicos que suceden durante la inhalación y exhalación pulmonar para comprender a que hace referencia cada uno de los parámetros espirométricos y que procedimiento es necesario realizar para su correcta obtención a través de instrumentos electrónicos.



Al diseñar un sistema de descontaminación es fundamental estudiar el efecto directo sobre la salud de los seres vivos que tienen todas aquellas sustancias que funcionen como agentes descontaminantes pues muchos de ellos pueden ser no aptos para el uso prolongado dentro de dispositivos médicos o sus efectos en área pueden ser nocivos tanto para las personas como para ciertos tipos de instrumentación.

El uso de un dominio web y un servicio de host para hospedar páginas web es de mucha ayuda para proyectos que necesiten IOT, debido a que el control y monitoreo de algún equipo se lo puede realizar por medio de cualquier dispositivo móvil con acceso a internet, por lo cual no es necesario tener encendida alguna computadora en específico como host, ya que el alojamiento web cuenta con sus propios servidores.



AGENDA

- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video



RECOMENDACIONES

Para escoger el tipo de neumotacógrafo que se desea diseñar es necesario considerar aquellas variables que estos emplean para poder interpretar una señal biológica como señal eléctrica y de esa manera poder escoger la instrumentación apropiada para su debida implementación.

Para la implementación de componentes electrónicos en diseño de PCB se aconseja revisar apropiadamente la distribución de los componentes con el fin de otorgar compactibilidad, eficiencia y reducción de costes a la hora de su construcción.

Es recomendable antes de modelar piezas en un software CAD tener conocimiento de las limitaciones que los fabricantes pueden ofrecer, esto con el fin de evitar problemas como sobredimensionamiento de piezas, material no apto para procesos de mecanizado, impresión de material excedente, entre otras.



RECOMENDACIONES

Para la creación de paginas web se recomienda realizar una web responsive, esto con el fin de que se pueda adaptar a cualquier dispositivo, ya sea computadora, Tablet o celular.

Se aconseja dar una pequeña capacitación al personal médico que manipulará el dispositivo con el fin de garantizar su correcto uso y detallar sus limitaciones para evitar daños al mismo.

Se recomienda adquirir un hosting o alojamiento web de paga debido a que ofrece mejores servicios que los gratuitos, además son más seguros en cuanto a conectividad de servidores, ya que la probabilidad una caída es casi nula.



AGENDA

- Introducción
- Desarrollo e Implementación
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Video





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS

