

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR PARA CIBERTERAPIA ENFOCADO EN LA SUPERVISIÓN DE SIGNOS VITALES, SEÑALES DE ELECTROENCEFALOGRAMA, Y RESPUESTAS BIOMECÁNICAS DE MIEMBROS INFERIORES PARA TRATAMIENTO DEL TRASTORNO OBSESIVO COMPULSIVO EN EL HOSPITAL DEL DIA NEURO-SALUD.”

**AUTORES: CAJAS CALVOPIÑA EDUARDO RUBÉN
DEL SALTO AGUAGALLO DANIELA SOFÍA**

DIRECTOR: ING. HERNÁN VINICIO LARA PADILLA PhD

17-10- 2022





CONTENIDO

- Introducción
- Investigación previa
- Metodología
- Diseño y Construcción
- Pruebas y Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones y



Introducción - Antecedentes

Introducción

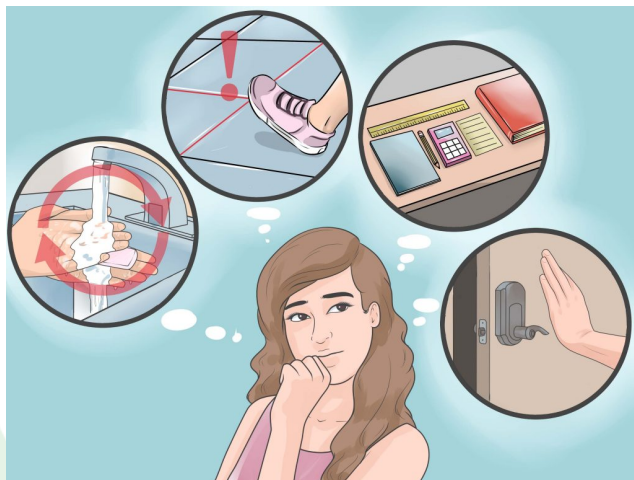
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Tomado de <https://doctormoleon.com/trastorno-obsesivo-compulsivo/>



Tomado de <http://www.familianova-schola.cat/es/espanol-trastorn-obsessi-compulsiu/>

**TRASTORNO OBSESIVO COMPULSIVO
TOC**

Hospital NeuroSalud - Psiquiatría



Introducción - Justificación e Importancia

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Pandemia
COVID19

Síntomas del TOC empeoraron
(CLÍNE BARCELONA, 2020).

Surge la necesidad de ciber terapias

Para junio de 2021 el Hospital NeuroSalud
cuenta con 2 ambientes separados para las
consultas presenciales y la oferta de terapias
virtuales se ha mantenido



Introducción - Objetivos

GENERAL

- Diseñar y construir un simulador para ciberterapia enfocado en la supervisión de signos vitales, señales de electroencefalograma y respuestas biomecánicas de miembros inferiores para tratamiento del Trastorno Obsesivo Compulsivo en el Hospital del día Neuro-Salud

ESPECÍFICOS

- Recopilar información acerca de los síntomas, tipos de tratamientos y especificaciones acerca de sistemas biomédicos desarrollados para el trastorno obsesivo compulsivo
- Seleccionar y calibrar sensores para adquisición y acondicionamiento para el tratamiento de señales en terapias TOC
- Desarrollar 5 escenarios virtuales específicos mediante realidad aumentada orientados al tratamiento de TOC
- Diseñar un sistema que estudie el comportamiento de respuestas biomecánicas en el miembro inferior durante la aplicación del tratamiento TOC
- Diseñar una interfaz para administrar los datos obtenidos por el dispositivo en la nube, de forma gratuita y aplicar técnicas de Data Analytics para obtener tendencias en el tiempo
- Realizar pruebas de validación cualitativas (evaluación psiquiátrica) y cuantitativas (Bioestadística) del simulador desarrollado, en colaboración con los especialistas del hospital

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Investigación previa

COVID19: Pandemia mundial

- Alto Riesgo de contagio
- Virus de transmisión aérea

Sistemas de supervisión para la Salud

- Responde a dos preguntas
- Información clara y simplificada

Medidas de bioSeguridad

- Distanciamiento social
- Lavado de manos y uso de gel
- Uso de mascarillas

Trastorno Obsesivo Compulsivo

- Síntomas - SPI
- Impacto social y calidad de vida de pacientes TOC

Ciberterapia

- Interacción mediada
- Trastornos como ansiedad depresión, adicciones



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Investigación previa

Síndrome de pierna inquieta SPI

- Movimiento incontrolable
- Diseño mecánico y acondicionamiento

Respuesta Biomecánica

- Medible cualitativamente y cuantitativamente

Signos vitales

- Valores cuantitativos
- Cambios dependiendo de factores

Señales EEG

- Señales obtenidas del encéfalo
- Cambios eléctricos asociados a patologías

Internet de las cosas IoT

- Red integral y abierta de elementos inteligentes
- Infraestructura común



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Investigación previa

Realidad aumentada

- Elementos creados virtualmente
- Interacción realidad con virtualidad

Análisis de un sistema de medición MSA

- Estudio del funcionamiento de dispositivos
- Gage R&R para medir datos cuantitativos y continuos
- Exactitud y precisión

Hospital NeuroSalud

- Institución privada que brinda servicios médicos en varias especialidades



Introducción

Investigación
previa

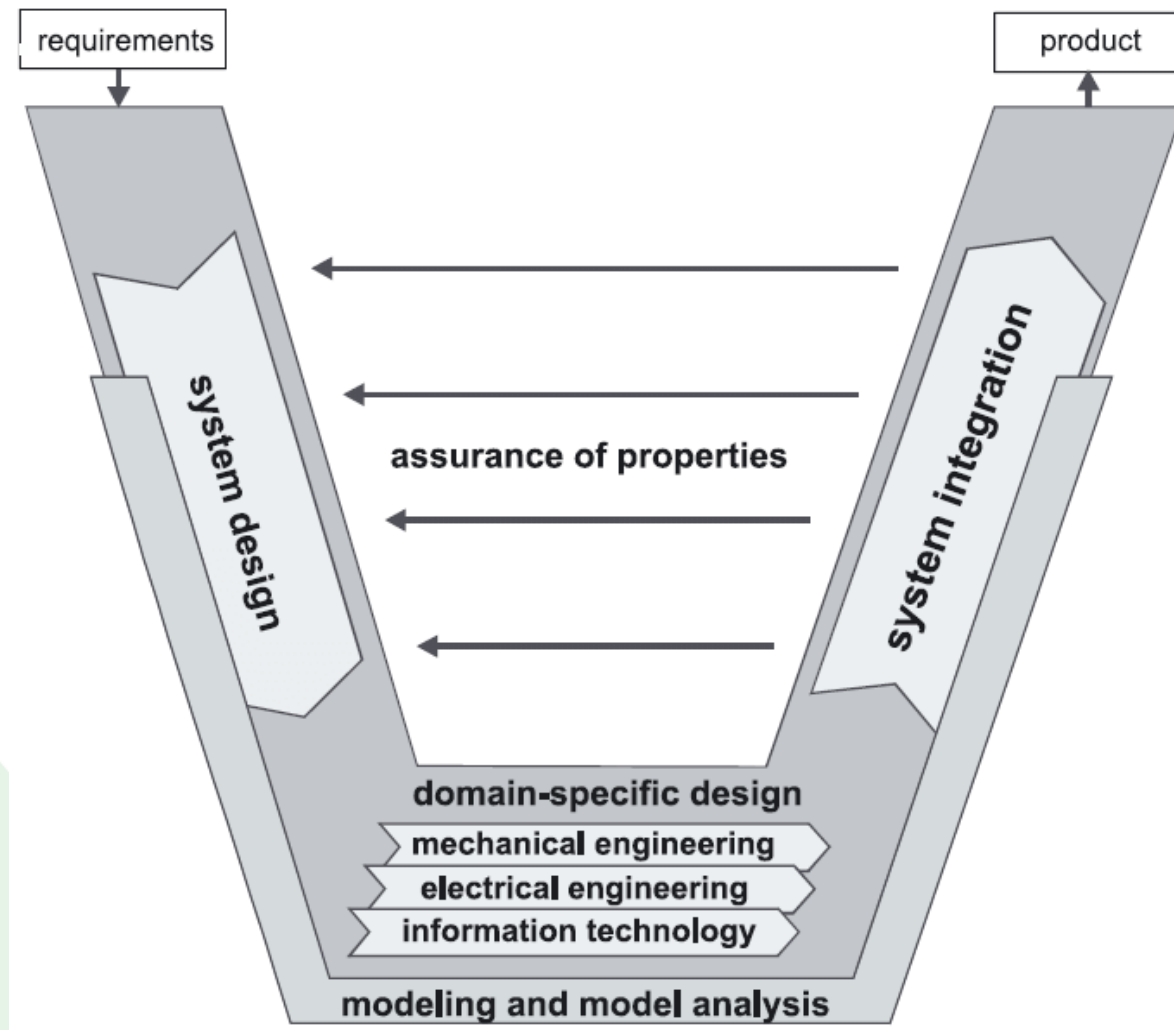
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Metodología

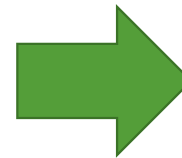




Metodología - Ingeniería de Requisitos

Requerimientos y parámetros de diseño

Nº	Requerimiento
1.	De apariencia agradable
2.	Fácil mantenimiento
3.	Posibilidad de transportarlo
4.	Que se pueda apreciar los signos vitales y demás señales en el momento
5.	Mando a distancia
6.	Menor uso de cables
7.	Poder visualizar los datos en el computador
8.	Bajo consumo energético
9.	Bajo costo de inversión y mantenimiento
10.	Fácil de usar



Nº	Característica Técnica
1.	Usar equipos estéticamente agradables
2.	Diseño del sistema con elementos disponibles en el mercado nacional
3.	Realizar un diseño modular
4.	Usar un broker con la posibilidad de transmitir datos con un periodo de latencia bajo, cercano a cero.
5.	Control a distancia de los escenarios
6.	Usar módulos Wi-fi, Bluetooth entre otros inalámbricos
7.	Diseñar una aplicación de escritorio para la visualización de datos
8.	Realizar el diseño con elementos de bajo consumo energético
9.	Usar elementos de bajo costo sin descuidar su desempeño
10.	Diseño de interfaces amigables e intuitivas con el usuario

Antecedentes y Justificación

Investigación
Investigación
previa

Metodología
Metodología

Diseño y
instalación
construcción

Pruebas y
Resultados
Resultados

Conclusiones
Conclusiones y
Recomendaciones

Recomendaciones



Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

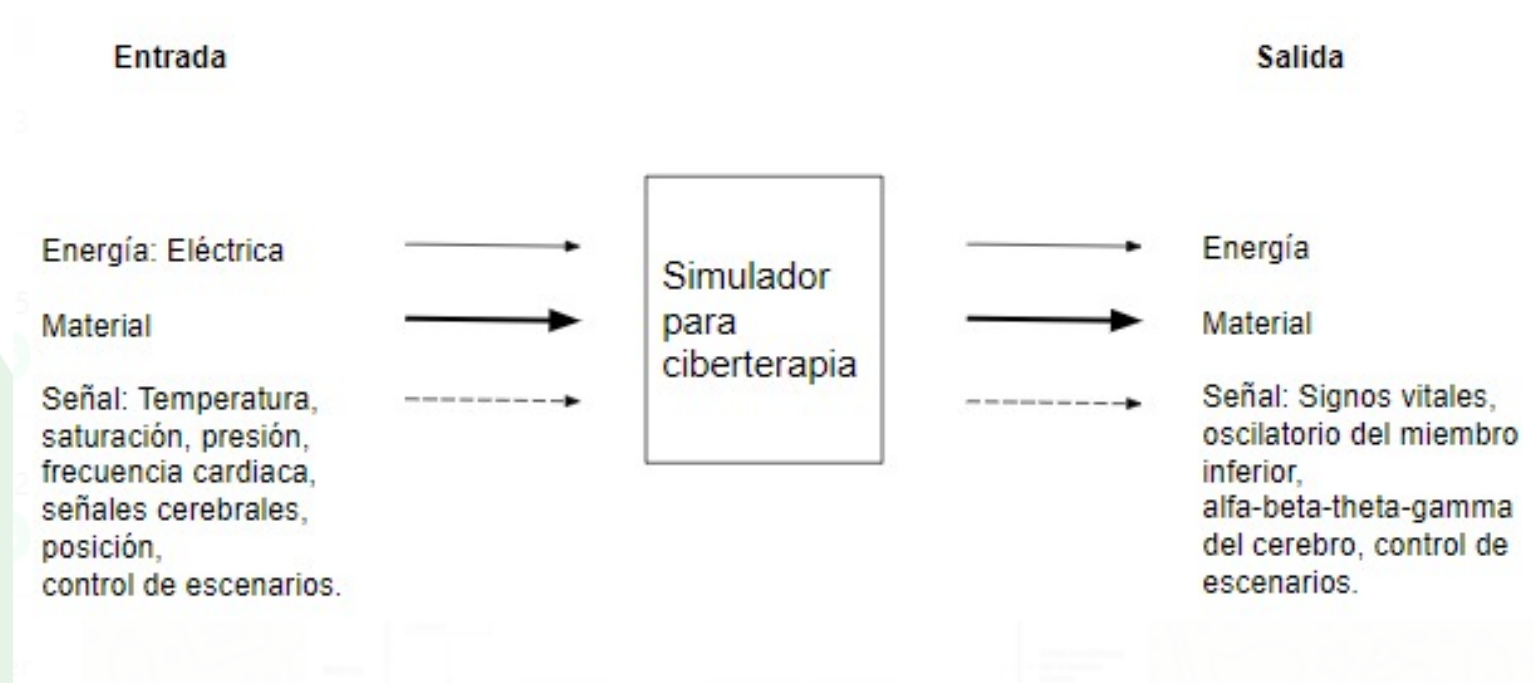
Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Recomendaciones

Metodología - Especificación

NIVEL 0





Diseño del sistema

Introducción

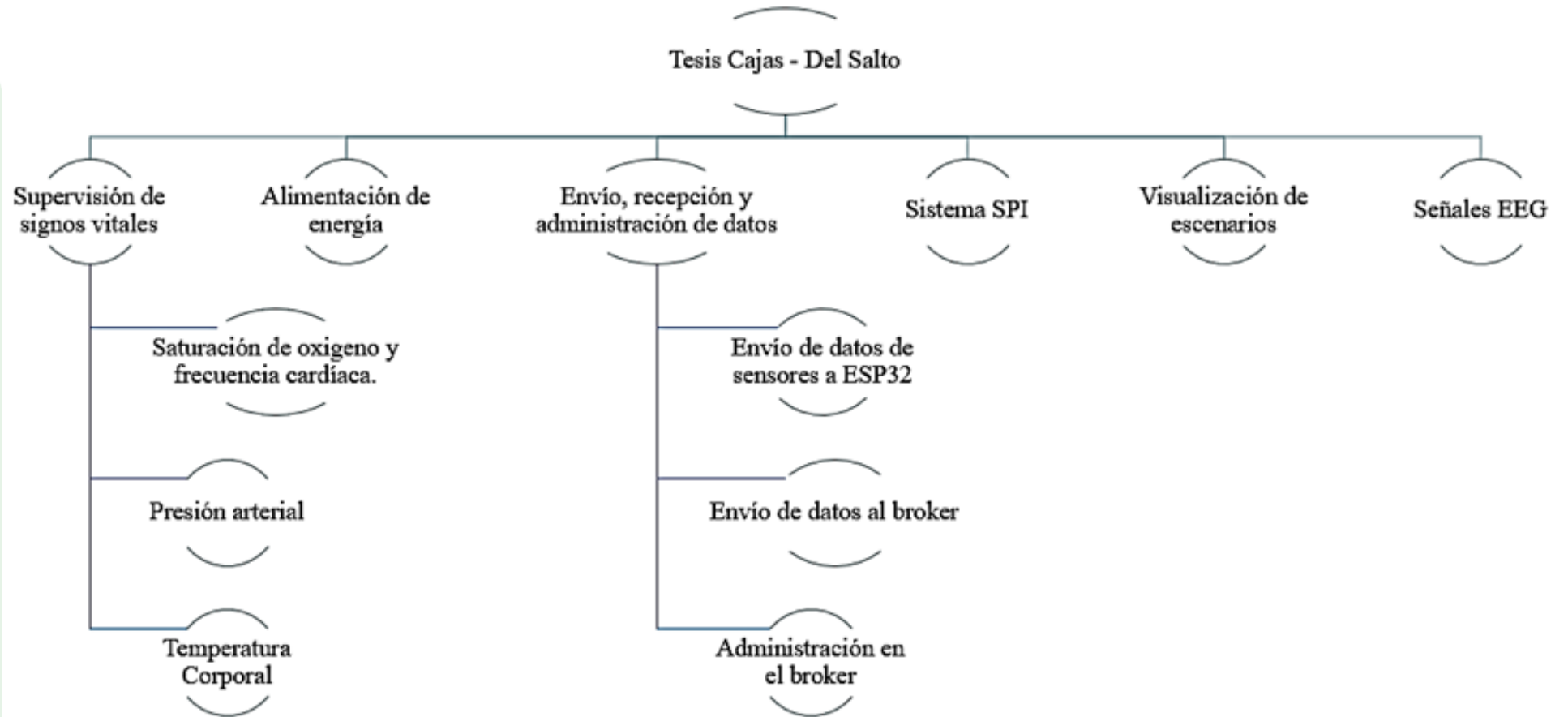
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

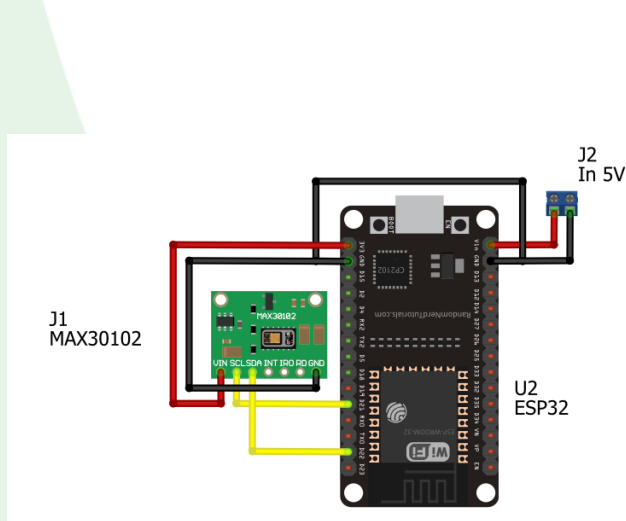
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

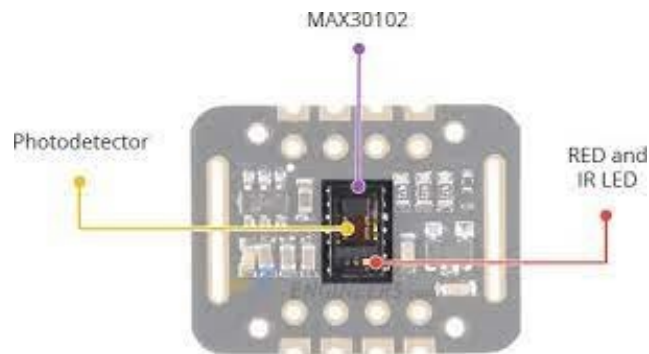
Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de medición de saturación y pulso cardiaco



Simplificación de
comunicación con
ESP32



Emisión de luz roja e
infrarroja

Sensor MAX30102

Característica Técnica	Valor
Voltaje de alimentación	1.8V-3.3V
Corriente de apagado	0.7uA
Tipo de interfaz	I2C
Resolución ADC	14 bits
Corriente del Led infrarrojo	50mA
Rango de temperatura de trabajo	-40 a 85°C



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

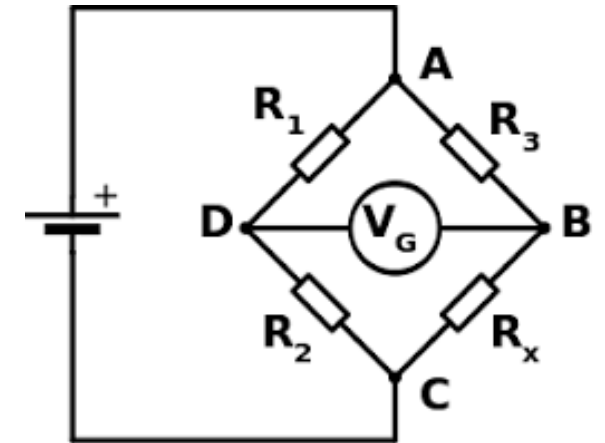
Módulo de medición de temperatura corporal

Detección de sutiles cambios de temperatura

Material debe ser compatible con la piel del ser humano

Posibilidad de desinfección

Variaciones según el largo del cable





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de medición de temperatura corporal

1. Resistencia de equilibrio del
Puente de Wheatstone

$$R_x = R_{T1} * \frac{R_3}{R_1}$$

$$R_x = 7k\Omega * \frac{6.8k\Omega}{4.7k\Omega} = 10.12k\Omega \approx 10k\Omega$$

2. Resistencia desconocida del
termistor

$$R_t = R_0 e^{B * \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

$$R_t = 7000 * e^{3977 * \left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298}\right)}$$

$$R_t = 2491 \Omega$$

3. Voltaje de salida del puente

$$V_a = V_s * \frac{R_t}{R_t + R_1}$$

$$V_a = 5 * \frac{4700}{4700 + 10000} = 2.07 V$$

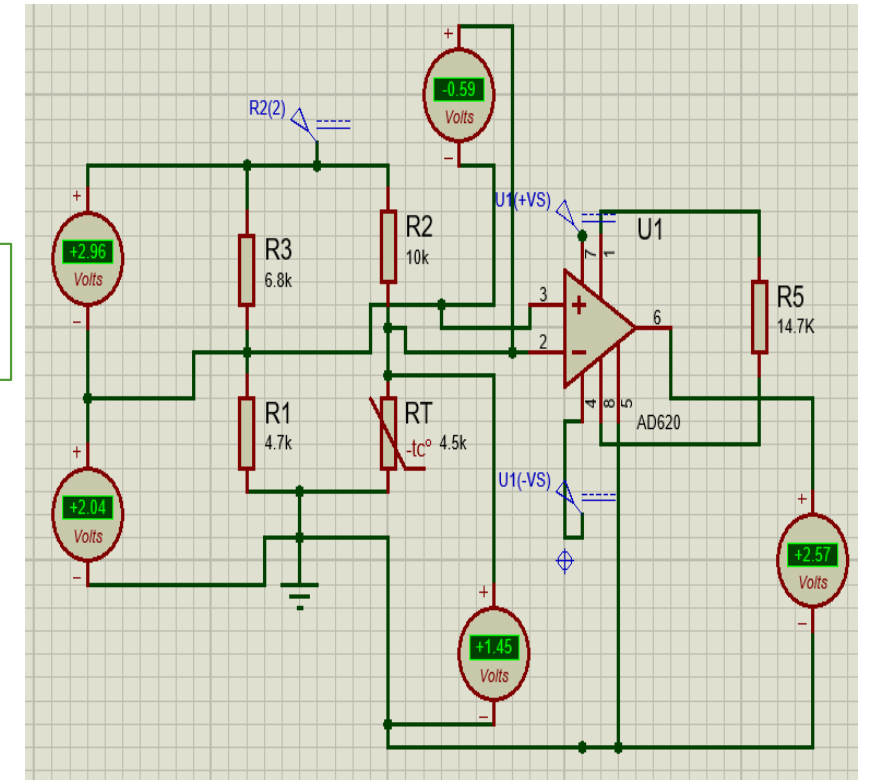
4. Resistencia de ganancia de
OP AMP

$$G = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}}$$

$$G = \frac{5 - 0}{2.07 - 0.93} = 4.46$$

$$R_g = \frac{49400}{4.46 - 1}$$

$$R_g = 14277.46 \approx 14.7 k\Omega$$





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

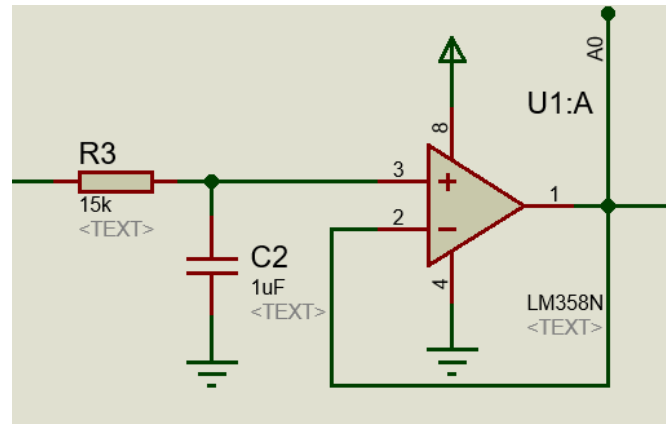
Módulo de medición de presión arterial



Método
oscilométrico

1. Diseño de filtro
pasa bajos con buffer

$$R_1 = \frac{1}{2\pi * C * f_c} = \frac{1}{2\pi * 1\mu F * 10} = 15k\Omega$$

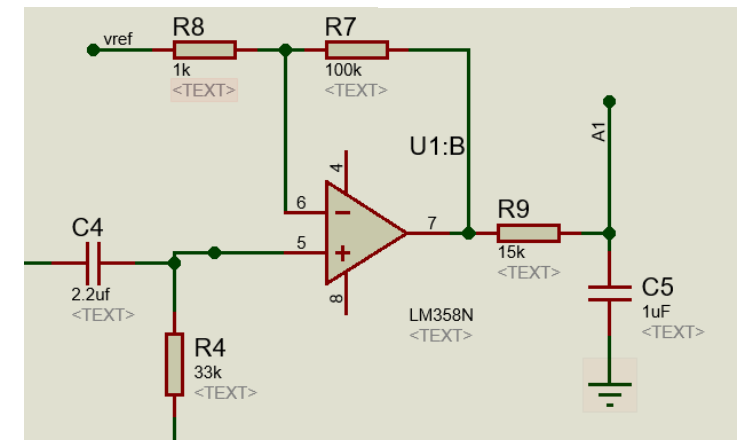


2. Diseño de filtro
pasa banda activo

$$R_2 = \frac{1}{2\pi * C_2 * f_c} = \frac{1}{2\pi * 2.2\mu F * 2.2} = 33k\Omega$$

$$A = 1 + \frac{R_7}{R_8} \quad 100 = \frac{R_7}{1000}$$

$$R_7 = 100k\Omega$$





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de medición de presión arterial

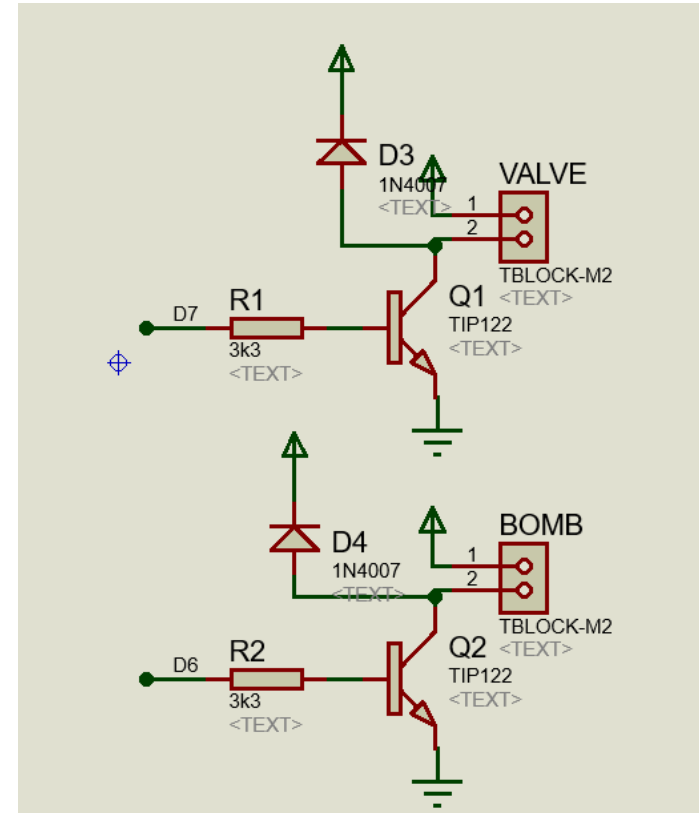
Potencia de inflado de bomba

Flujo de descarga e ire de la valvula

Resistencia de mangueras

Diámetro de la toma de aire de la
bomba, valvula y mangueras

Presión de aire máxima del Sistema



Válvula
solenoid

Característica Técnica	Valor
Potencia de la bomba	3W
Voltaje de alimentación de válvula	5V



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de Alimentación del subsistema de signos vitales

Módulo de temperatura

Sensor de Temperatura	
Característica Técnica	Valor
Voltaje	5V
Corriente	73mA
PIC16f887	
Voltaje	2-5.5V
Corriente	220uA a 2.0 V y 4MHz 11uA a 2.0V y 32KHz 50nA en modo espera
Amplificador operacional AD620	
Voltaje de polarización	± 2.3 a $\pm 18V$
Corriente	1.3 mA

Módulo de saturación y pulso cardiaco

Característica Técnica	Valor
Voltaje de alimentación	1.8V-3.3V
Corriente de apagado	0.7uA
Corriente del Led infrarrojo	50mA

Módulo de presión arterial

Sensor de Presión MPX5500	
Característica Técnica	Valor
Voltaje	0.2-4.7V
Corriente	10mA
Bomba	
Voltaje	6V
Potencia	3W
Válvula	
Voltaje de polarización	3V- 5V
Corriente	180Ma-300mA
Arduino nano	
Voltaje	5V
corriente	1A



Introducción

Investigación
previa

Metodología

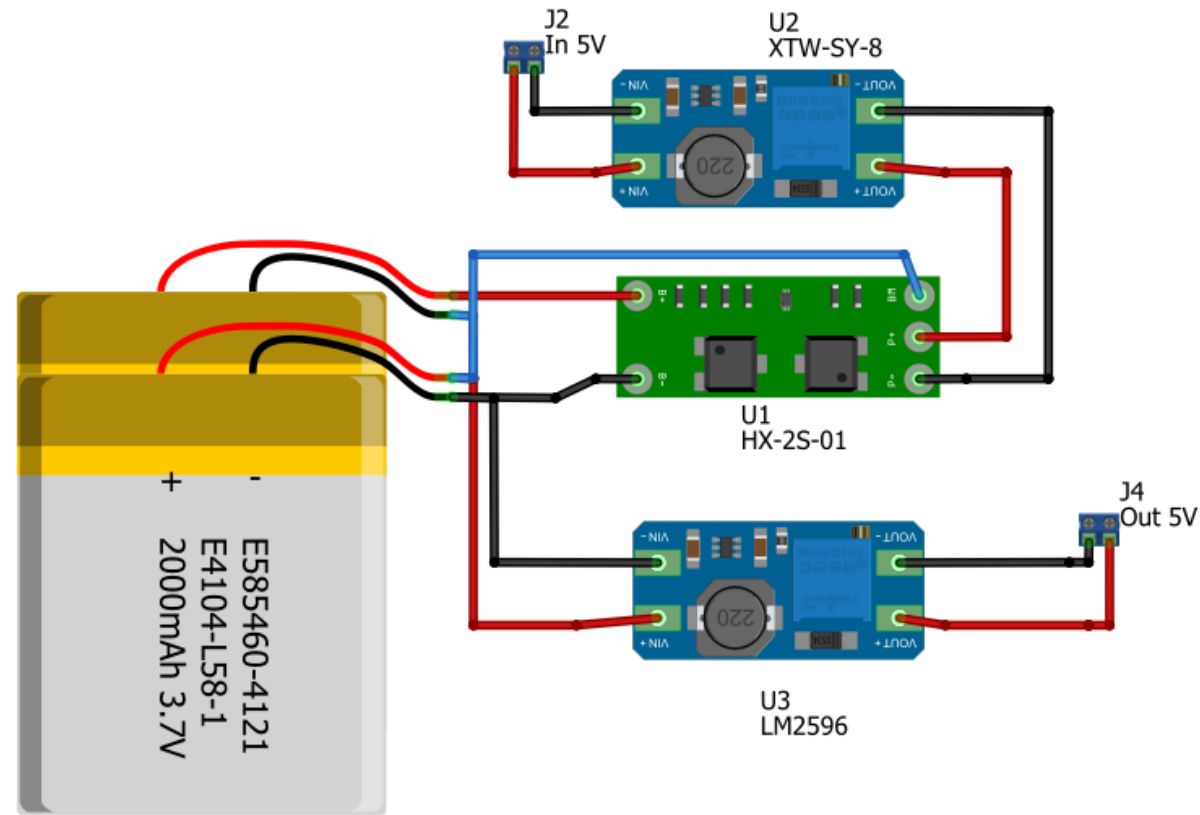
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de alimentación del subsistema de signos vitales





Diseño del sistema

Módulo de señales SPI

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

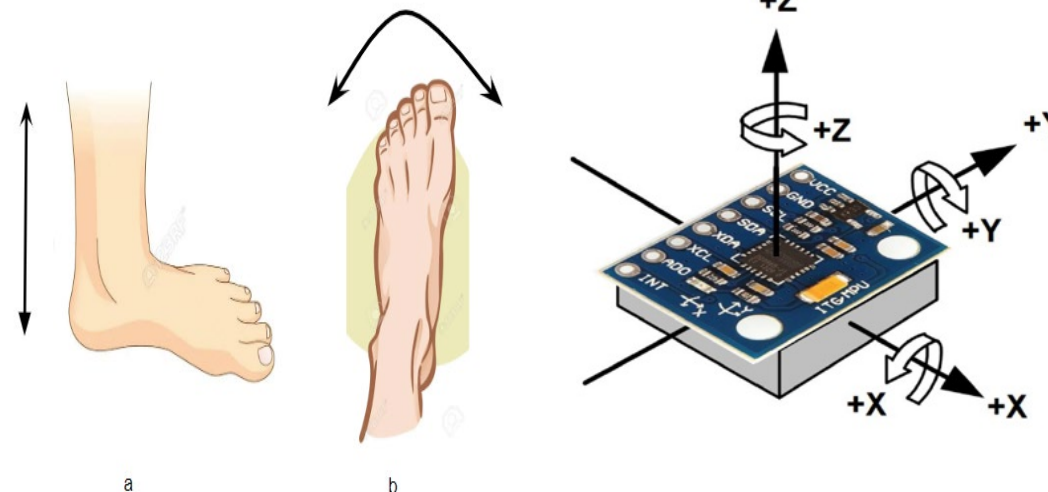
Conclusiones y
Recomendaciones

Medición de posición y frecuencia
de oscilación

Bajo consumo energético

Sensor MPU6050

Cuenta con giroscopio y
acelerómetro



Sensor MPU6050	
Característica Técnica	Valor
Voltaje de alimentación	3.3 - 5V
Corriente	5.8 mA
Módulo ESP32	
Voltaje	5V
Corriente	1A



Introducción

Investigación
previa

Metodología

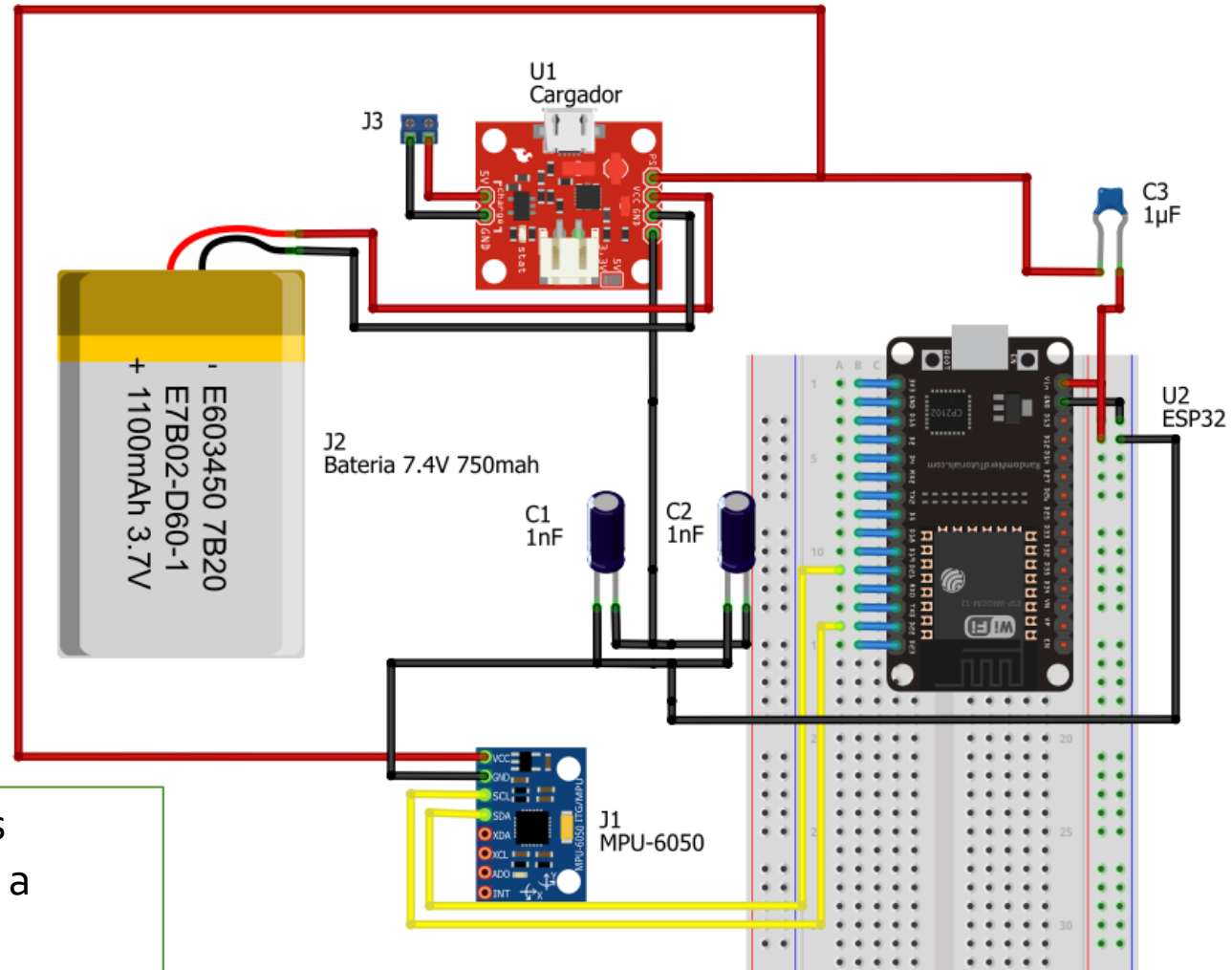
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Módulo de medición de señales SPI



Calibración 2 segundos
después de conectarse a
broker



Diseño del sistema

Módulo de señales EEG

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

N°	Criterios de Selección	Peso	Mindflex de NeuroSky		Diadema Mouse 2		EMOTIV EPOC INSIGN	
			Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
1	De peso ligero	15%	8	1,2	10	1,5	10	1,5
2	Ergonómico	15%	8	1,2	9	1,35	9	1,35
3	Que permita leer las 4 ondas principales alpha, betha, theta, gamma en las zonas cerebrales de interés en TOC	30%	8	2,4	9	2,7	10	3
4	Que sea validada bajo buenos estándares de calidad	40%	7	2,8	9	3,6	10	4
5	Total, Puntos		7,6		9,15		9,85	
6	Lugar		3		2		1	

Número de electrodos



Confiabilidad comprobada para Desarrollo de proyectos a nivel investigativo

Open Source: interfaz de visualización



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Envío, recepción y administración de datos

Temperatura

Saturación
Pulso cardiaco

Presión arterial

Señales SPI

Comunicación
serial UART entre
PIC16F887 y ESP32

Protocolo I2C

Comunicación serial
UART entre NANO y
ESP32

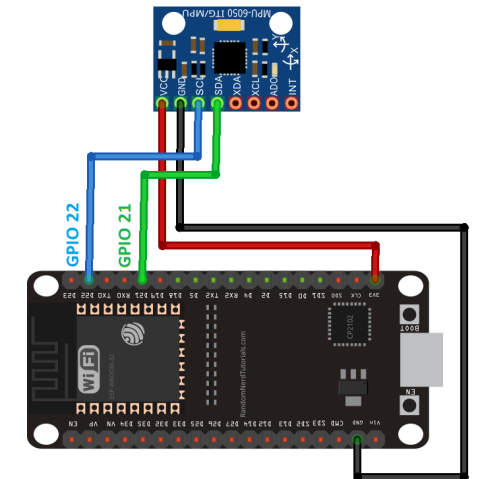
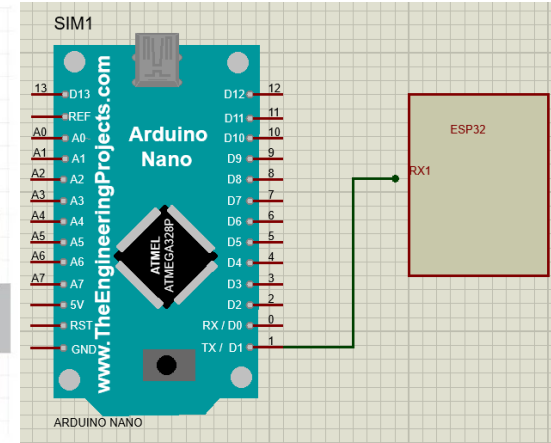
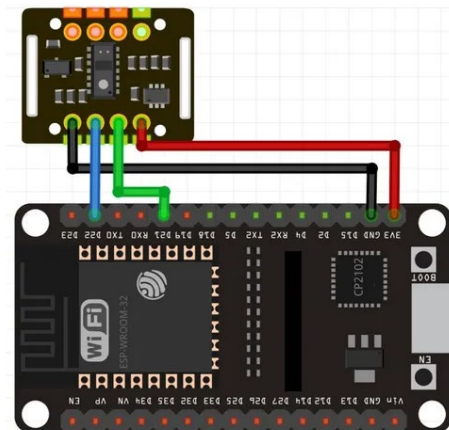
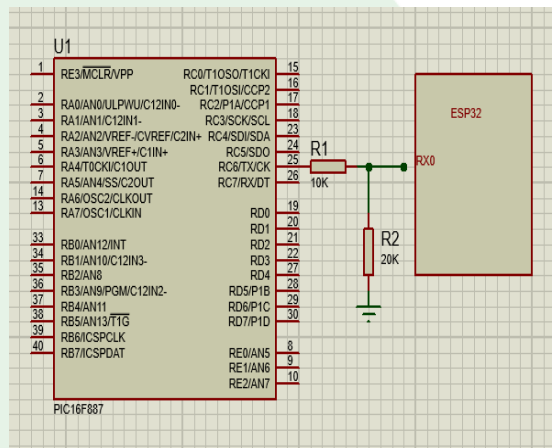
Protocolo I2C

Tx-> Rx

SCL-> SCL
SDA-> SDA

Tx-> Rx

SCL-> SCL
SDA-> SDA





Diseño del sistema

Envío, recepción y administración de datos

Introducción

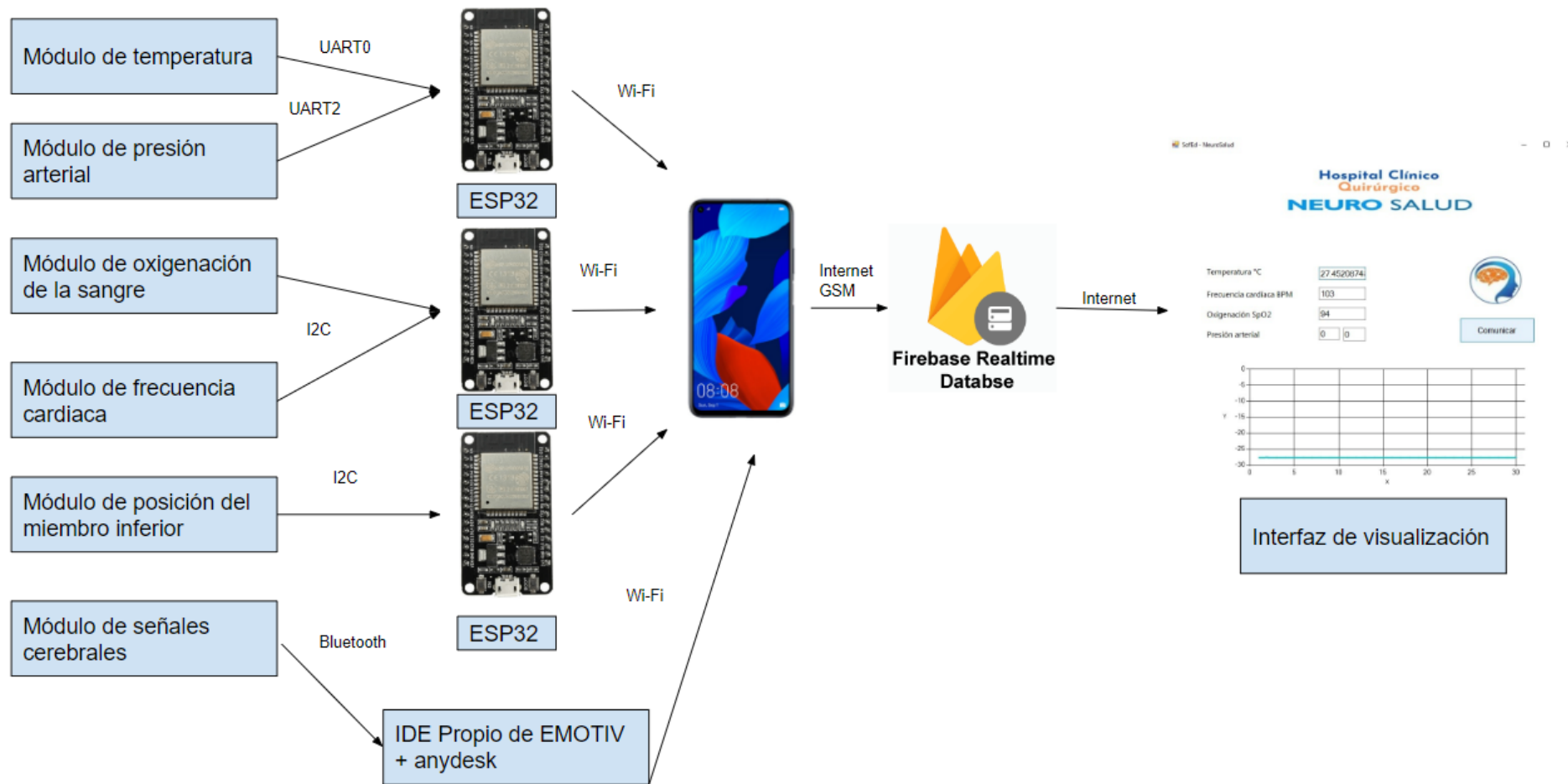
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

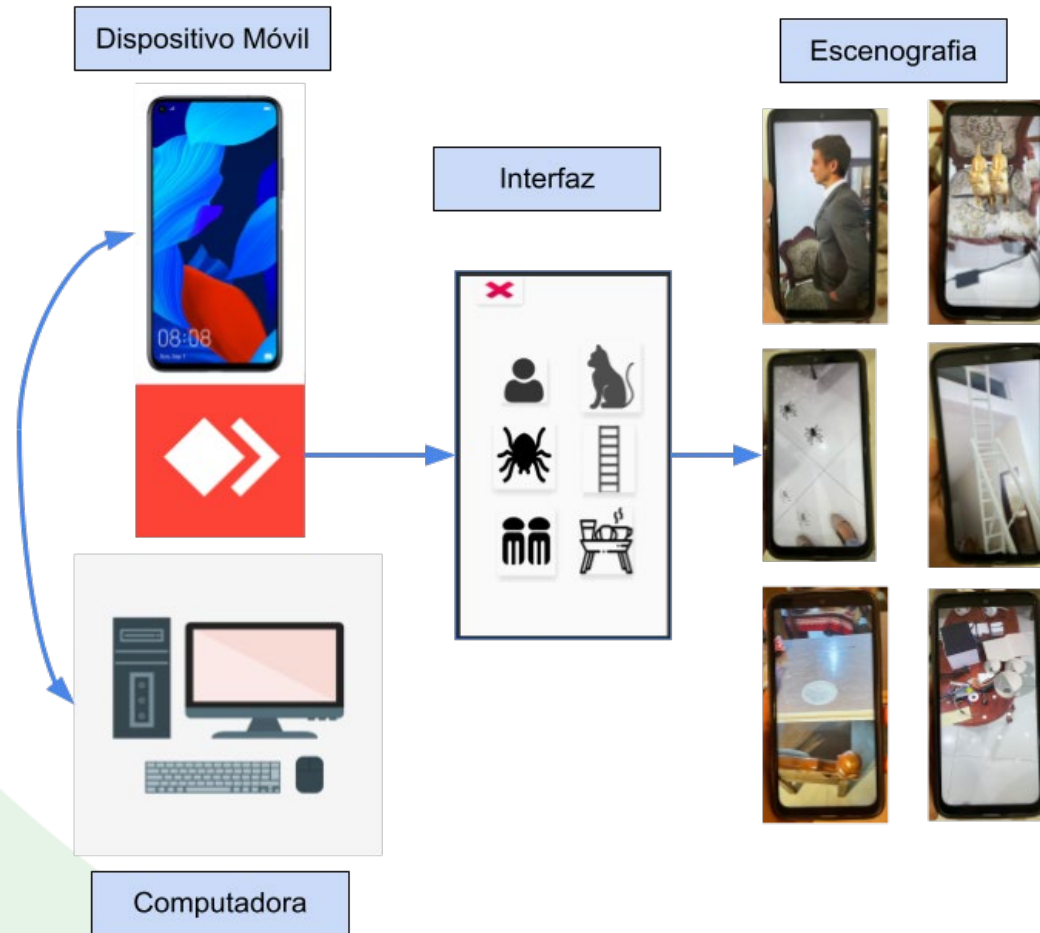
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Visualización de escenarios





Diseño del sistema

Visualización de datos de signos vitales

Introducción

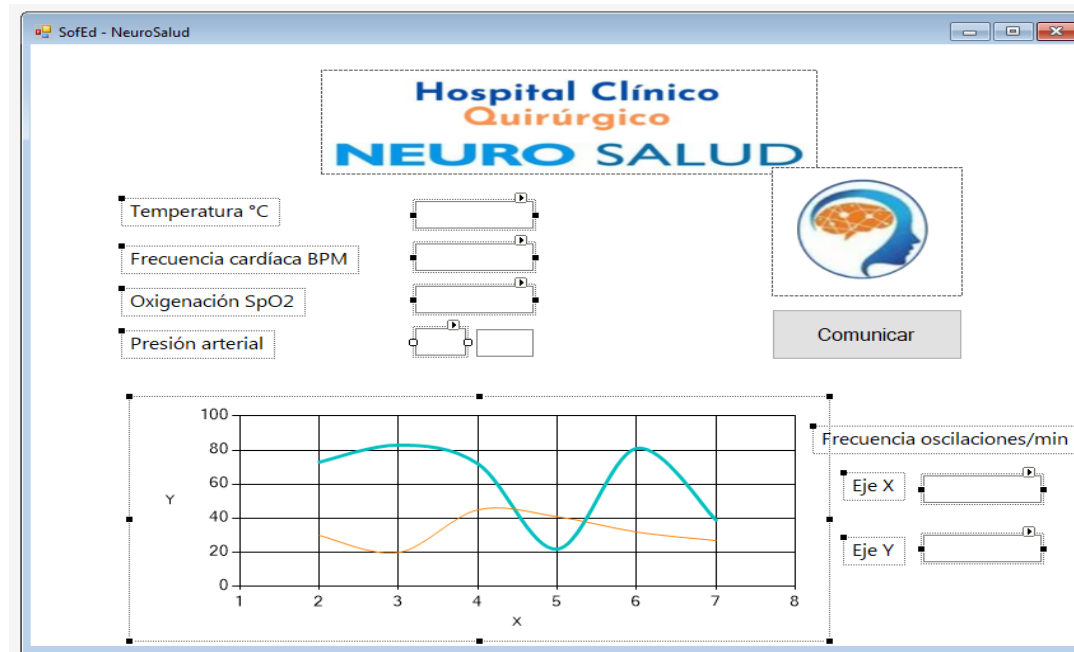
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Diseño del sistema

Introducción

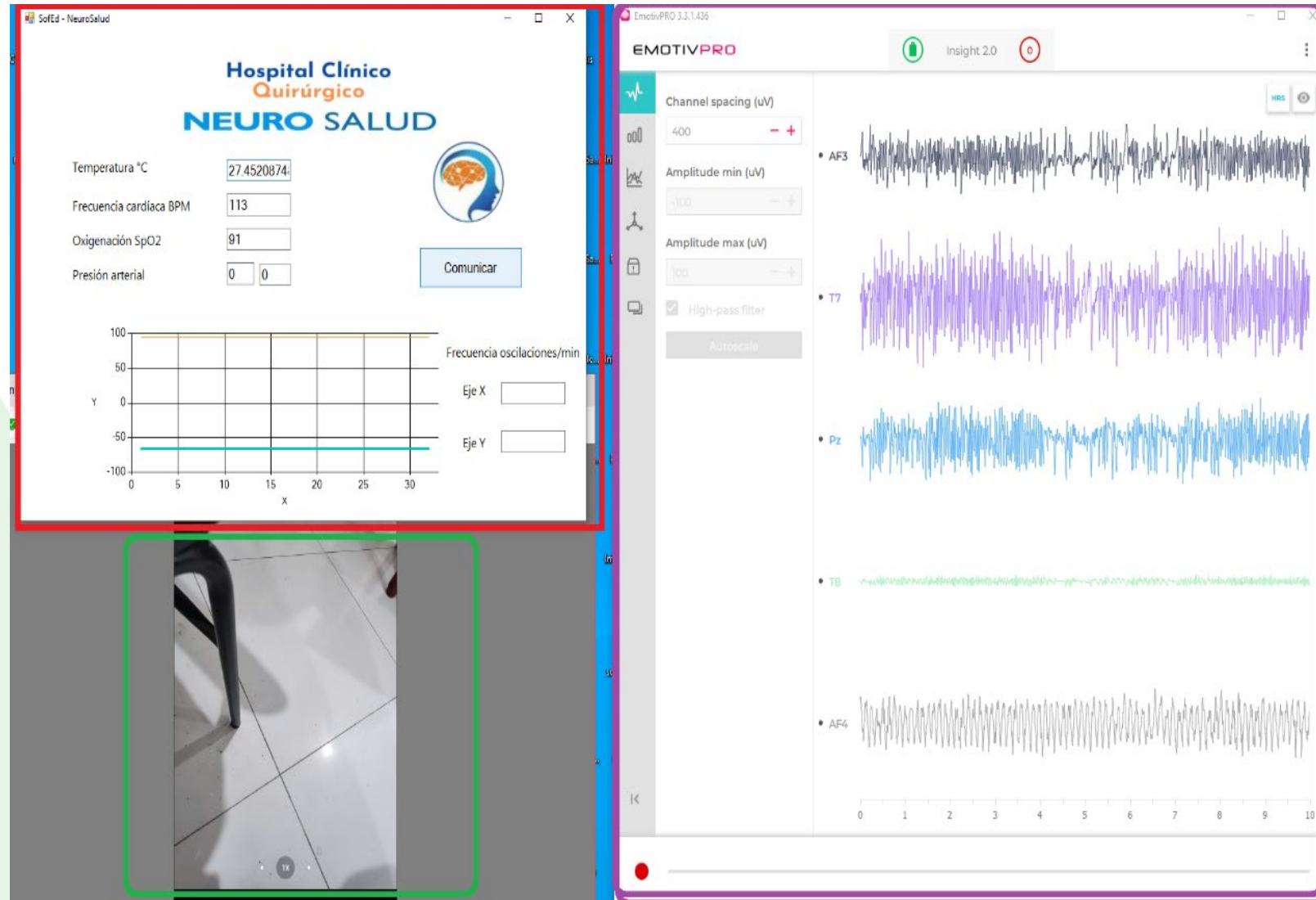
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

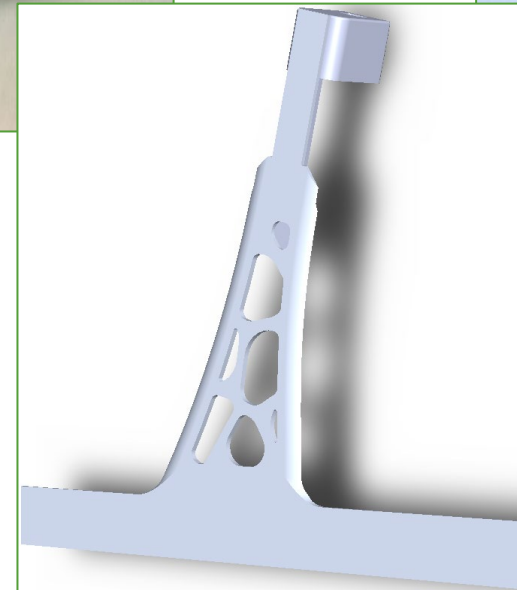
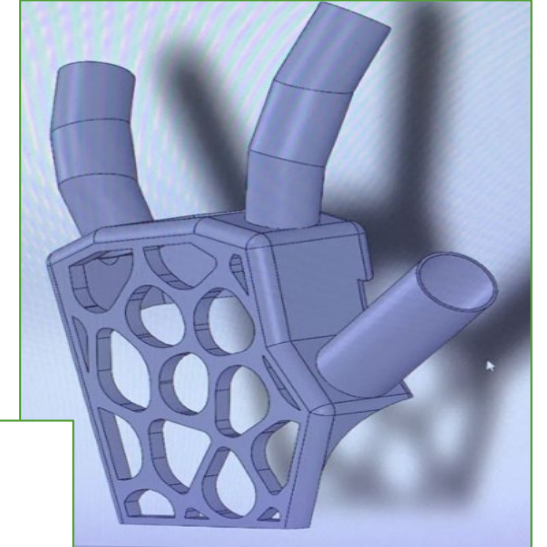
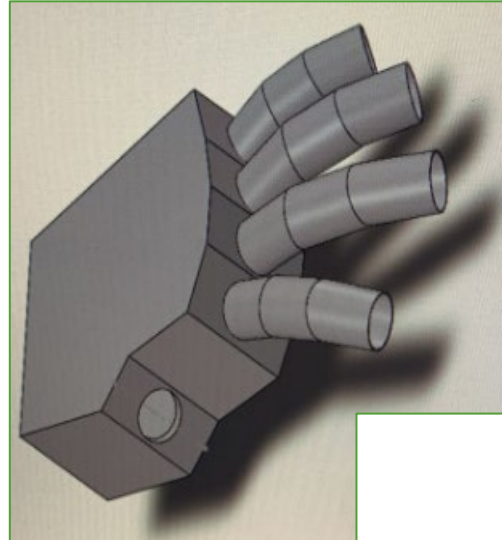
Diseño Mecánico

Diseño de mano de
sujeción de sensores

Tres diseños:
ergonomía, ahorro de
material, energía
utilizada para
fabricación, peso final
de la mano,

Material en filamento,
dúctil, suave al tacto,
limpieza y
desinfección

Impresión 3D



TPU



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Diseño Mecánico de mano de sujeción de sensores

Mano Hombres					
Talla	Ancho de muñeca	Profundidad de la muñeca	Distancia muñeca nudillos	Distancia nudillo punta de dedo medio	Ancho de dedos
S	54	37	90	91	8
M	56	39	93	94	11
L	58	43	95	103	17

Mano Mujeres					
Talla	Ancho de muñeca	Profundidad de la muñeca	Distancia muñeca nudillos	Distancia nudillo punta de dedo medio	Ancho de dedos
S	48	32	84	91	16
M	56	40	89	89	17
L	53	36	94	93	16

Medidas referenciadas del estudio realizado por Rincón Becerra y García Acosta en el año 2020 para diseño de mano



Diseño del sistema

Diseño Mecánico de mano de sujeción de sensores

Introducción

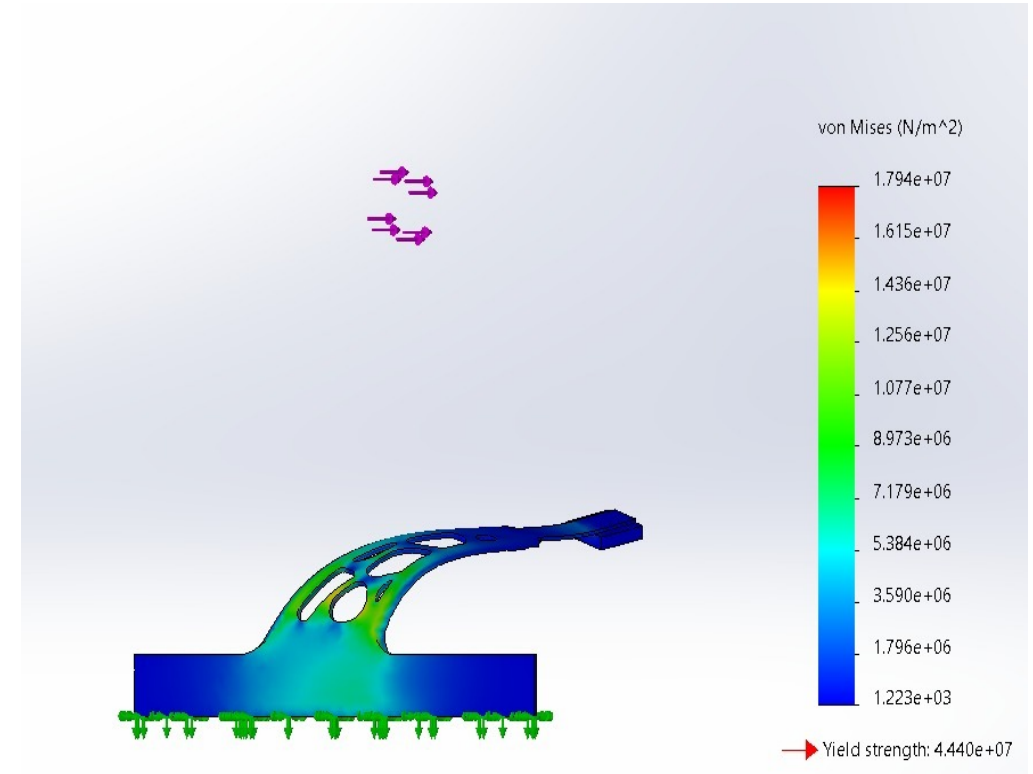
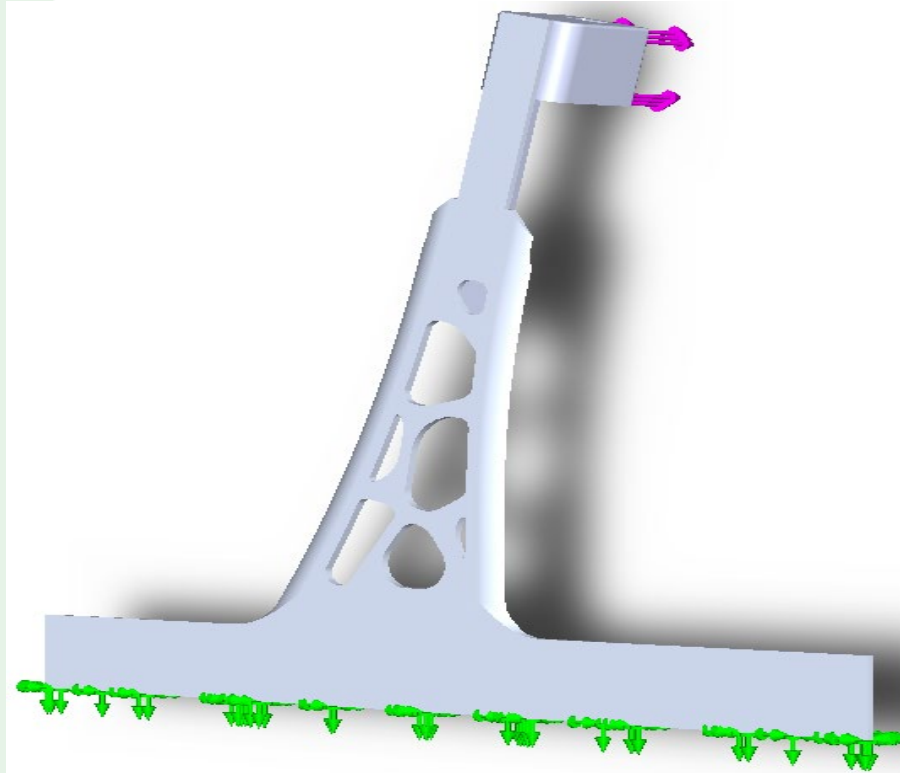
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Diseño Mecánico de módulo de Signos Vitales

Sujeción de tarjetas
electrónicas de signos vitales

Soporte del antebrazo del
Usuario

Material en filamento
resistente al impacto para
proteger los circuitos del
interior y que soporte el peso
del antebrazo, bajo costo y
baja densidad

Impresión 3D

Medidas de módulos de signos vitales

Temperatura	75mm x82.5mm
Saturación	71mm x71mm
Alimentación	80mm x45mm
Comunicación Serial	71mm x71mm
Presión Arterial	100mm x50mm

Medidas de Elementos que van dentro de la caja

Batería	100mm x 34mm x 16mm
Circuito Neumático	150mm x 60mm



Introducción

Investigación
previa

Metodología

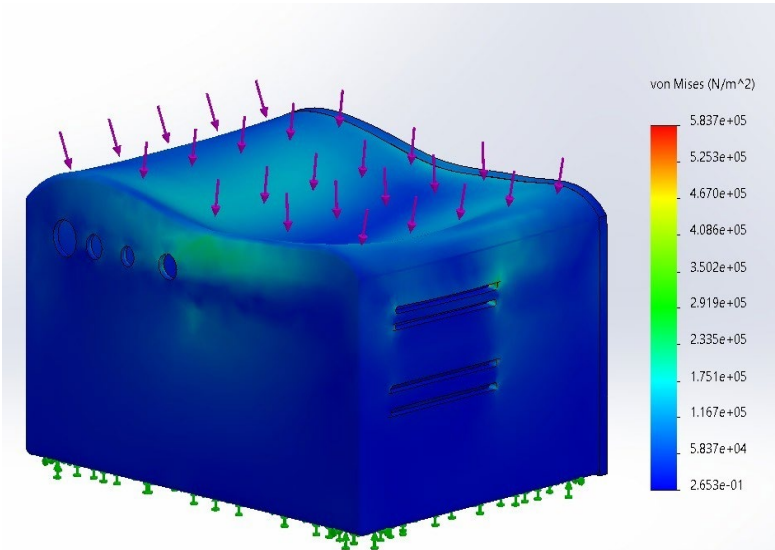
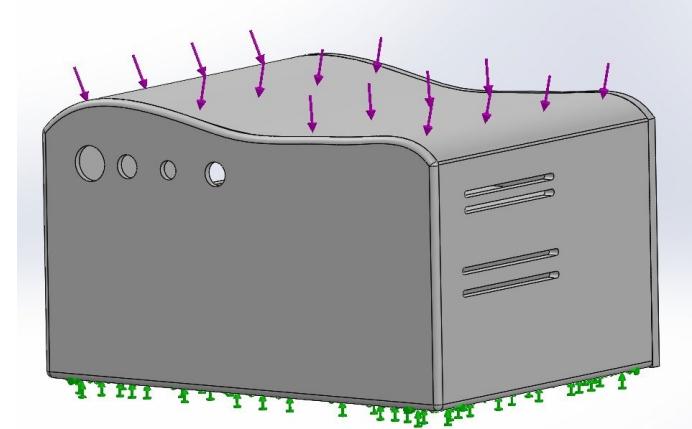
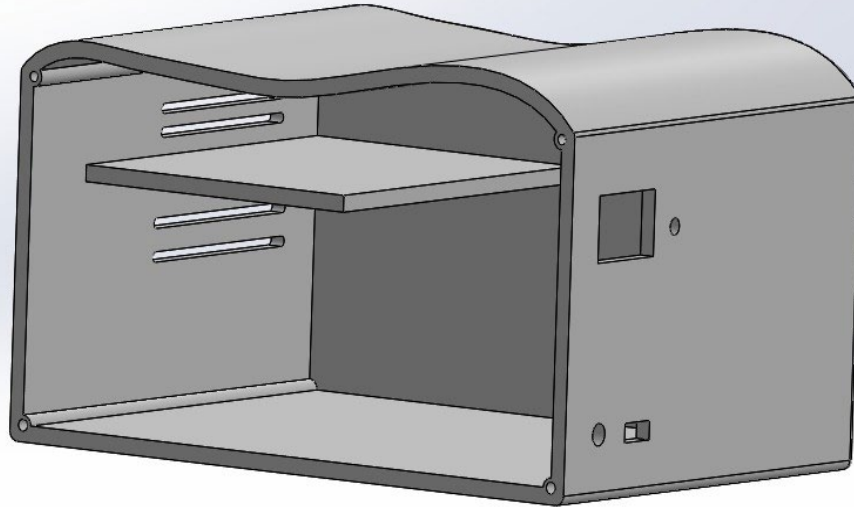
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Diseño del sistema

Diseño Mecánico de módulo de Signos Vitales



PLA+



Diseño del sistema

Condición de anisotropía

Introducción

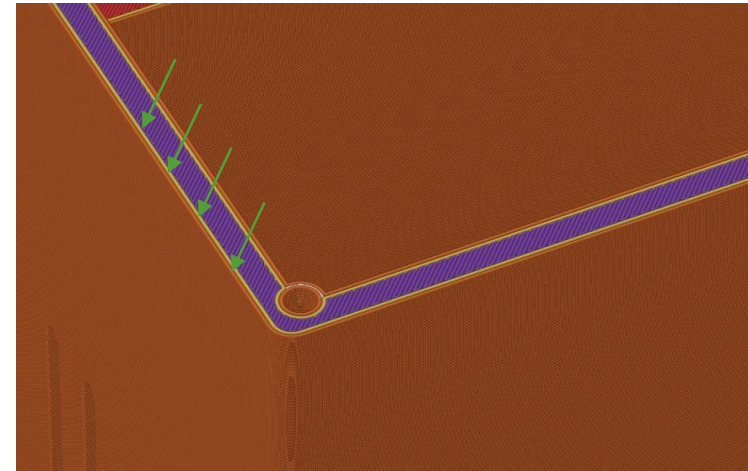
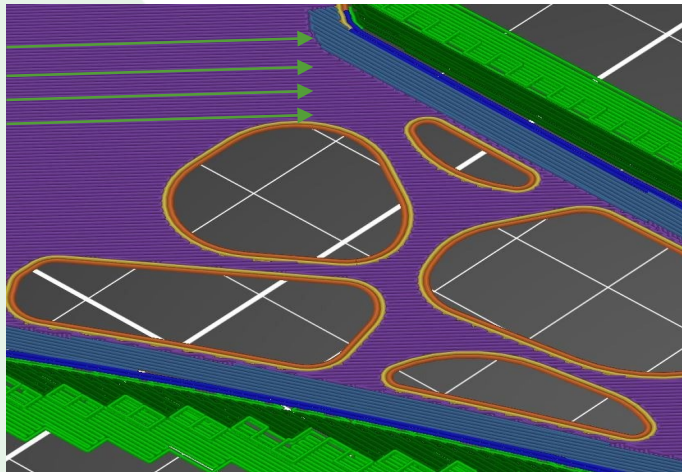
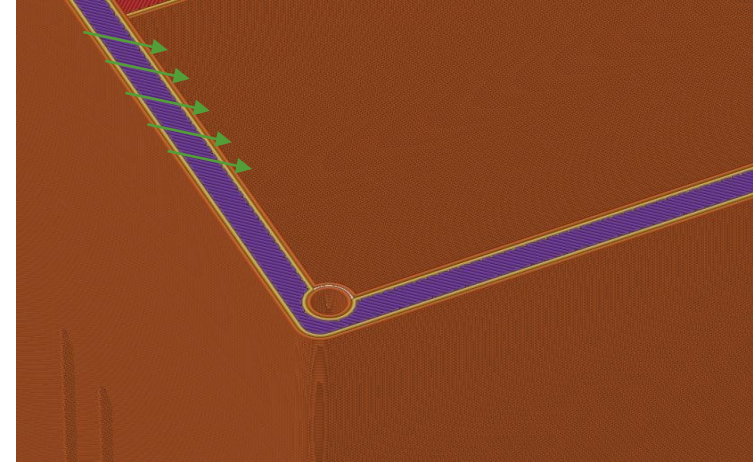
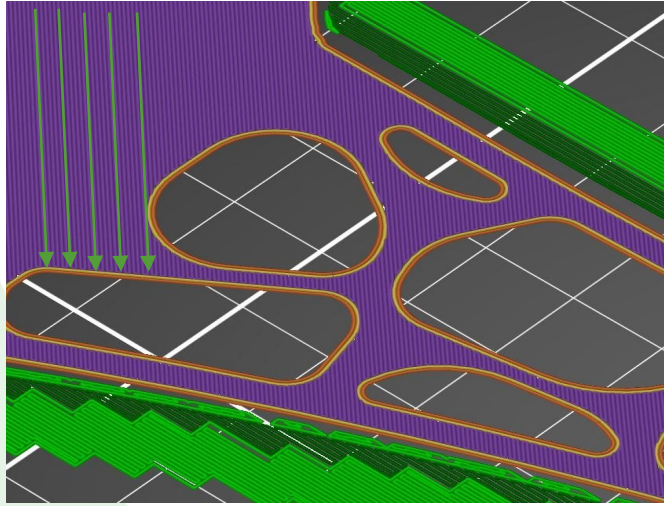
Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Construcción del Sistema

Construcción de módulo de signos vitales

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Construcción del Sistema

Construcción de módulo SPI





Análisis de resultados

Termistor NTC
6.8kΩ a 25°C.

Temperatura Tiempo de estabilización: 23.6s --- Tiempo para toma de datos: 25s

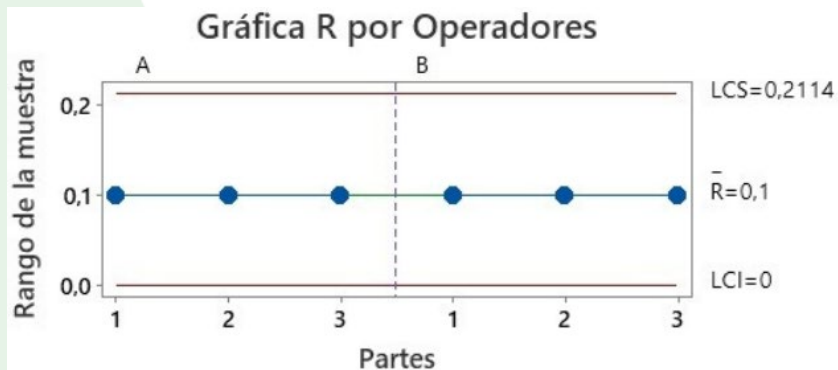
Diseño del experimento

3 usuarios
2 operadores
5 réplicas
aleatorizado

Método

Anova – R&R MSA

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,049872	0,299230	42,34
Repetibilidad	0,049872	0,299230	42,34
Reproducibilidad Operadores	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,106699	0,640192	90,59
Variación total	0,117779	0,706672	100,00



Error en la medición de temperatura

0,129%

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

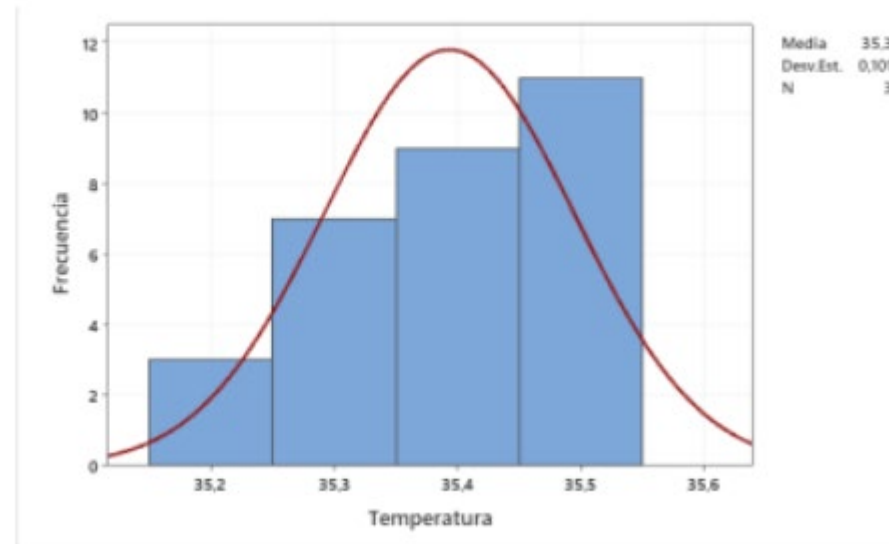
Termistor NTC
6.8kΩ a 250C.

Temperatura

Análisis estadístico descriptivo de datos de temperatura

Media: 35,39

Desv. Estándar: 0,1015°C



Especificaciones del módulo de temperatura comparado con la norma vigente en Ecuador

Característica.	Especificación del MSP	Especificación del equipo desarrollado.	¿Cumple?
Escala de medición	de -20°C a 40°C o superior	-50°C a 150°C	SI
Resolución	≥ 0,1°C a ≤ 1 °C	0.5°C	SI
Mide humedad relativa	≥ 0,1% a ≤ 1%	No mide	NO
Ubicación del sensor	Exterior	Exterior	SI
Energía	Uso de baterías	Uso de baterías	SI
Exactitud	+/- 0.1°C	+/-0.155	NO
Tiempo de respuesta	Menor a 60 segundo	23.6	SI

0,55 en diferencia

Introducción

Investigación previa

Metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones



Análisis de resultados

Saturación de oxígeno en la sangre.

MAX30102

Validación a nivel de software: Librería MAX30105.h

Diseño del experimento

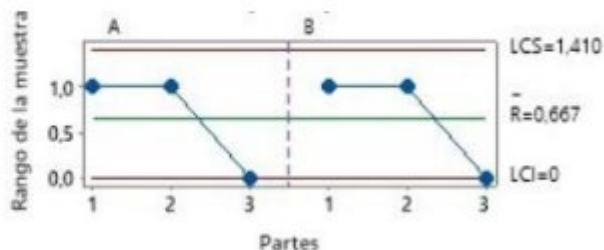
3 usuarios
2 operadores
5 réplicas
aleatorizado

Método

Anova – R&R MSA

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,35082	2,10494	33,09
Repetibilidad	0,35082	2,10494	33,09
Reproducibilidad Operadores	0,00000	0,00000	0,00
Parte a parte	1,00051	6,00308	94,37
Variación total	1,06024	6,36142	100,00

Gráfica R por operador de Saturación



Se verifica Reproducibilidad cero

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

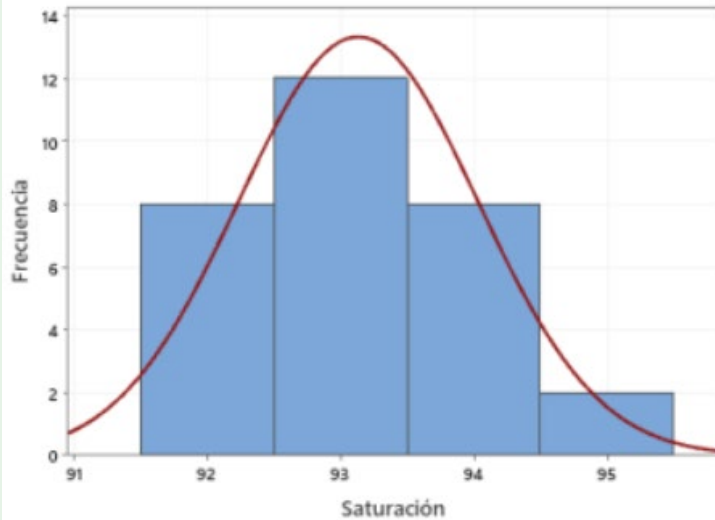


Análisis de resultados

Saturación de oxígeno en la sangre.

MAX30102

Gráfica Xbarra por operadores de Saturación



% Error en la medición de saturación de oxígeno : 0,129%

Error mas alto de medición del % de oxígeno en la sangre: 2,17%

N= 30
Desv. Est: 0,8996
Media: 93,13

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

Presión arterial

MPX5500

Diseño del experimento

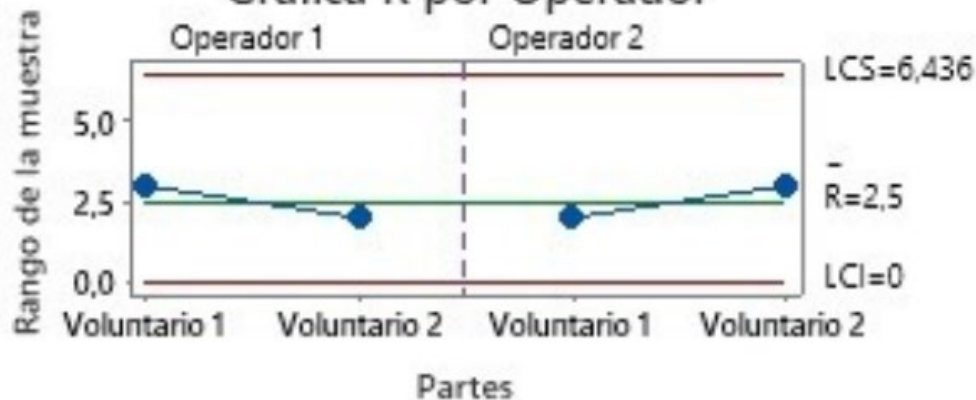
- 2 usuarios
- 2 operadores
- 3 réplicas aleatorias

Método

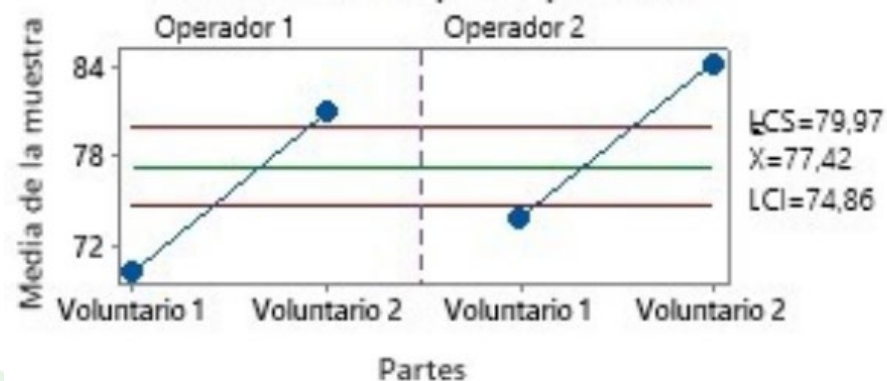
Anova – R&R MSA

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	2,71427	16,2856	34,40
Repetibilidad	1,22096	7,3258	15,48
Reproducibilidad	2,42416	14,5449	30,73
Operador	2,42416	14,5449	30,73
Parte a parte	7,40787	44,4472	93,90
Variación total	7,88948	47,3369	100,00

Gráfica R por Operador



Gráfica Xbarra por Operador



Introducción

Investigación previa

Metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

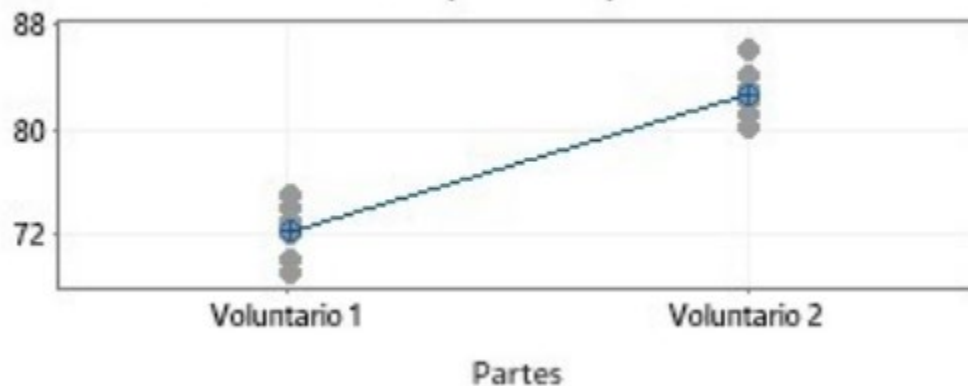


Análisis de resultados

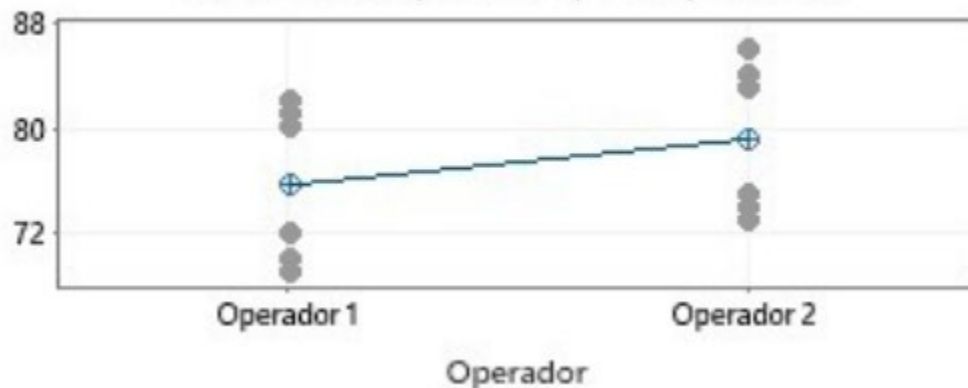
Presión arterial

MPX5500

Medida de presión por Partes



Medida de presión por Operador



% Error en la medición de presión

arterial : **8,35%**

Error más alto de medición de la presión arterial: 15mmHg en sistólica y 9mmHg en diastólica

“Especificaciones Técnicas de la OMS para dispositivos automáticos de medición de la presión arterial no invasivo con brazalete” establece un máximo de 15mmHg para validar un tensiómetro

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

Pulso cardíaco BPM.

MAX30102

Validación a nivel de software: Librería MAX30105.h

Introducción

Investigación
previa

Metodología

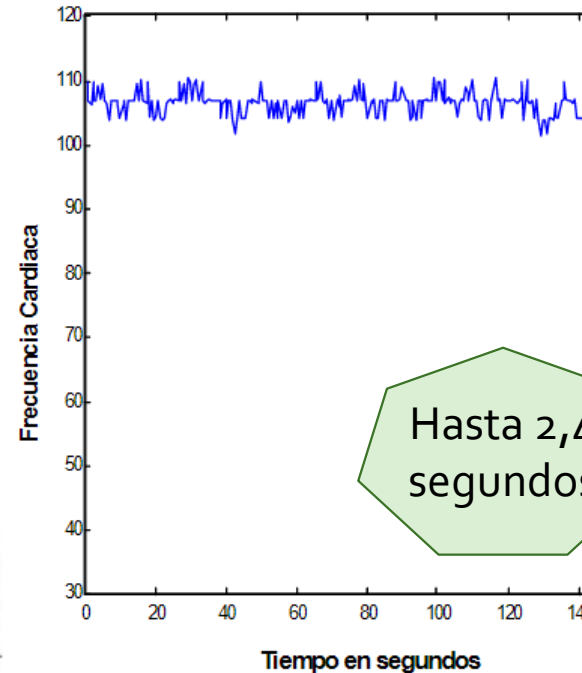
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

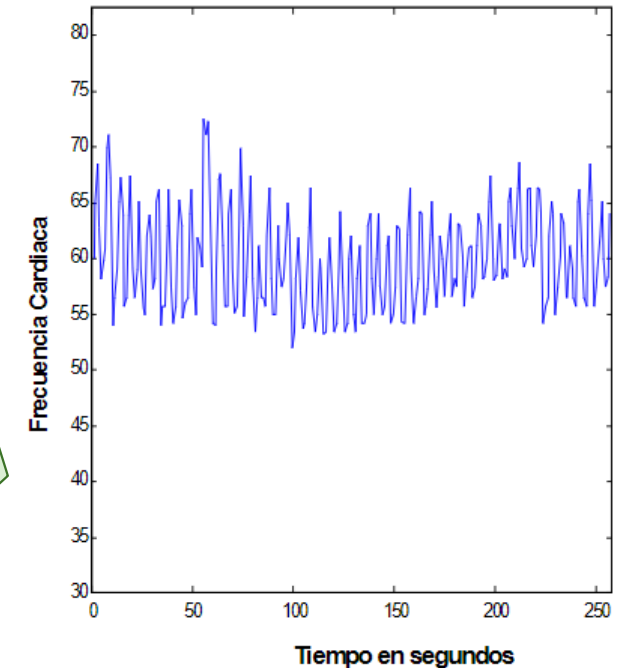
Conclusiones y
Recomendaciones

*Análisis espectral de la
variabilidad de
la frecuencia cardíaca.
Revista médica de la
Universidad de
Antioquia – Jaime Gallo*

Persona sedentaria



Persona deportista



Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	9,79912	58,7947	98,18
Repetibilidad	9,79912	58,7947	98,18
Reproducibilidad	0,00000	0,0000	0,00



Análisis de resultados

Pulso cardíaco BPM.

MAX30102

% Error en la medición de pulso

cardíaco : **4,073%**

Error mas alto de medición: ± 5 bpm

Nº	Medida Equipo Comercial	Medida Equipo
1	54	59
2	68	67
3	74	70
4	85	84
5	55	56
6	60	59
7	86	82
8	89	87
9	51	54
10	70	65

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

Síndrome de pierna inquieta

MPU6050

Diseño del experimento

3 usuarios (inclinaciones)
5 operadores
3 réplicas
aleatorias

Método

Anova – R&R MSA

Sensibilidad de MPU6050 que detecta variaciones aun cuando estas no son significativas

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	5,8086	34,852	28,36
Repetibilidad	5,8086	34,852	28,36
Reproducibilidad	0,0000	0,000	0,00
Operadores	0,0000	0,000	0,00
Parte a parte	19,6435	117,861	95,90
Variación total	20,4843	122,906	100,00

45°

0°

15°

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

Síndrome de pierna inquieta

Análisis de un escenario real de pierna inquieta.

Introducción

Investigación
previa

Metodología

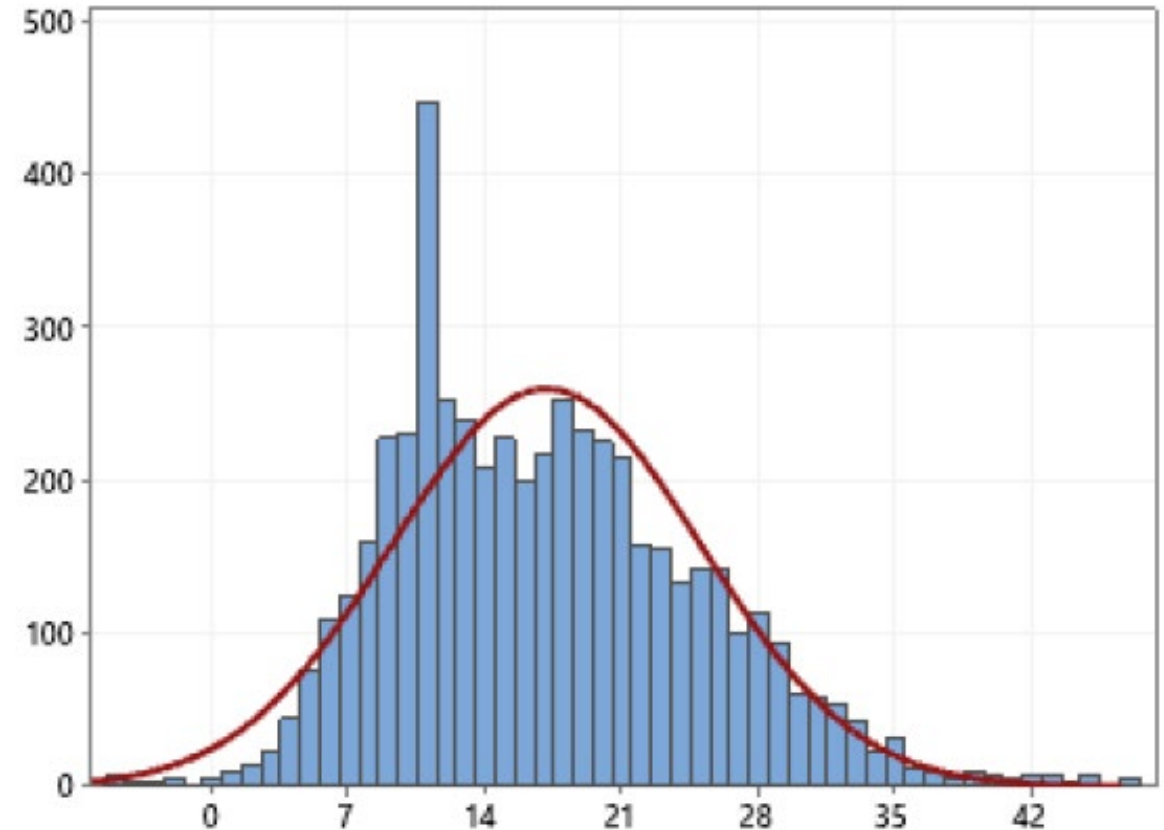
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Cálculo de
offset con el
pie en reposo

- Media de inclinación de $17,11^\circ$.
- Muestra: 5000
- Desviación est.: $7,9^\circ$



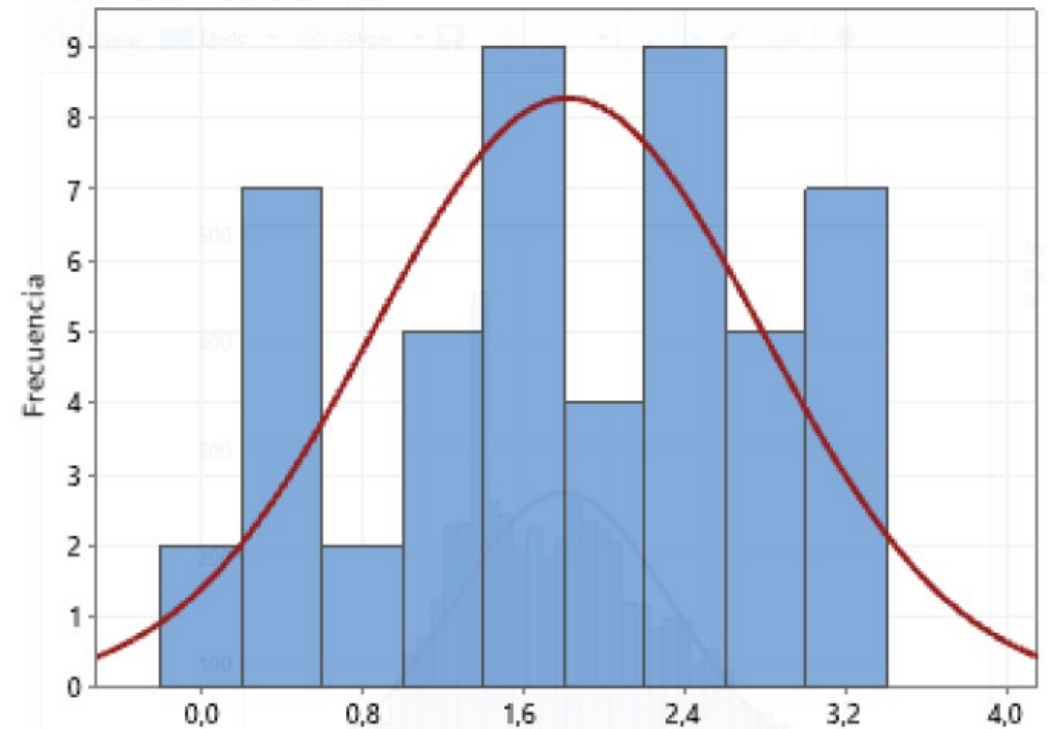


Análisis de resultados

Síndrome de pierna inquieta

Sensor inmóvil para medir la variabilidad de los datos por sensibilidad del sensor.

- Media de inclinación de $1,82^{\circ}$.
- Muestra: 50
- Desviación est.: $0,97^{\circ}$
- Oscilación máxima: $3,4^{\circ}$



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Análisis de resultados

Síndrome de pierna inquieta

Calculo del error de las oscilaciones por minuto del dispositivo vs conteo tradicional

Eliminando falsos positivos, con el análisis anterior, creando una banda de posición angular

% de error: 5,29%

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Validación diadema EEG

Señales EEG

Emotiv lo certifica como dispositivo de investigación a nivel de materiales, propiedades inalámbricas, eléctricas, de confort, entre otras

Emotiv Insight

Investigaciones particulares dentro de la web de Emotiv afirman que hay al menos el 95% de confiabilidad en morfología, amplitud y latencia comparada con una señal médica EEG verificada.

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



Validación a nivel funcional

Hospital NeuroSalud

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

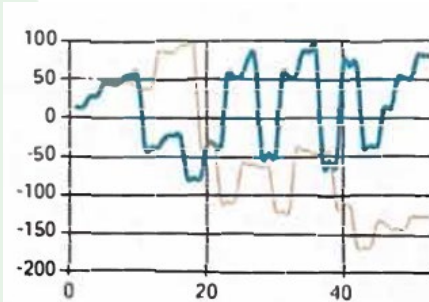


Ilustración 1 Voluntario #1

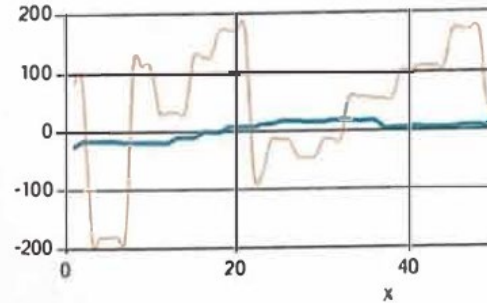


Ilustración 2 Voluntario #2



Usuarios	Escenario Mostrado	Signos Vitales				
		Temperatura °C	Saturación %O2	Presión Arterial mmhg	Pulso Cardiaco BPM	Presencia de pierna Inquieta
1	GATOS	36.9	94	112/74	59	SI
2	ESCALERAS	36.4	96	110/82	75	SI



Video Funcional



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Conclusiones y Recomendaciones

- El Trastorno Obsesivo Compulsivo es una afección mental que se manifiesta con síntomas tanto psicológicos como fisiológicos; entre las más comunes son taquicardia, sudoración, temblores de diferentes partes del cuerpo, fatiga, sensación de alza térmica entre otras. A nivel mundial se han desarrollado diferentes proyectos para el tratamiento del mismo, basados en la supervisión de signos vitales o la presentación de escenarios mediante realidad virtual y realidad aumentada
- La selección del sensor y el tipo de acondicionamiento fue acertada, en la calibración del equipo fue fundamental prestar atención la posición del sensor. Repetibilidad del 42.34% y baja variabilidad entre mediciones. Confiabilidad del equipo del 95%. Módulo validado por bajo porcentaje de error.
- Flujo de descarga de aire de la manga influye en la precisión de la medición. El error mas repetido fue de 5 y 4% que equivale a 5mmhg. Módulo de presión arterial con 95% de confiabilidad. La variación del gage R&R es del 34% debido a la intervencí'on de los operadores. Error maximo de 15mmhg. Módulo validado.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Conclusiones y Recomendaciones

- El porcentaje de error del módulo de pulso sanguíneo es de 9% que corresponde a 5 lpm de diferencia con el dispositivo comercial, mientras que en la medida de saturación se encontró 2.13% de error que son 2 unidades de porcentaje de oxígeno. Confiabilidad del 95%. La presión del dedo sobre el sensor influye en la toma de medición. Gage R&R total de 98.18% y 33.09%, mientras que para saturación de 19.18% y 94.37%
- Diadema seleccionada da la facilidad de visualizar cuantitativamente las bandas de frecuencia, Alpha, beta, theta y gamma y ofrece una estimación cualitativa del estado emocional del usuario representando así una ayuda sumamente grande al médico tratante
- Los escenarios virtuales desarrollados mediante la utilización de realidad aumentada funcionan de manera efectiva para la terapia de desensibilización de usuarios con el trastorno
- Existen dos medidas a cuantificar del análisis biomecánico, desplazamiento angular y frecuencia de oscilación. Considerando que el movimiento puede darse en dos direcciones el sensor seleccionado permite observar los valores en ambos sentidos.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Conclusiones y Recomendaciones

- La utilización de análisis de datos de las primeras 25 muestras de la señal de SPI, optimiza la comprensión de los datos de las gráficas y muestra el comportamiento de la curva para un análisis morfológico
- La bioestadística resulta un tema fundamental para el diseño de este sistema, pues al conocer los valores normales de signos vitales, entre otros, medidos en diferentes grupos de personas categorizadas en distintos grupos de estudio, se llegó a realizar un sistema de medición robusto, que discrimina datos erróneos, y muestra solamente datos validados para el grupo de personas específicas a las que está destinado el uso de este sistema.
- La interfaz diseñada provee los datos de manera eficiente y se conecta satisfactoriamente al broker. Los valores mostrados son de acuerdo a la nomenclatura estandarizada de fácil interpretación para personal médico.



Recomendaciones futuras

Una vez concluida la tesis, se propone:

- El módulo de presión funciona con mediciones confiables únicamente en usuarios adultos y sin historial de hipertensión arterial debido al rango de presión que maneja el dispositivo y el tamaño del brazalete que se usó para el desarrollo. Se recomienda realizar el módulo de presión como un tema de investigación completamente individual con el fin de mejorar la confiabilidad de la medición mediante la utilización de algoritmos más sofisticados para este objetivo. De la misma forma, es necesaria la implementación de la toma de medidas para usuarios pediátricos, garantizando el inflado del brazalete de presión únicamente 30mmhg por sobre la presión sistólica.
- Capacitar a operarios sobre correcta colocación de sensores y como colocar correctamente la manga de presión
- Utilización de escenografías más hiperrealistas e inclusive con objetos animados en el caso de gatos, arañas y personas.

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



GRACIAS POR SU ATENCIÓN