

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 e implementación de un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos”

AUTORES:

- Proaño Terán, Mateo Josué
- Valencia Maldonado, Santiago David

DIRECTOR: Ing. De la Cruz Guevara, Danni Rodrigo

2023





CONTENIDO

- Introducción
- Marco conceptual
- Diseño construcción y programación
- Integración, pruebas y resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Trabajos futuros



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Introducción



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Introducción

- El objetivo principal del proyecto es apoyar a niños y mejorar su calidad de vida, al mismo tiempo que se busca disminuir el tiempo de medición de signos vitales para el personal médico y almacenar automáticamente la información recopilada.



- Pregunta de investigación:
¿Cómo se puede mejorar la atención médica pediátrica a través de la implementación de tecnologías de monitoreo de salud en tiempo real y el uso de plataformas de almacenamiento en la nube para el registro y análisis de datos de pacientes?



Antecedentes

- Trabajos internacionales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



BOSTON DYNAMICS, MIT (2020)



DS20, SCHILLER (2016)



Antecedentes

- Trabajos nacionales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

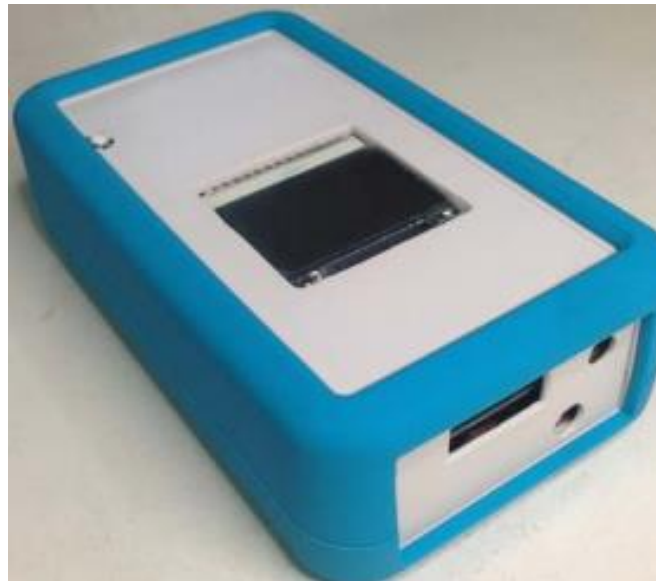
Conclusiones

Recomendaciones

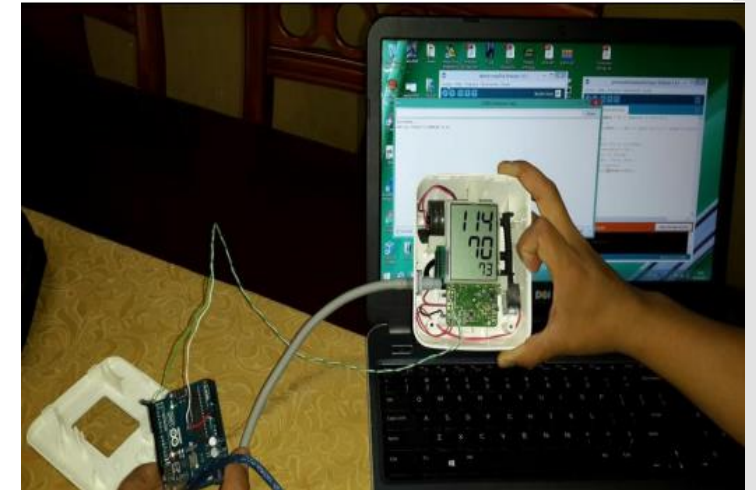
Trabajos futuros



Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad, Vallejo (2015)



Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles, Tintín (2015)



Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores, Ruiz (2016)



Antecedentes

- Comparativa

Proyecto	Categoría	Tipo de Prototipo	Parámetros de medición	Aplicación	Alcance
Robot que Toma Signos Vitales (Boston Dynamics)	Internacional	Prototipo móvil (Dispositivos de medición integrados)	Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria	General	Envío de datos
Estación de diagnóstico de signos vitales DS20	Internacional	Prototipo móvil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial	General	Visualización, envío y almacenamiento de datos
Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial	Personas con Problemas de Movilidad	Visualización y envío de datos
Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Frecuencia cardíaca Presión arterial	General	Visualización, envío y almacenamiento de datos
Redes de sensores inalámbricos enfocadas a la Medicina con énfasis en control de los signos vitales en Pacientes Adultos Mayores	Nacional	Prototipo portátil (Dispositivos de medición sueltos)	Temperatura corporal Presión arterial	Adultos Mayores	Visualización, envío y almacenamiento de datos
Diseño e Implementación de un Prototipo de Estación de Triage IoT para la Toma de Signos Vitales con Potencial Aplicación en Pacientes Pediátricos Oncológicos	Nacional	Estación de triaje (Dispositivos de medición integrados)	Temperatura corporal Saturación de oxígeno Frecuencia cardíaca Frecuencia respiratoria Presión arterial Peso Estatura	Niños	Visualización, envío, almacenamiento y análisis de datos

Introducción

Marco conceptual

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Justificación e Importancia

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Objetivos

- **Objetivo General**

- Diseñar e implementar un prototipo de estación de triaje IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos.

- **Objetivos Específicos**

- Analizar el estado del arte para el levantamiento de los requerimientos de los potenciales usuarios.
- Diseñar y construir la estación basándose en los requerimientos y necesidades de la población objetivo.
- Diseñar e implementar los circuitos de acondicionamiento y colocar los sensores biológicos en la estación para realizar la adquisición de datos y obtenerlos en forma digital.
- Implementar una comunicación vía internet para que sea posible la transferencia de datos con la nube, cumpliendo los principios del internet de las cosas (IoT).
- Realizar la integración de los sistemas mecánico, electrónico e IoT con la inclusión de una interfaz de despliegue de información.
- Ejecutar pruebas de laboratorio en términos de precisión, sensibilidad, exactitud, confiabilidad y repetibilidad de la estación.
- Comparar los resultados con datos obtenidos a partir de dispositivos de medición tradicionales para realizar la respectiva validación.



Descripción del proyecto

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Subsistema	Descripción	Requerimientos
Silla Ergonómica	Es el componente base de la estación de triaje, aquí se ubican los sensores a utilizar. Además, la silla debe cumplir con parámetros de ergonomía para la medición de los signos vitales del paciente.	Diseño en base a una normativa. Dimensionamiento y geometría. Diseño con software CAD. Simulación estructural. Selección de perfiles y materiales.
Adquisición de datos e instrumentación	Es el sistema encargado de adquirir las señales, procesarlas y mostrar los datos en tiempo real al encargado de la estación. Abarca los sensores biológicos, el cableado, la tarjeta de adquisición de datos y la comunicación para la transferencia local de los datos.	Dimensionamiento de dispositivos electrónicos. Acondicionamiento mecánico y electrónico de los sensores. Diseño de interfaz basado en la guía GEDIS. Desarrollo de la programación.
Almacenamiento de datos	Es el sistema que se encarga de la comunicación con el espacio de almacenamiento en la web. Envía la información local desde la computadora con la ayuda de protocolos de comunicación y la presenta de forma resumida como tablas y gráficas para el análisis del médico.	Acceso al almacenamiento en la nube. Presentación de información actual y antigua. Información final de fácil comprensión. Restricción de acceso a la base de datos.



Alcance del Proyecto

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

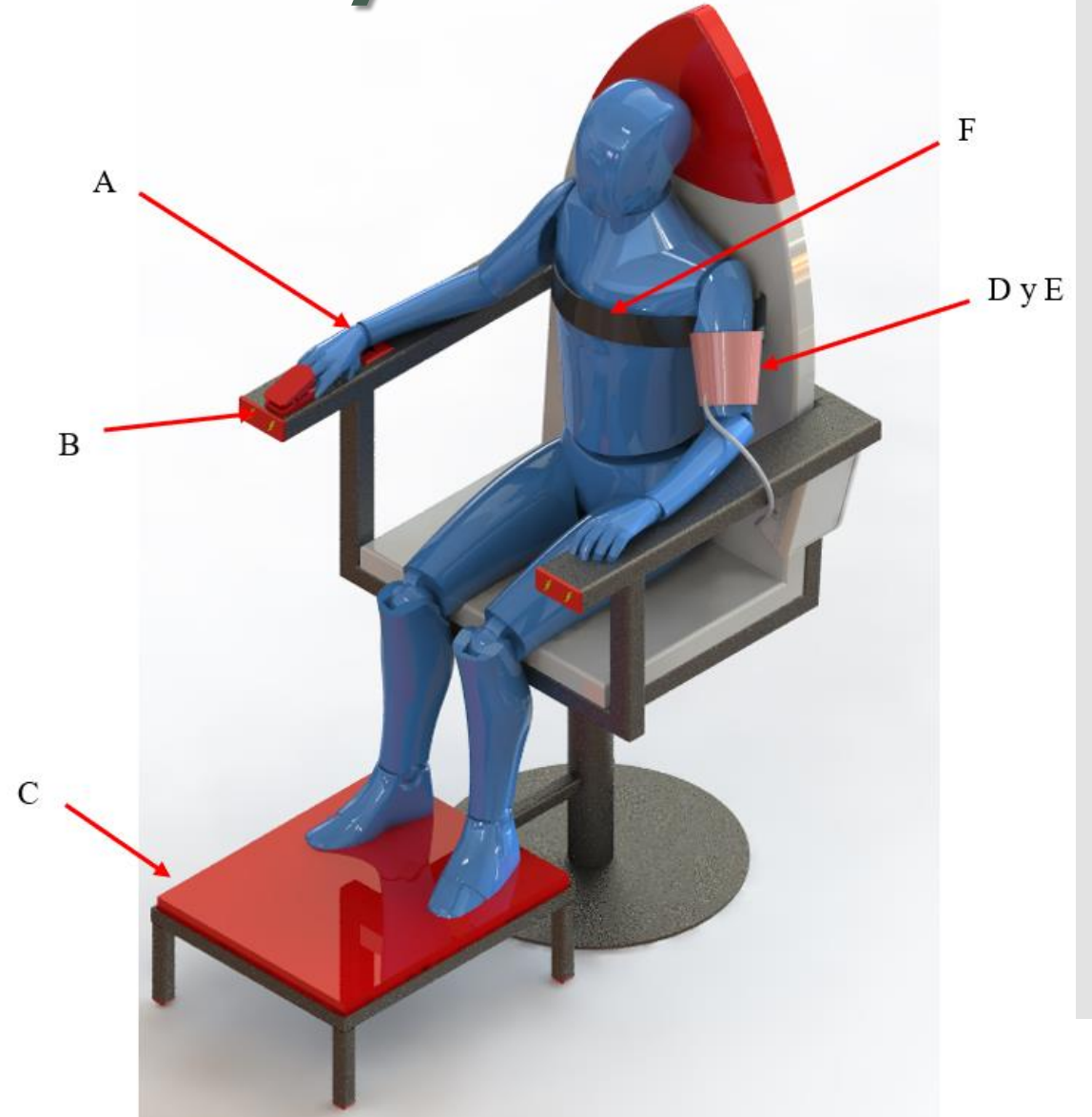
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

- A: Temperatura
- B: Saturación de oxígeno
- C: Balanza
- D: Frecuencia Cardíaca
- E: Presión arterial
- F: Frecuencia Respiratoria





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Marco Conceptual



Signos Vitales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Signo vital	Definición
Frecuencia cardíaca (FC)	Es la cantidad de pulsos por minuto (ppm) a los que el corazón bombea sangre a los vasos sanguíneos.
Frecuencia respiratoria (FR)	Es el número de veces que el paciente respira por minuto (r/min). Se considera como un ciclo de respiración completo a la fase de inhalación y exhalación.
Saturación de oxígeno	Es un parámetro que permite determinar la cantidad de oxígeno presente en la sangre, expresado en porcentaje.
Presión arterial (PA)	Es la presión que la sangre ejerce contra las paredes de las arterias. Existen dos tipos: sistólica y diastólica, que hacen referencia a la contracción y expansión del corazón, respectivamente.
Temperatura	Es el equilibrio que existe entre el calor que produce el organismo (mediante el metabolismo) y el que cede al ambiente (por convección)



Parámetros Antropométricos

Los parámetros antropométricos principales del ser humano son el **peso** y la **estatura**.

Peso: cantidad de masa que representa el cuerpo del paciente.

Estatura: distancia que existe desde la parte superior de la cabeza hasta el talón.

Con los datos de **estatura** y **peso** de una persona es posible calcular su IMC (índice de masa corporal) y determinar si el paciente tiene un peso saludable o no. La ecuación para encontrar el IMC es la siguiente:

$$IMC = \frac{\text{peso} \text{ [kg]}}{\text{estatura}^2 \text{ [m}^2\text{]}}$$

- IMC de 18,5-24,9 se considera un peso saludable.
- IMC de 25,0-29,9 se considera sobrepeso.
- IMC de 30,0-39,9 se considera obesidad.
- IMC de 40,0 o más se considera obesidad severa u obesidad mórbida.

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



ECUADOR

Tecnologías de Asistencia para Sentarse

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



a)



b)

Distintos tipos de tecnologías de asiento para sentarse.

a) Asiento plano, b) Asiento con superficie de contorno personalizada



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

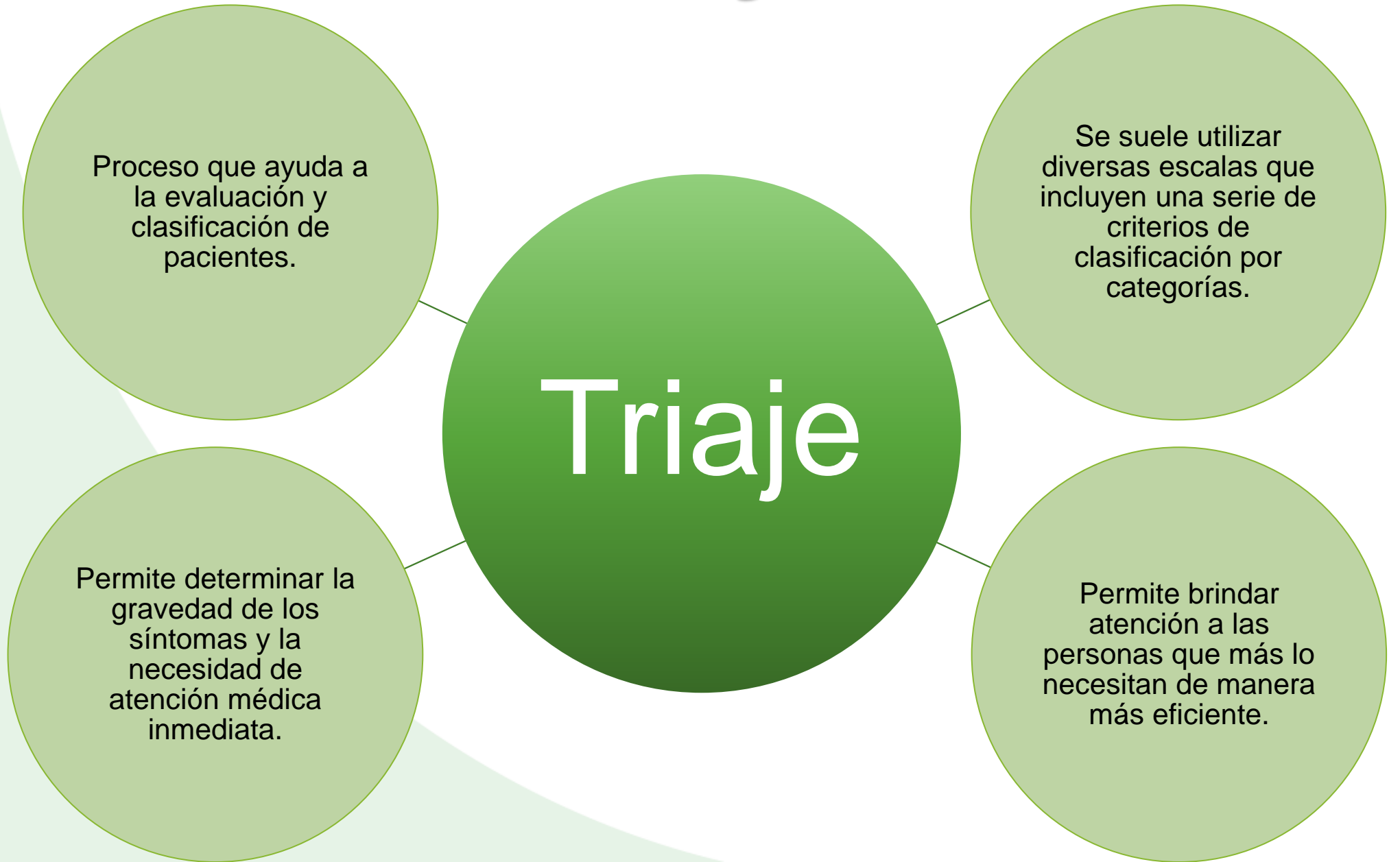
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Triage





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Escalas de triaje

Nivel I: Máxima prioridad. Situaciones de riesgo vital inmediato, pueden requerir maniobras de resucitación.

Nivel II: Situación de emergencia. Conllevan un riesgo vital alto, situaciones tales como inestabilidad hemodinámica o dolor intenso.

Nivel III: Situación de urgencia. Situaciones que pueden conllevar riesgo, pero el paciente se encuentra estable.

Nivel IV: Urgencias menores. No tiene compromiso vital, situaciones poco urgentes, pueden conllevar la necesidad de prueba diagnóstica o terapéutica.

Nivel V: Situaciones no urgentes. Situaciones clínica sencillas, no graves, consultas administrativas etc.

(Ortiz del Moral, 2021)



Triaje pediátrico

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Apariencia	Trabajo Respiratorio	Circulación Cutánea	Estado Fisiológico
Normal	Normal	Normal	Normal/Estable
Alterado	Normal	Normal	Disfunción SNC (Sistema Nervioso Central)
Normal	Alterado	Normal	Dificultad Respiratoria
Alterado	Alterado	Normal	Fallo respiratorio
Normal	Normal	Alterado	Shock compensado
Alterado	Normal	Alterado	Shock descompensado
Alterado	Alterado	Alterado	Fallo cardiopulmonar



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Triaje pediátrico

1. Prioridad absoluta con atención inmediata y sin demora.

2. Situaciones muy urgentes de riesgo vital, inestabilidad o dolor muy intenso.

3. Urgente, pero con flujo sanguíneo estable, con potencial riesgo vital que probablemente exige pruebas diagnósticas y/o terapéuticas.

4. Urgencia menor, sin potencial de riesgo vital.

5. No urgencia. Poca complejidad en la patología del paciente.

Triaje de Manchester,
Albuja Echeverría (2022)



El cáncer en el Ecuador

Introducción

Marco conceptual

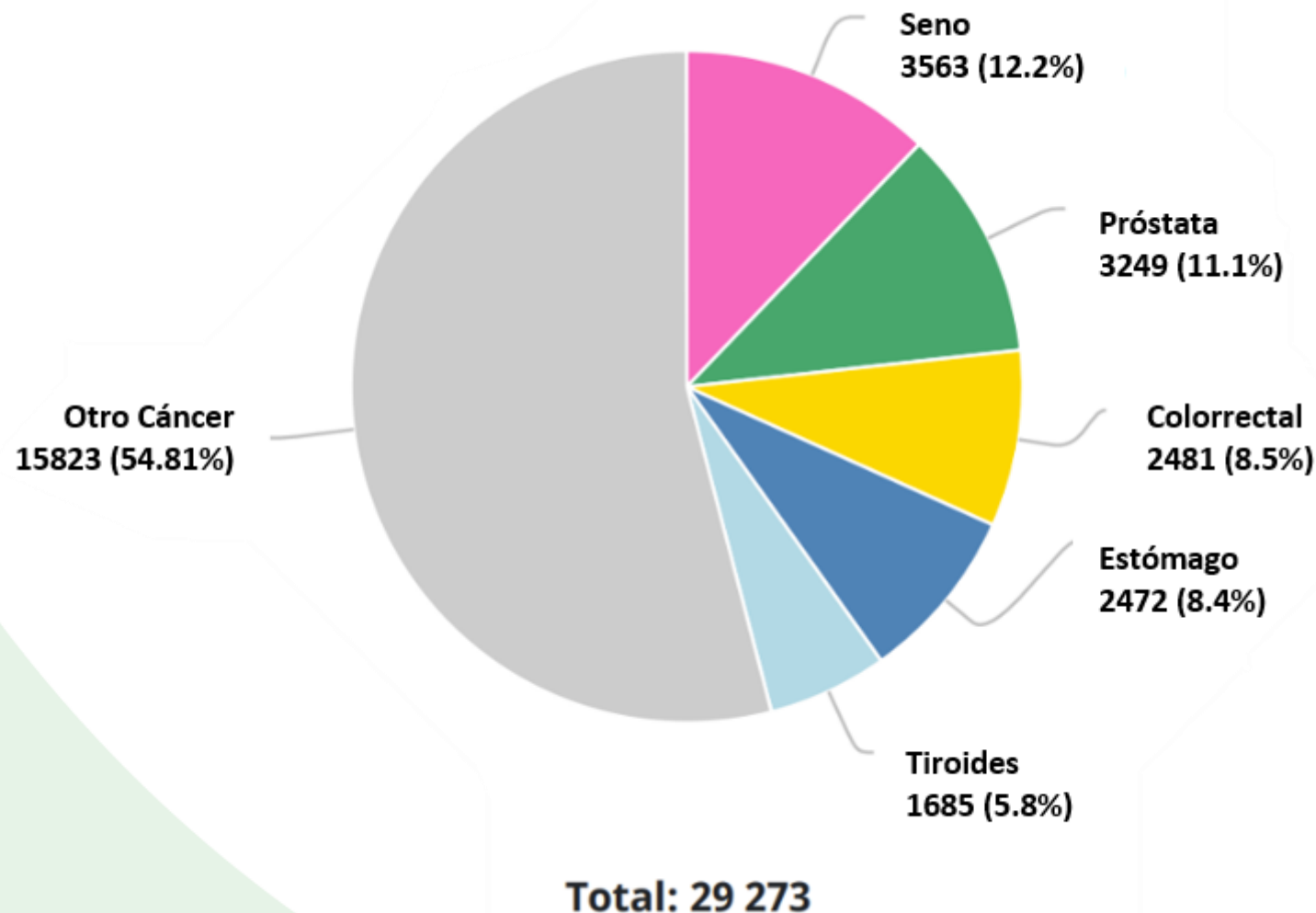
Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (Todas las edades), OMS (2021)



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

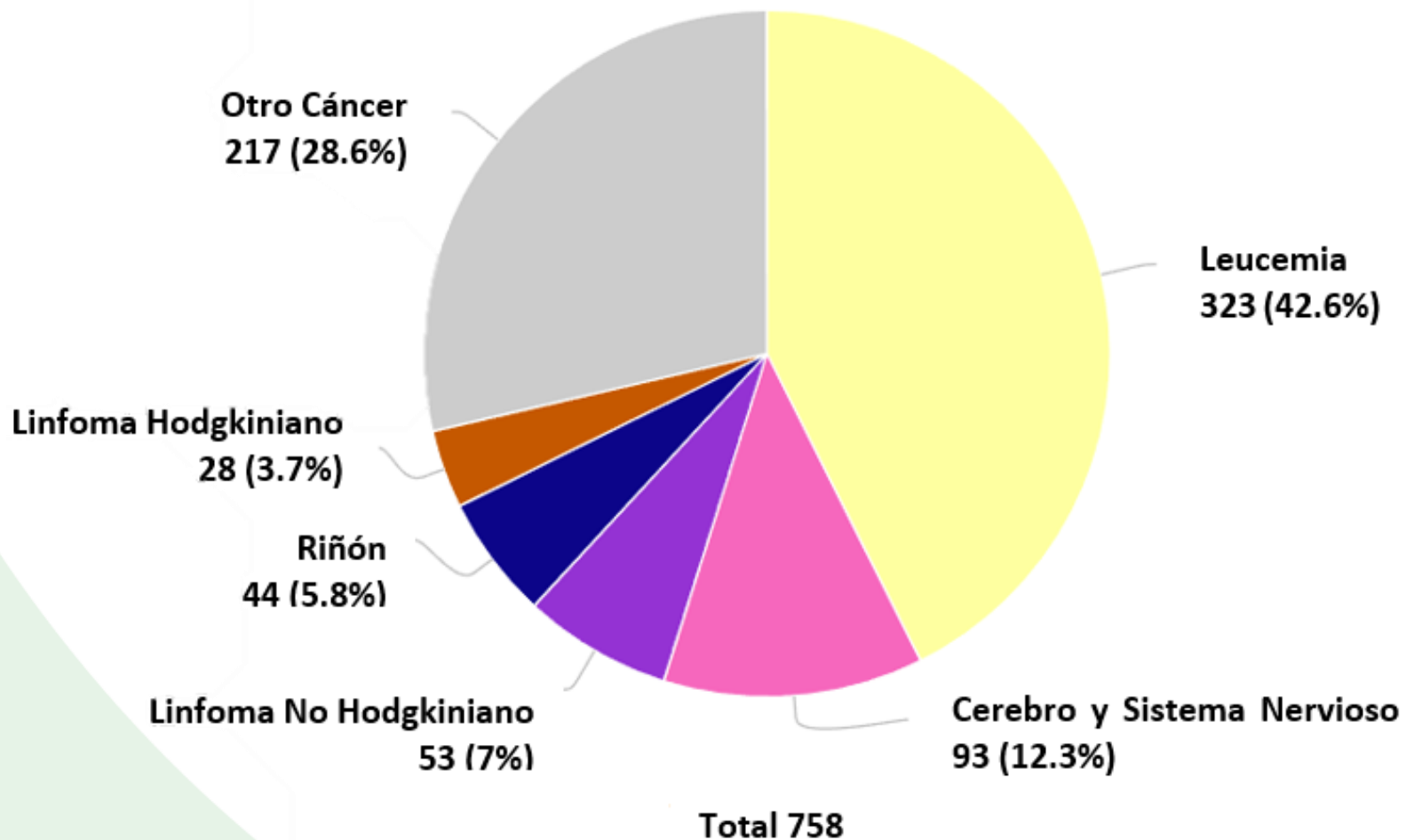
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Cáncer Infantil



Número estimado de casos de cáncer nuevos en el Ecuador en 2020 (0-14 años), OMS (2021)



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

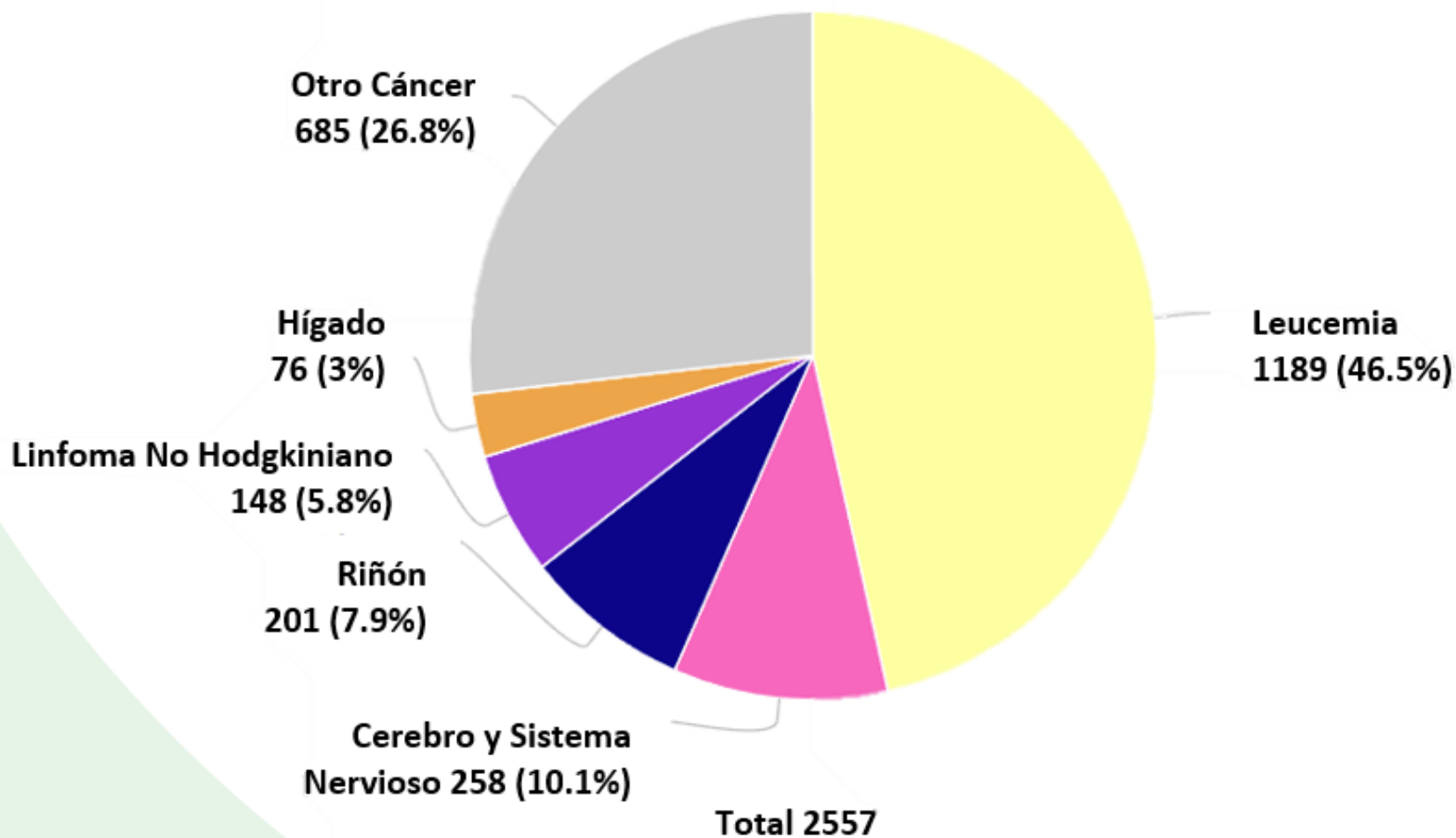
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Cáncer Infantil



Número estimado de casos de cáncer prevalentes en el Ecuador en 2020 (0-14 años), OMS (2021)



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

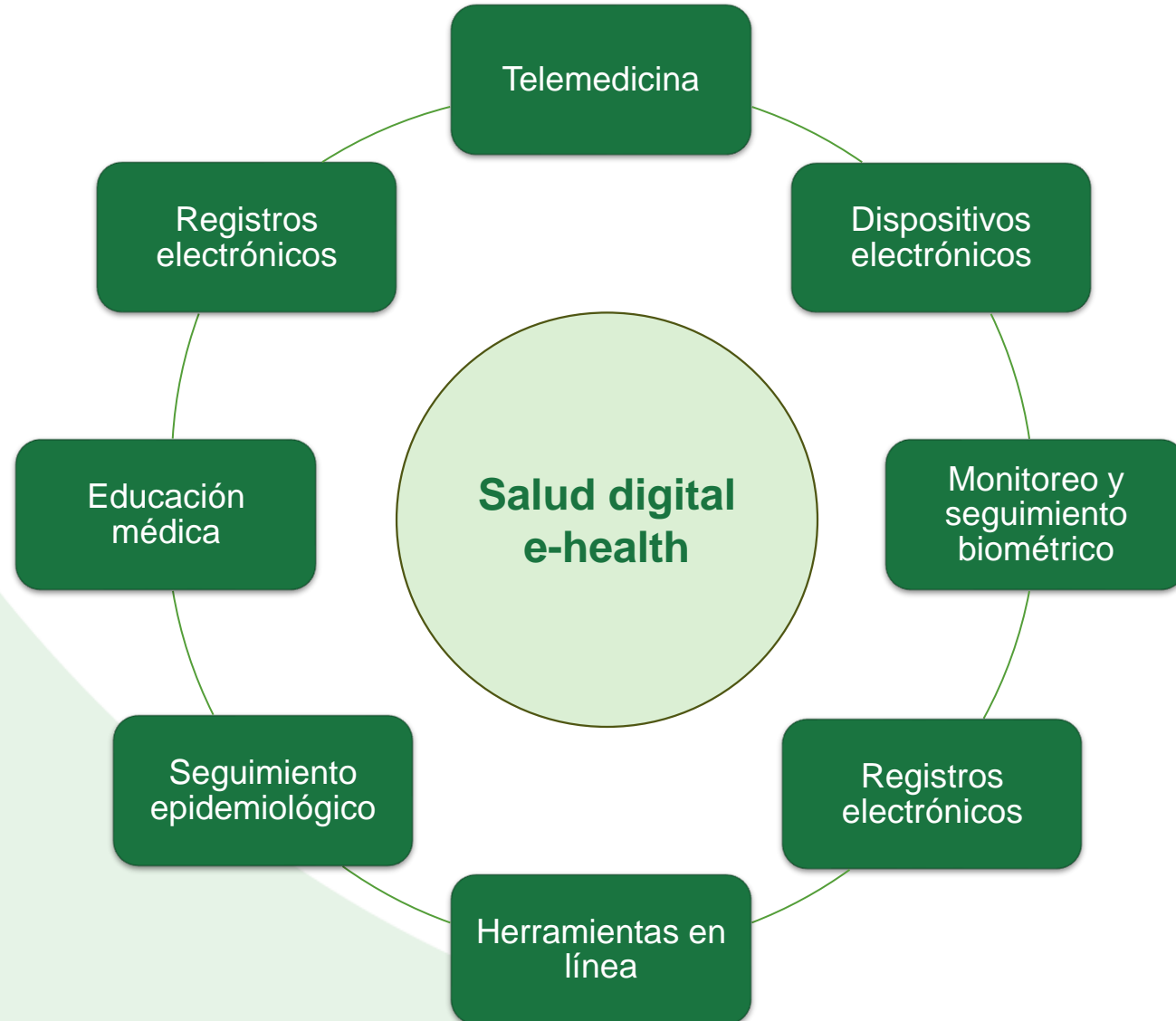
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Tecnología Digital Enfocada en la Salud





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

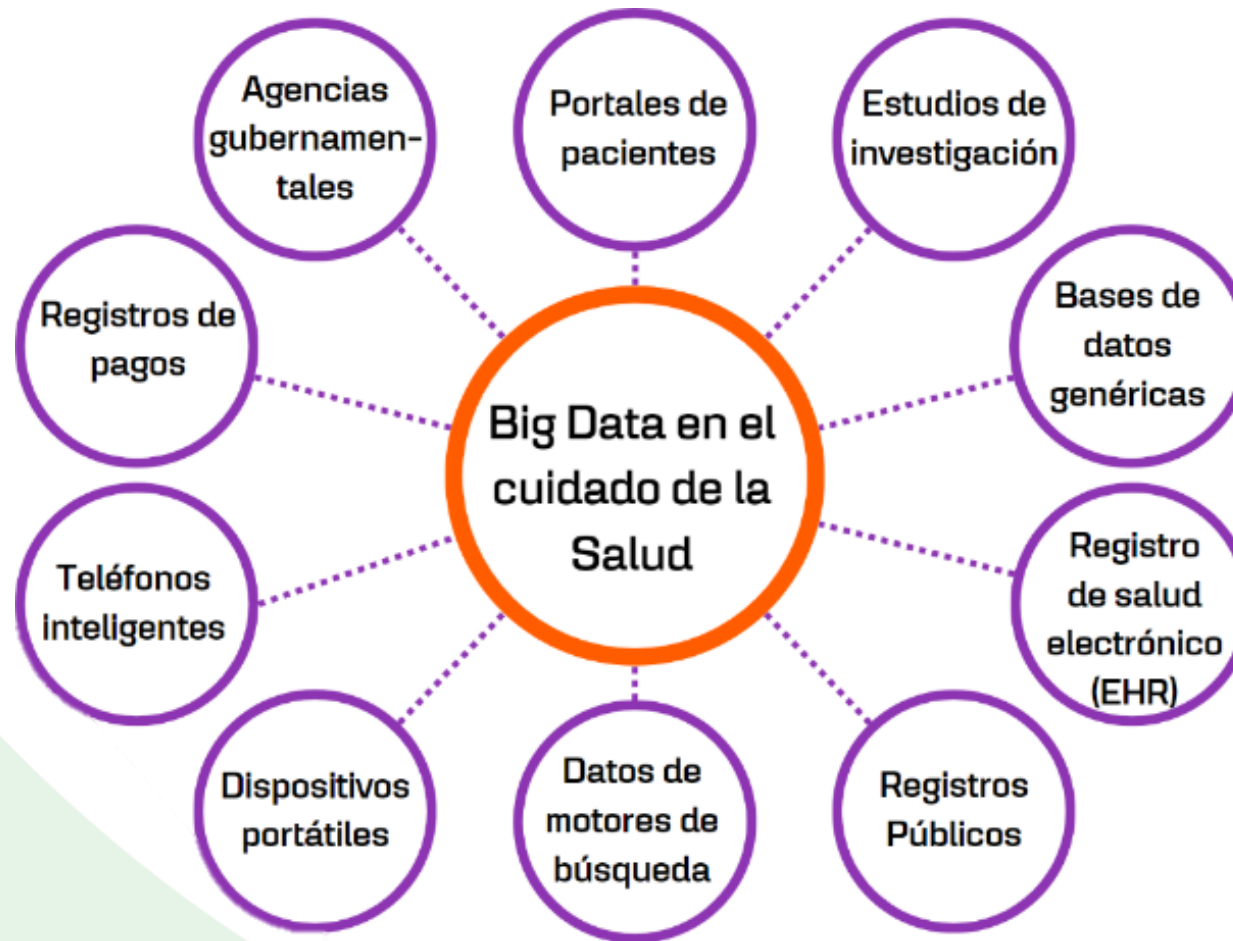
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Tecnología Digital Enfocada en la Salud

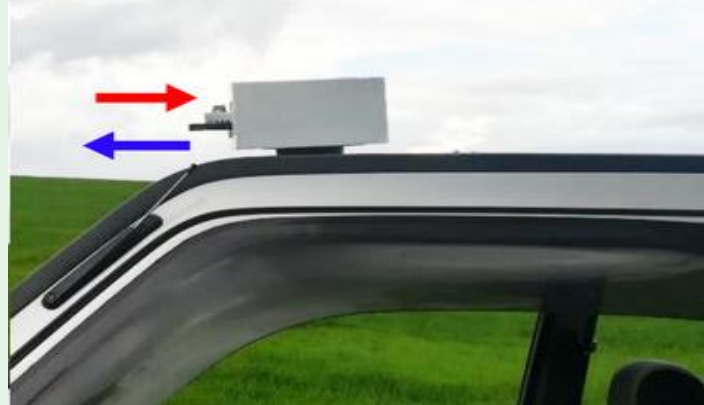
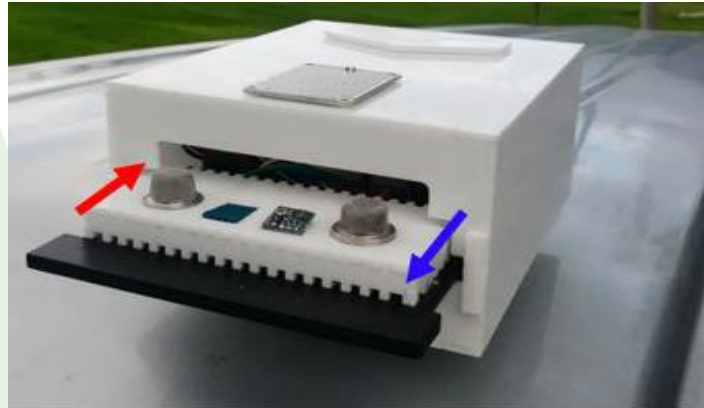


Fuentes de información para el Big Data enfocada en la salud, Vyslotskyi (2020)

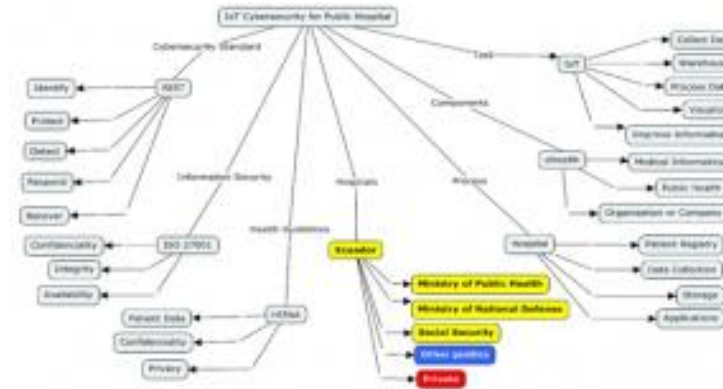


IoT en la Salud Ecuatoriana

Existen algunos proyectos que abordan el uso del IoT enfocado en la salud de los ecuatorianos:



Dispositivo inteligente, portable y de bajo costo para medir la calidad del aire, (Alvear et al., 2022).



Una Encuesta Y Una Recomendación De Ciberseguridad IoT Para Hospitales Públicos Y Privados En Ecuador, (Tanzado et al., 2020).

Introducción

Marco conceptual

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

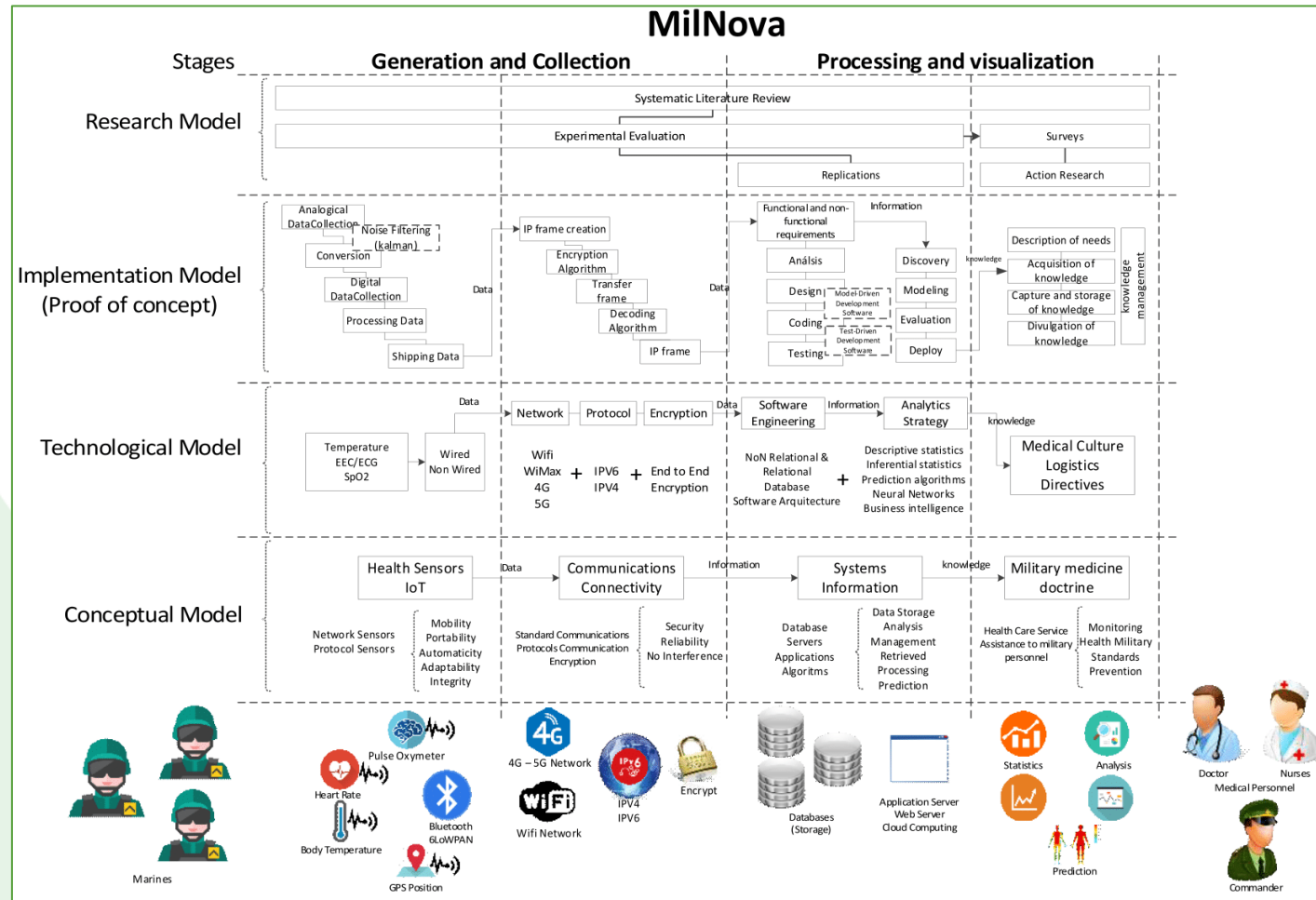
Recomendaciones

Trabajos futuros



IoT en la Salud Ecuatoriana

Existen algunos proyectos que abordan el uso del IoT enfocado en la salud de los ecuatorianos:



MilNova, (Reyes et al., 2017).

Introducción

Marco conceptual

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Dispositivos de Medición de los Signos Vitales



Introducción

Frecuencia cardíaca

Monitor de frecuencia cardíaca



Sensor de pletismografía de pulso



Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Dispositivos de Medición de los Signos Vitales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

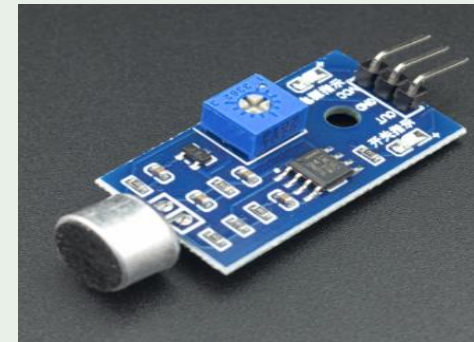
Trabajos futuros

Frecuencia respiratoria

Monitor de
respiración



Módulo de detección
de sonido





Dispositivos de Medición de los Signos Vitales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Presión arterial

Monitor de presión
arterial



Tensiómetro digital





Dispositivos de Medición de los Signos Vitales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Saturación de oxígeno

Oxímetro de pulso



Sensor Max30100





Dispositivos de Medición de los Signos Vitales

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Temperatura corporal

Termómetro Digital



Sensor MLX90614





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Diseño, Construcción y Programación de la Estación de Triage



Identificación de requerimientos

Introducción

Marco conceptual

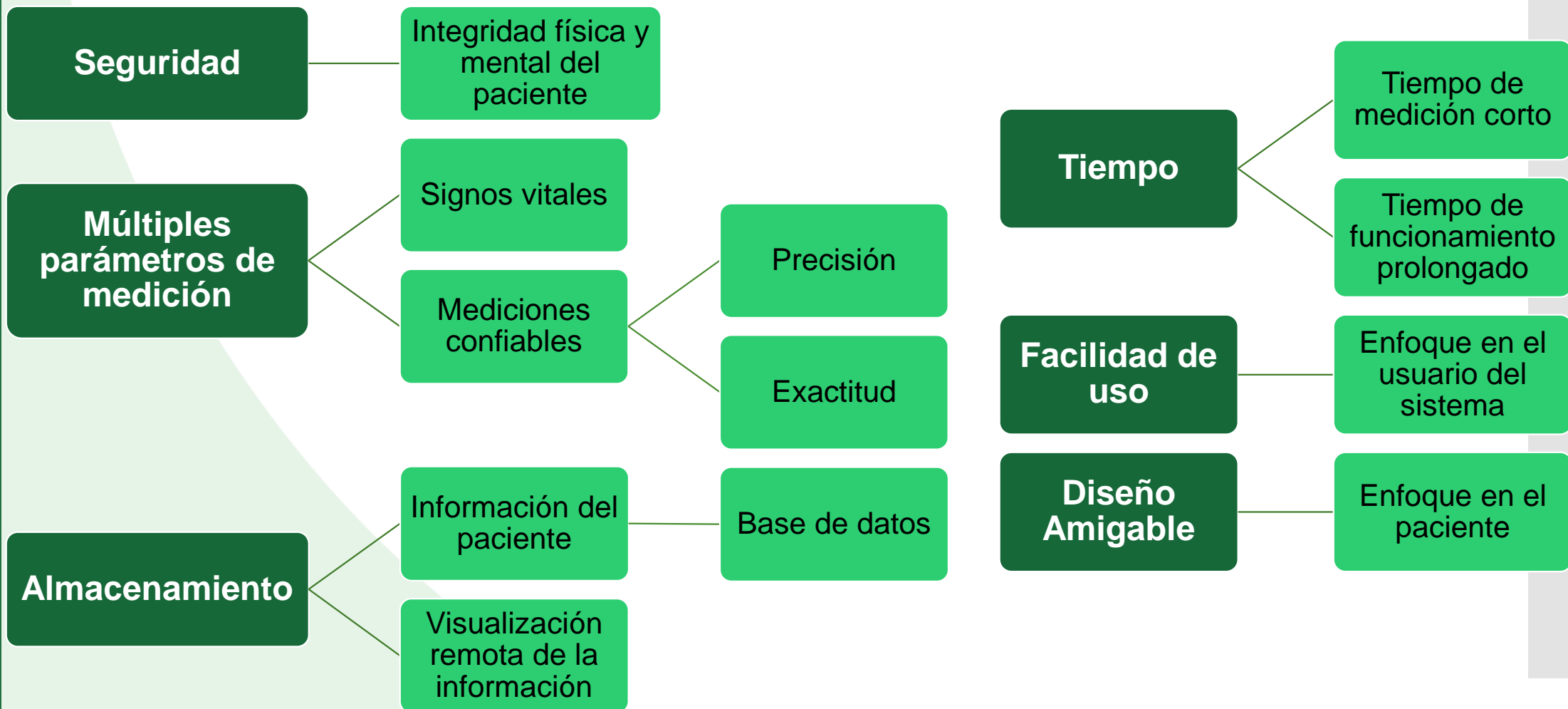
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Segmentación de la población objetivo

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

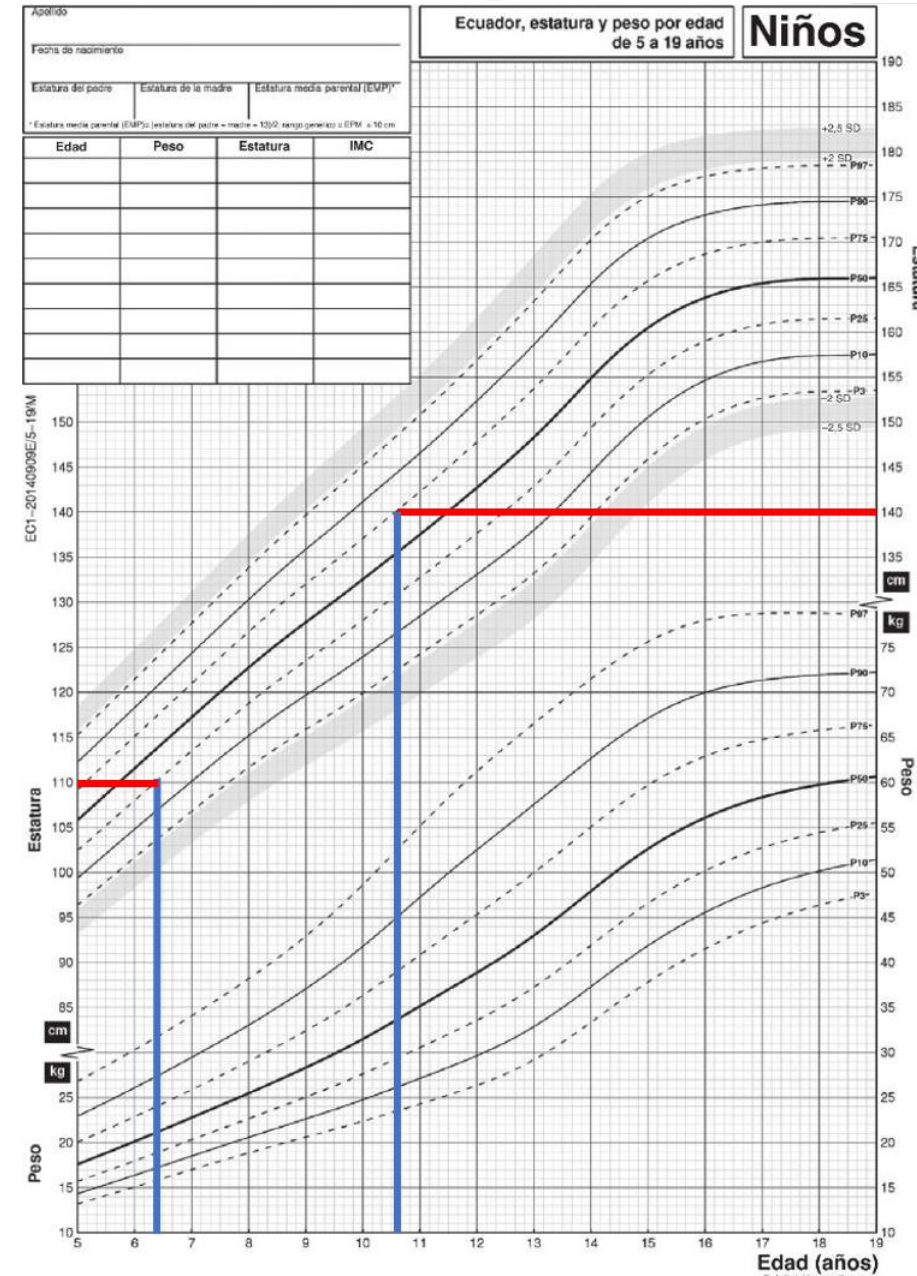
Recomendaciones

Trabajos futuros

La niñez es la etapa de la vida en donde la persona se encuentra en constante desarrollo físico. Los niños crecen hasta cierta edad y es distinta en cada caso, en dependencia de la edad a la que comienza su pubertad. Esto significa que, **no existe una referencia o correspondencia exacta** entre la edad del niño y su estatura, pero sí se puede trabajar con una base estadística. (Tarupi et al., 2020).

Para realizar la segmentación por edades se elige un percentil como base. Se optó por seleccionar el percentil 75 ya que tiene un buen grado de aceptación y es un poco más flexible a diferencia de los percentiles 97 y 90.

Se puede afirmar que el 75% de niños que tengan la edad perteneciente al rango mencionado, medirán entre **110 y 140 cm**. No obstante, si se desea tener un rango con valores numéricos aproximados, se podría decir que es de **6 a 10 años**.





Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

1. Frecuencia Cardíaca

Marco conceptual

Criterios	Peso	Monitor de frecuencia cardíaca		Sensor de pletismografía de pulso		Tensiómetro digital	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	4	1	4	1
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2	5	1.5
Costo asequible	0.15	3	0.45	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75	3	0.45
Acoplamiento a la estructura base	0.15	3	0.45	5	0.75	4	0.6
Total	1		3.9		4.15		4.15
¿Seleccionar?			No		Si		Si

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

2. Frecuencia Respiratoria

Marco conceptual

Criterios	Peso	Monitor de respiración		Módulo de detección de sonido	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	4	1	4	1
Precisión	0.3	4	1.2	3	0.9
Costo asequible	0.15	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	2	0.3
Total	1		4		3.55
¿Seleccionar?			Si		No

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

3. Presión Arterial

Marco conceptual

Criterios	Peso	Monitor de presión		Tensiómetro digital	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	4	1
Precisión	0.3	3	0.9	5	1.5
Costo asequible	0.15	3	0.45	4	0.6
Disponibilidad	0.15	5	0.75	3	0.45
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	4	0.6
Total	1		3.45		4.15
¿Seleccionar?			No		Si

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

4. Saturación de oxígeno

Marco conceptual

Criterios	Peso	Oxímetro de pulso		Sensor Max30100	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	5	0.75
Disponibilidad	0.15	4	0.6	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	5	0.75
Total	1		4.05		4.7
¿Seleccionar?			No		Si

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

5. Temperatura corporal

Marco conceptual

Criterios	Peso	Termómetro digital		Sensor MLX90614	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	4	0.6
Disponibilidad	0.15	4	0.6	4	0.6
Acoplamiento a la estructura base	0.15	3	0.45	4	0.6
Total	1		3.9		4.25
¿Seleccionar?			No		Si

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Introducción

6. Peso corporal

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Criterios	Peso	Balanza digital		Celda de carga de 50 kg	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de programación	0.25	3	0.75	5	1.25
Precisión	0.3	5	1.5	4	1.2
Costo asequible	0.15	4	0.6	5	0.75
Disponibilidad	0.15	5	0.75	5	0.75
Acoplamiento a la estructura base	0.15	4	0.6	4	0.6
Total	1		4.2		4.55
¿Seleccionar?			No		Si



Selección de sensores y dispositivos electrónicos

Resumen:

Parámetro de medición	Dispositivo seleccionado	Dispositivo de adquisición de datos
Frecuencia cardíaca	Tensiómetro digital	Arduino Nano
Frecuencia respiratoria	Monitor de respiración	MyDAQ
Presión arterial	Tensiómetro digital	Arduino Nano
Saturación de oxígeno	Sensor Max30100	Arduino Nano
Temperatura corporal	Sensor MLX90614	Arduino Nano
Peso corporal	Celda de carga de 50 kg	Arduino Nano

Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

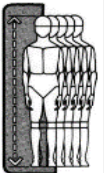
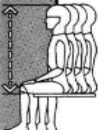
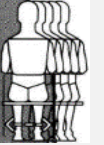
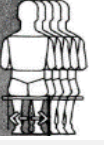
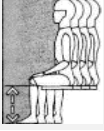
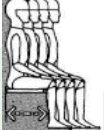
Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño mecánico del Prototipo

Definición de dimensiones

Medidas ant.	Percentil	6 años			10 años		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
Peso [kg]		17.4	24.1	28	25.5	32.5	45
Estatura [cm]		110.7	118.5	128.0	129.3	140.6	151.3
Distancia Asiento – Cabeza [cm]		60.2	67.1	69.5	67.4	73.1	78.5
Anchura Codos [cm]		21.7	26.2	28.8	24.3	28.5	34.4
Anchura Caderas [cm]		18.1	21.3	23.5	21.1	24.1	28.9
Altura Poplítea [cm]		26.3	29.3	32.6	32.2	35.9	39.7
Largo Nalga Poplítea [cm]		28.6	31.9	37.4	35.3	39.7	46.5

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Definición de dimensiones

Introducción

Marco conceptual

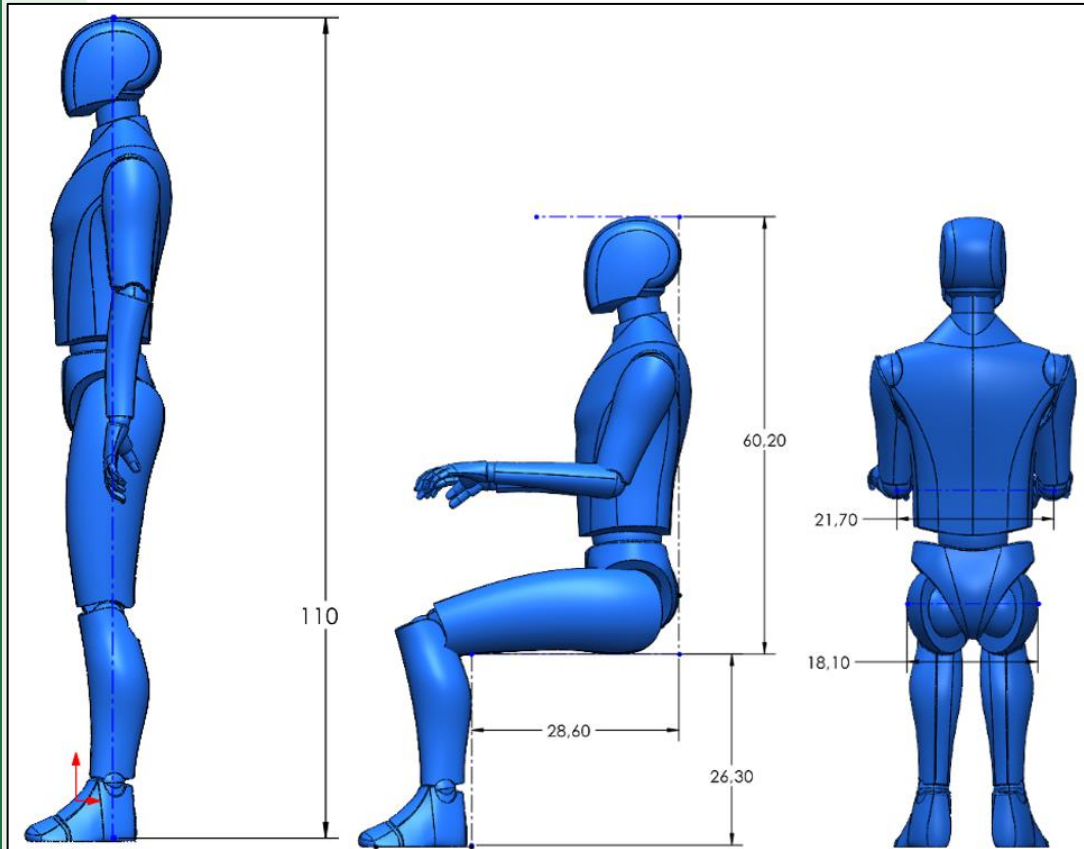
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

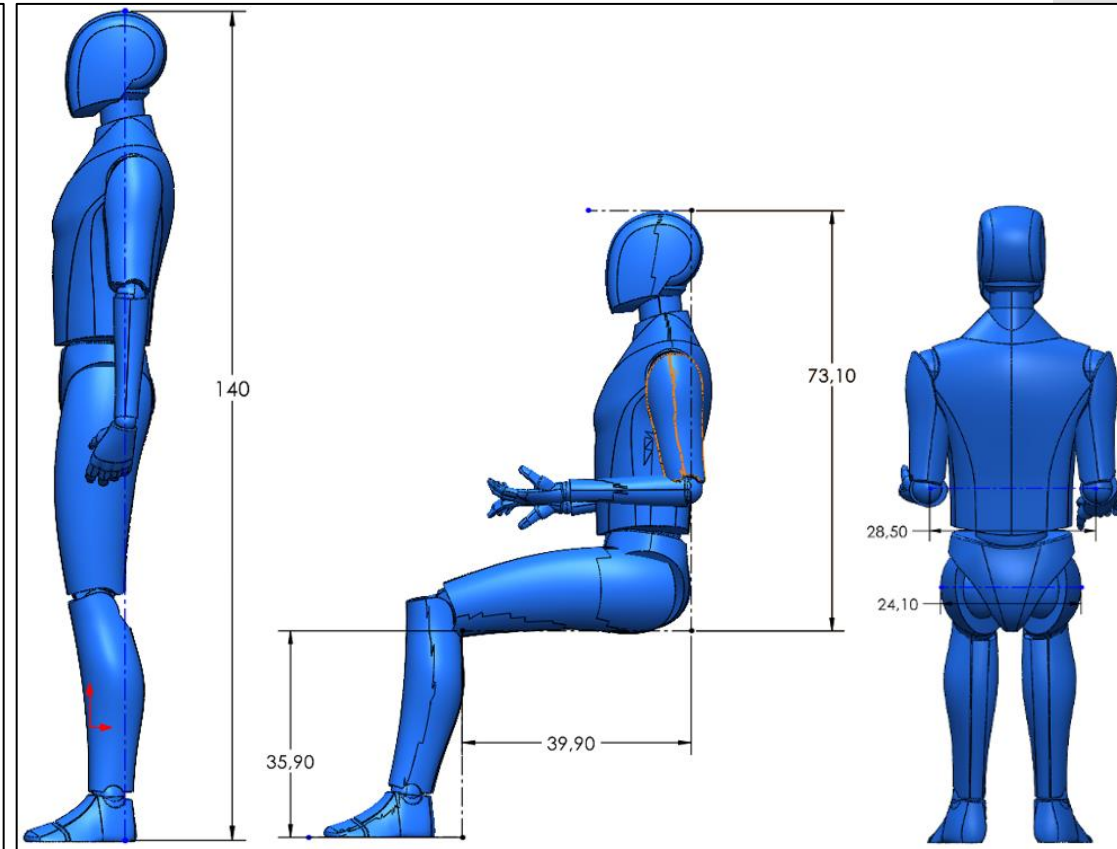
Conclusiones

Recomendaciones

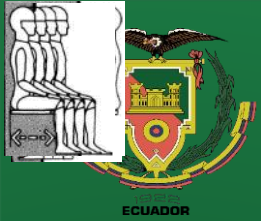
Trabajos futuros



Dimensiones antropométricas de un niño de 6 años
(estatura 110 cm)



Dimensiones antropométricas de un niño de 10 años
(estatura 140 cm)



Definición de dimensiones

Medidas antropométricas para el diseño de la estación

Medida Antropométrica	Dimensión
Peso [kg]	45
Distancia Asiento – Cabeza [cm]	73.1
Anchura Codos [cm]	28.5
Anchura Caderas [cm]	24.1
Altura Poplítea [cm]	26.3
Largo Nalga Poplítea [cm]	28.6

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Diseño estructural

	Concepto A	Concepto B	Concepto C
Detalles	Diseño simple pero confortable para la población objetivo.	Diseño complejo pero muy confortable para la población.	Diseño sencillo pero confortable para la población objetivo.
Ventaja	Los equipos se ubican en la estructura. Fácil construcción de la estructura y acople del tapizado.	Forma muy llamativa para la población objetivo. Celdas de carga de precio asequible.	Forma llamativa para la población objetivo. Celdas de carga asequibles. Fácil construcción de la estructura y del tapizado
Desventajas	La celda de carga de alta calidad es costosa. Forma poco llamativa para la población	Construcción de la estructura con tapizado compleja. Se requiere de una estructura adicional para medir el peso.	Se requiere de una estructura adicional para medir el peso.

Imagen referencial





Diseño estructural

Matriz de evaluación y selección de conceptos para diseño mecánico de la estación

Criterios	Peso	Concepto A		Concepto B		Concepto C	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Facilidad de manufactura	0.2	5	1	3	0.6	5	1
Dispositivos embebidos	0.15	5	0.75	3	0.45	4	0.6
Diseño llamativo	0.2	2	0.4	5	1	4	0.8
Facilidad de movilización	0.1	5	0.5	2	0.2	4	0.4
Menor costo de dispositivos	0.15	3	0.45	4	0.6	5	0.75
Confortabilidad del paciente	0.2	3	0.6	5	1	4	0.8
Total	1		3.7		3.85		4.35
¿Continuar?			No		No		Si

Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Selección del material de la estructura

Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Propiedad mecánica	Acero ASTM A36	Aleación de Aluminio 1060	Acero Inoxidable AISI 304
Módulo elástico [GPa]	210 000	69	193
Coefficiente de Poisson	0.29	0.33	0.3
Módulo cortante [GPa]	78 000	26	79
Densidad de masa [kg/m ³]	7 800	2 700	7 900
Límite de tracción [MPa]	400	125	550
Límite de compresión [MPa]	220	90	330
Límite elástico [MPa]	205	60	550
Coefficiente de expansión térmica [K ⁻¹]	0.000012	0.000023	0.000011
Conductividad térmica [W/(m.K)]	44	205	16.2
Calor específico [J/kg.K]	486	910	500
Cociente de amortiguamiento del material	0.01	0.03	0.3



Selección del material de la estructura

Introducción

Matriz de selección del material de la estructura

Criterios	Peso	Acero ASTM A36		Aleación de Aluminio 1060		Acero Inoxidable AISI 304	
		Calif.	Eval.	Calif.	Eval.	Calif.	Eval.
Maquinabilidad Sencilla	0.15	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Costo de Soldadura	0.25	5	1.25	4	1	3	0.75
Disponibilidad en el mercado	0.15	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Menor peso	0.1	3	0.3	5	0.5	3	0.3
Menor costo por metro	0.15	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Resistencia a la tracción, compresión y flexión	0.2	5	1	3	0.6	3	0.6
Total	1		4.65		4.05		3.15
¿Se recomienda?			Si		No		No

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño asistido por computador

Introducción

Marco conceptual

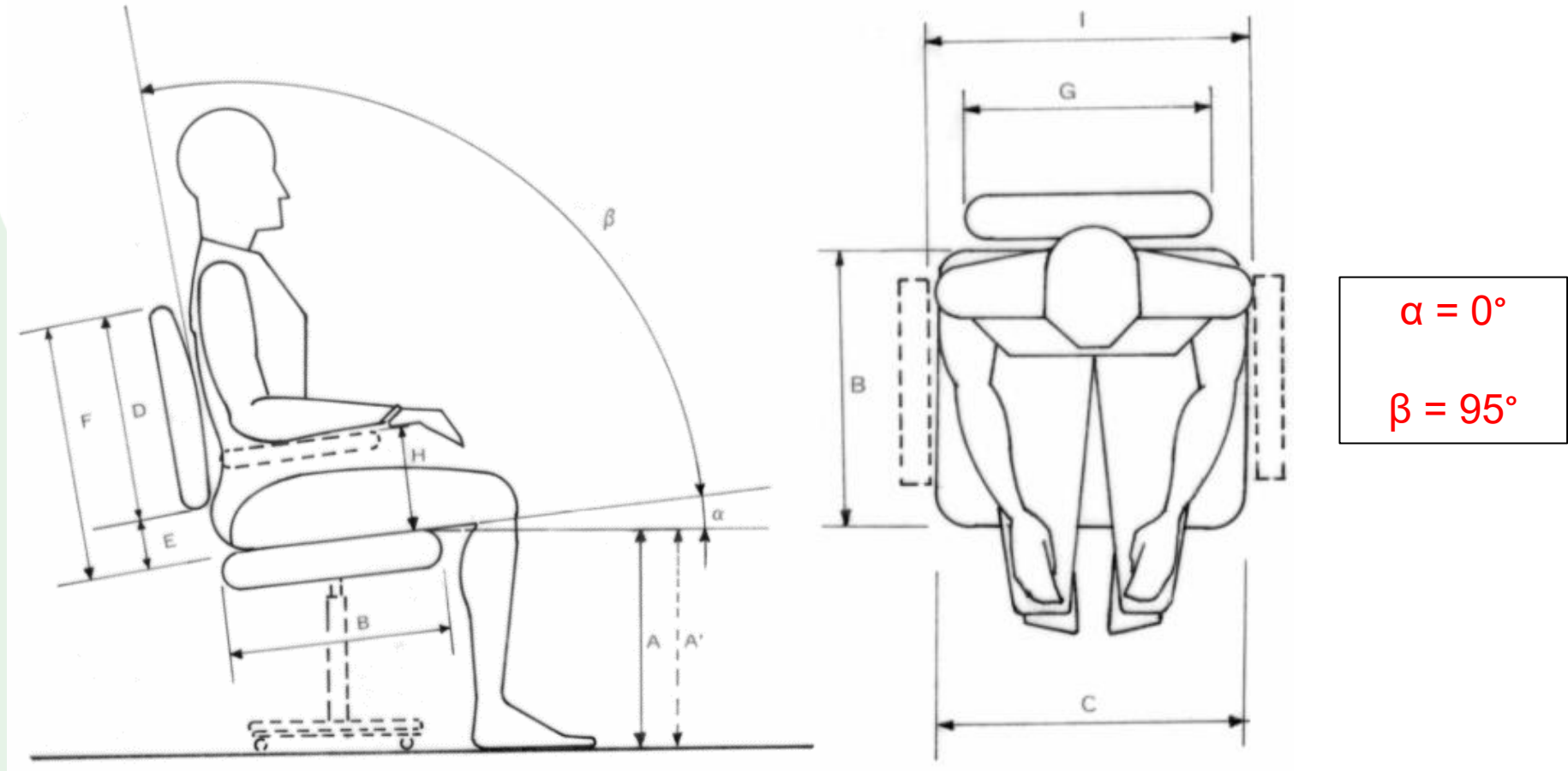
Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Norma INEN 1647, 2020.



Diseño asistido por computador

Introducción

Marco conceptual

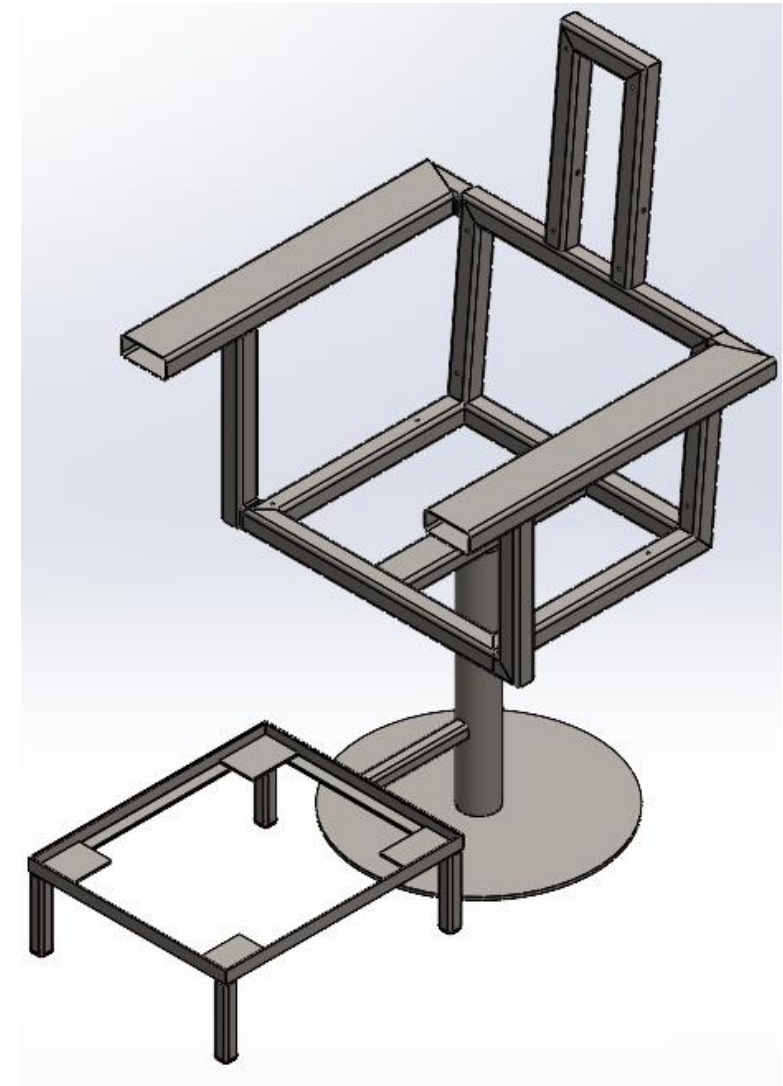
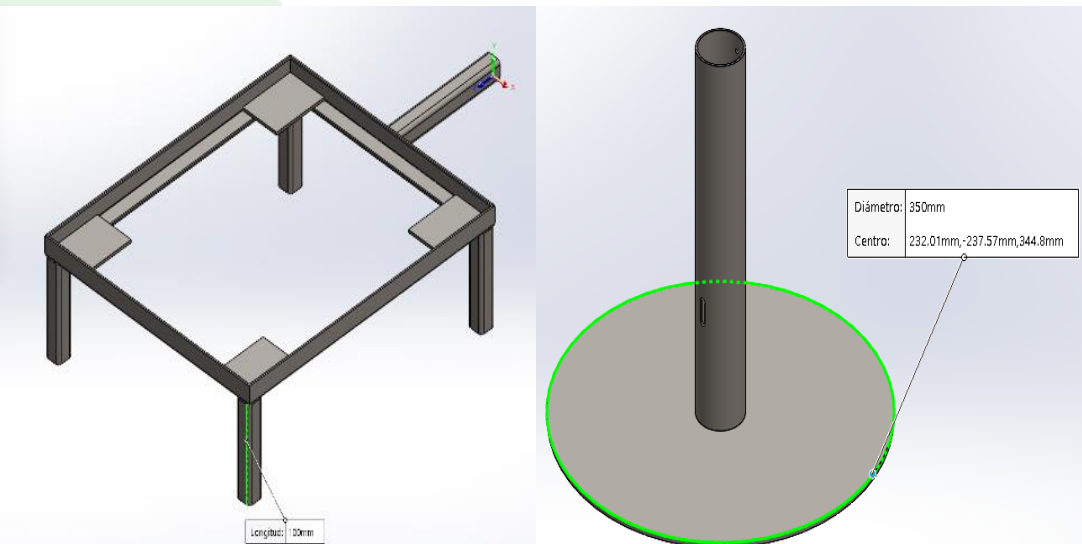
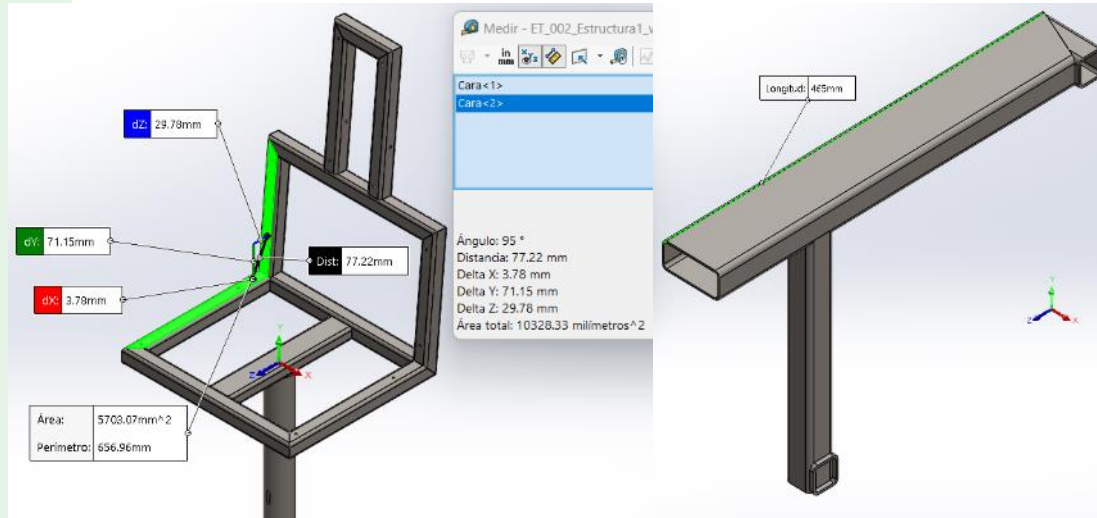
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Diseño asistido por computador

Introducción

Marco conceptual

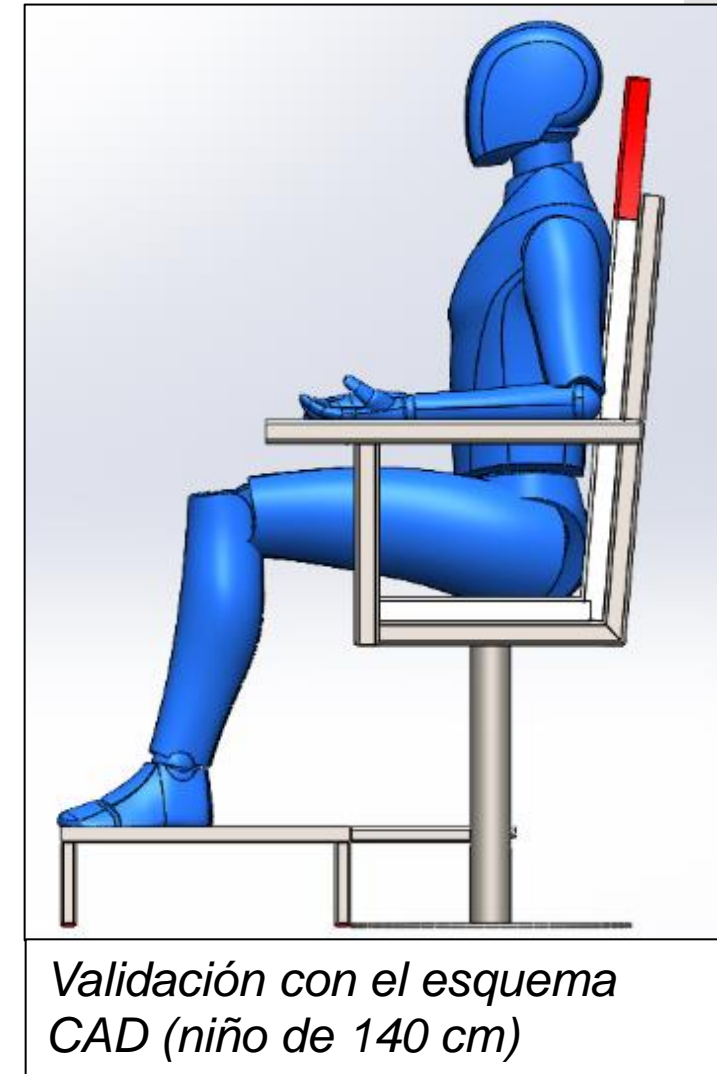
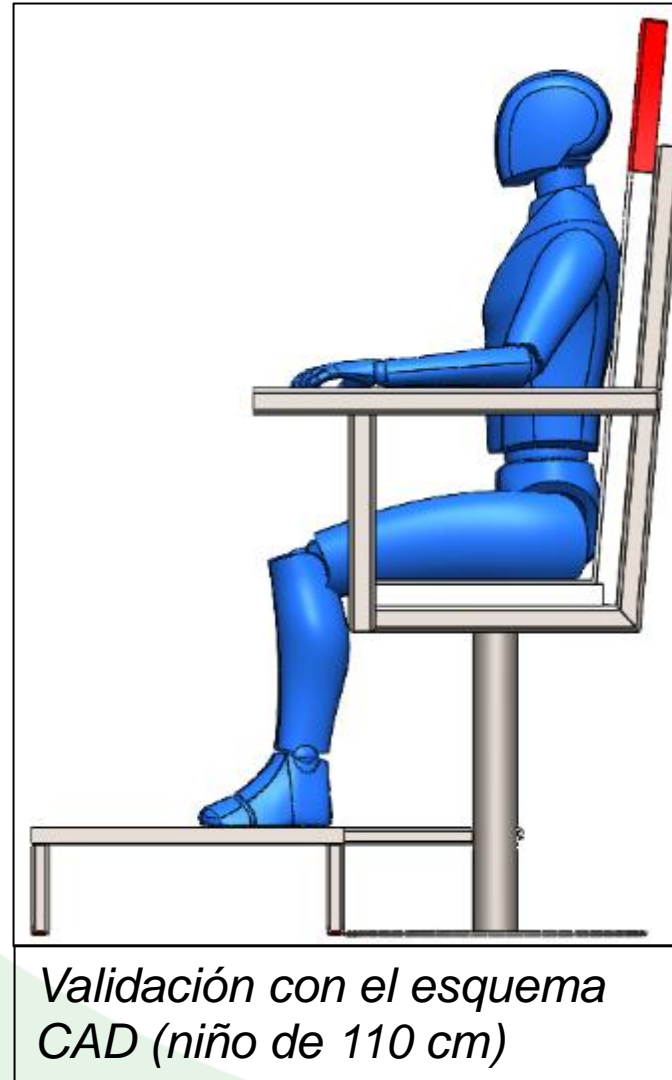
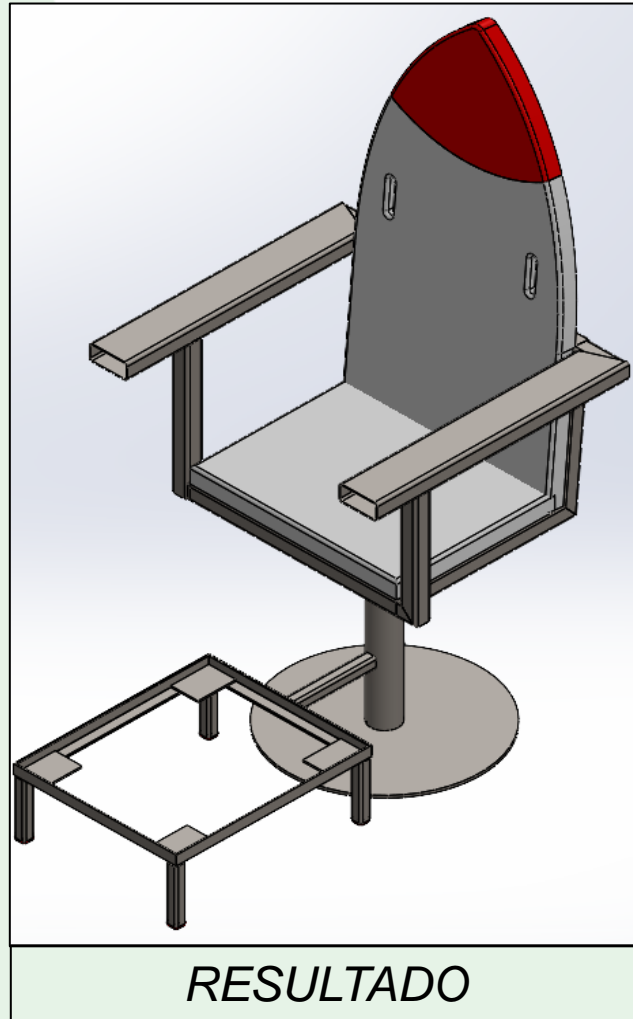
Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

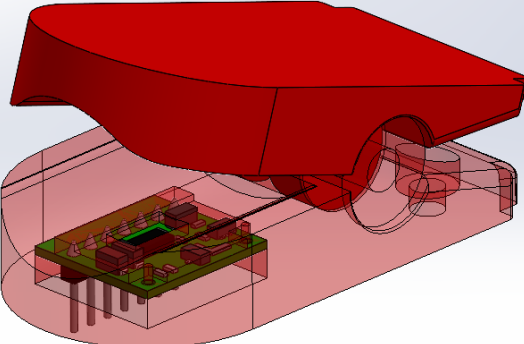
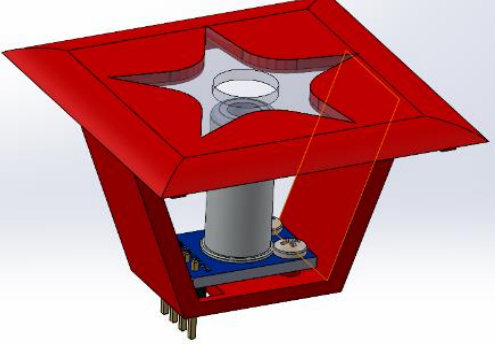
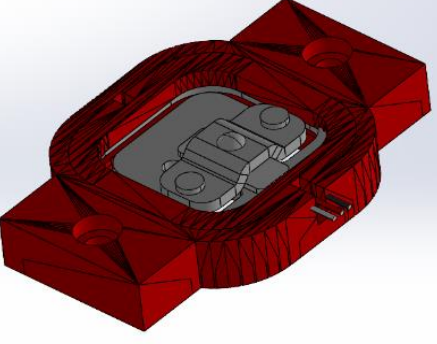
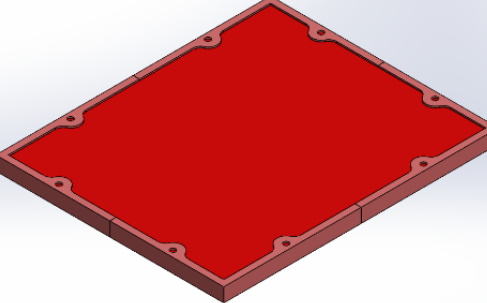
Trabajos futuros





Acondicionamiento mecánico de los sensores

Introducción

Saturación de oxígeno	Temperatura corporal	Peso corporal	
			

Marco conceptual

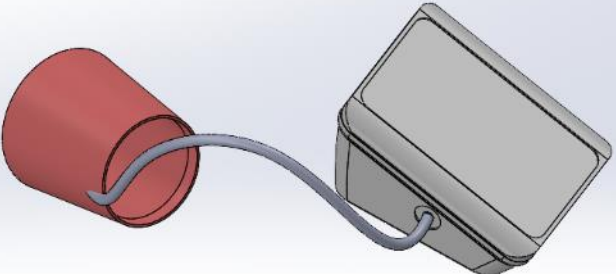

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Presión arterial y pulso	Frecuencia respiratoria
	



ECUADOR

Acondicionamiento mecánico de los sensores

Introducción

RESULTADO:

Marco conceptual

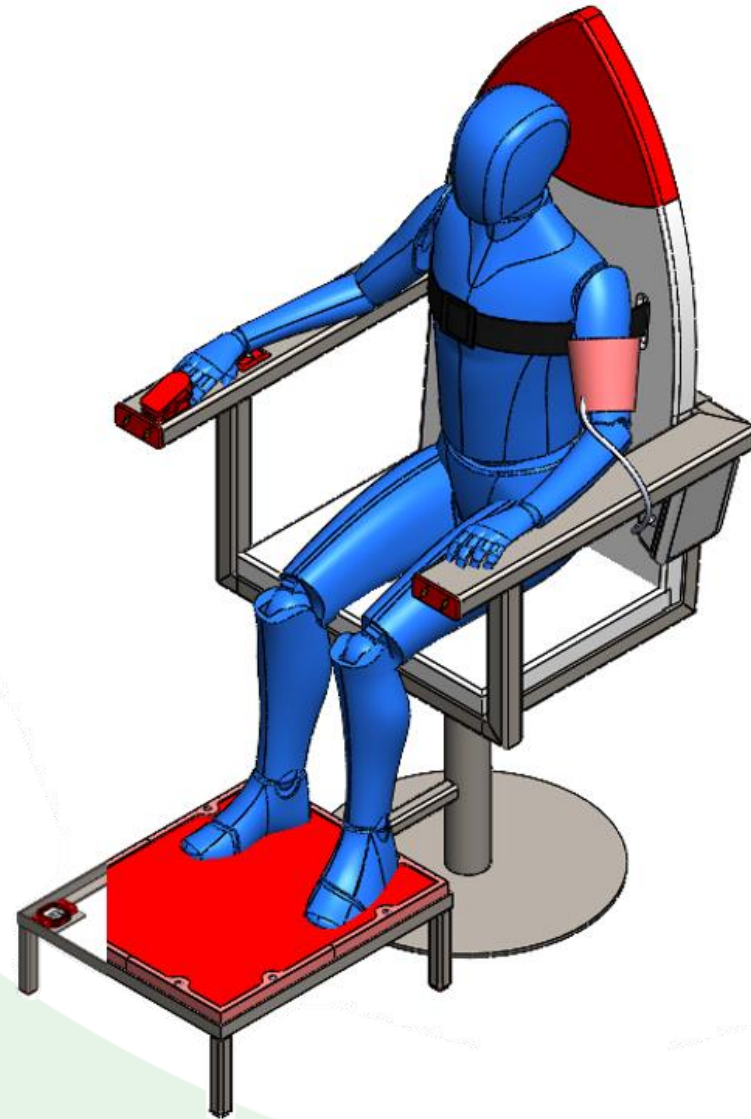
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Análisis Estático de la Estructura

Estructura base

Introducción

Marco conceptual

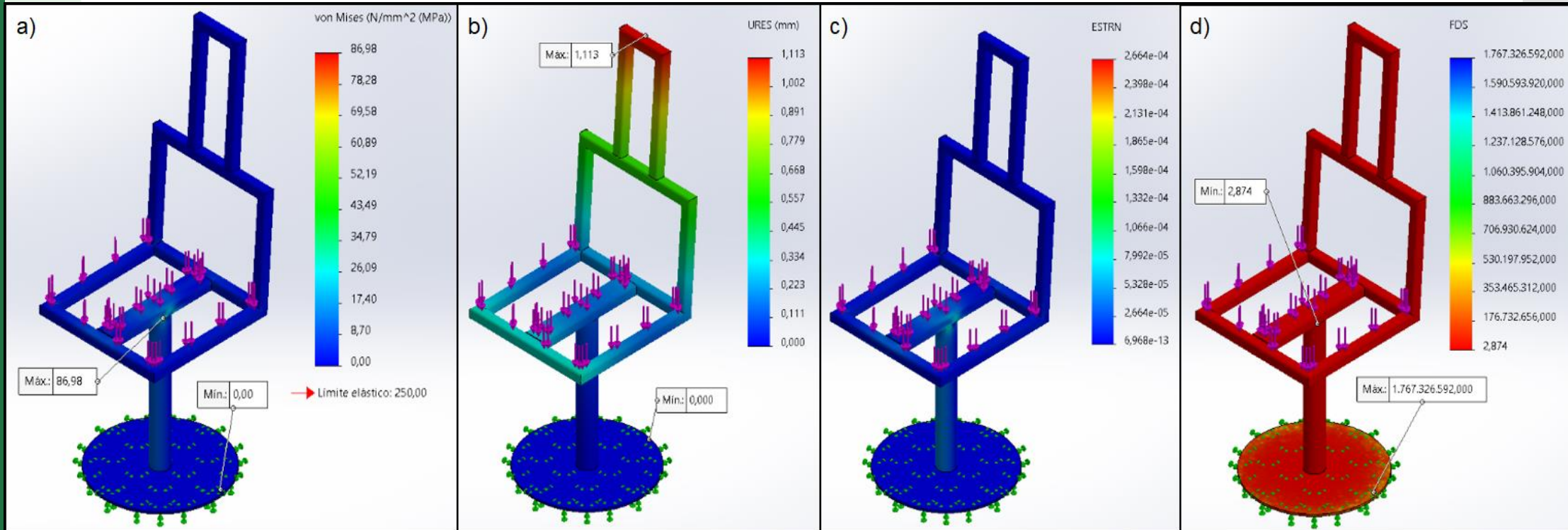
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Esfuerzo de Von Mises (a), desplazamientos (b), deformaciones unitarias (c) y factor de seguridad (d).



Análisis Estático de la Estructura

Plataforma

Introducción

Marco conceptual

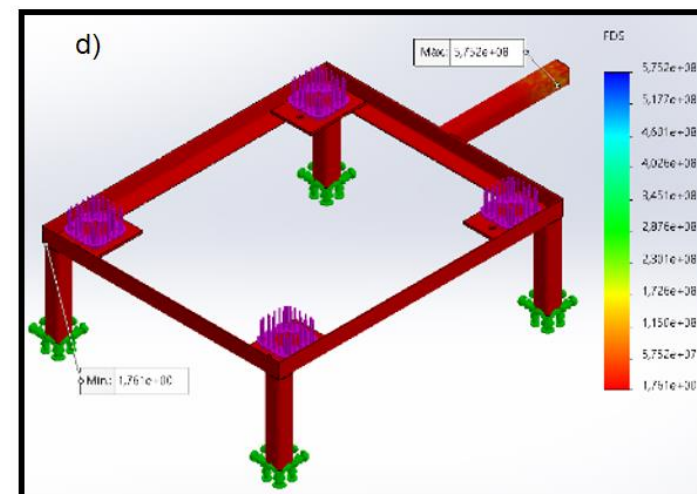
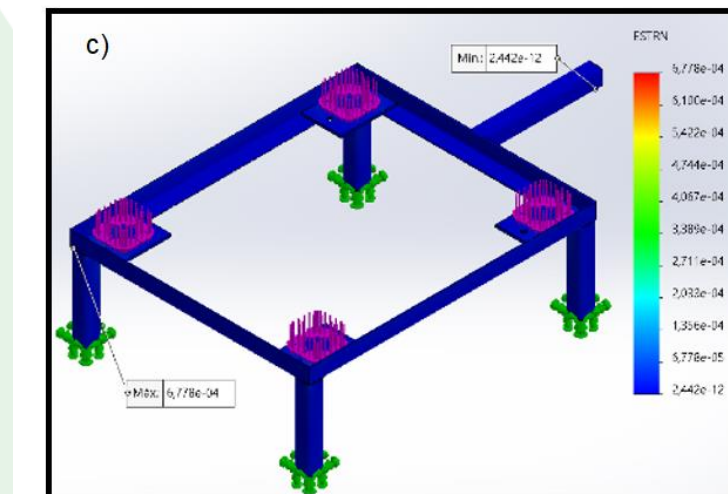
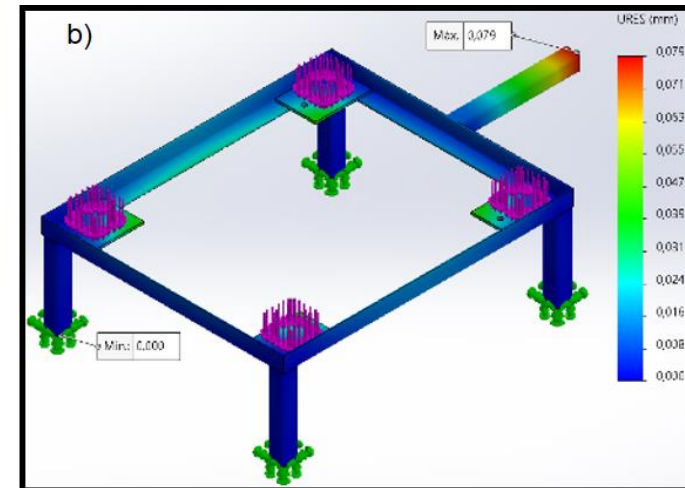
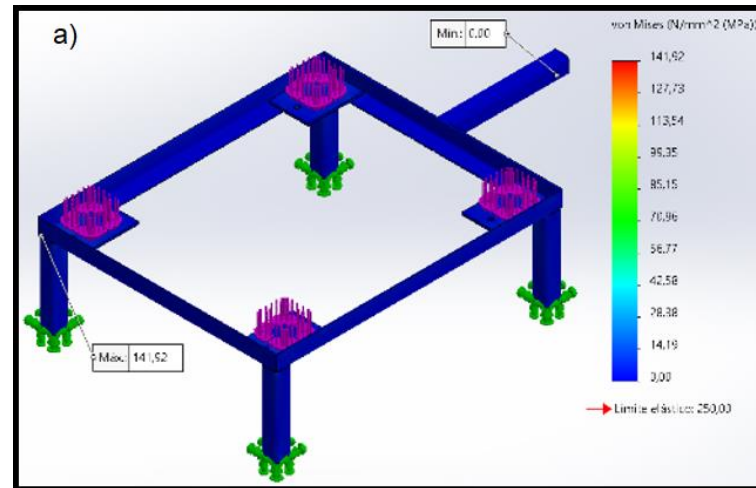
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Esfuerzo de Von Mises (a), desplazamientos (b), deformaciones unitarias (c) y factor de seguridad (d).



Análisis Estático de la Estructura

Cuadro de resumen de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad

Estructura	Esfuerzo máximo Von Mises [MPa]	Desplazamientos [mm]	Deformaciones unitarias	Factor de seguridad
Estructura base	86.98	1.11	2.66×10^{-4}	2.87
Plataforma	141	0.079	6.78×10^{-4}	1.7

Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



ECUADOR

Construcción de la estructura

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Diseño electrónico del prototipo

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

**Adquisición de
las señales de los
sensores y
equipos**



**Integración de
componentes
electrónicos**



Adquisición de las señales de los sensores y equipos

Introducción

Presión arterial y frecuencia cardíaca

Marco conceptual

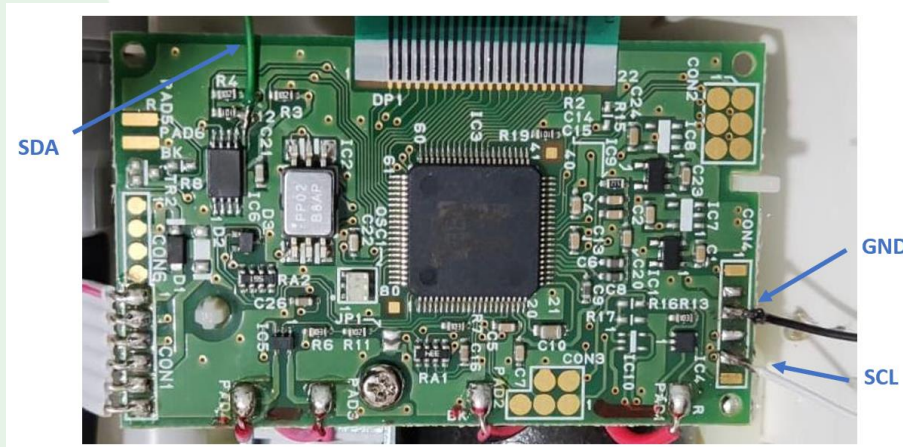
Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

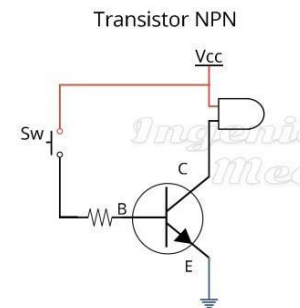
Trabajos futuros



Conexiones internas del tensiómetro

ARDUINO

I2C



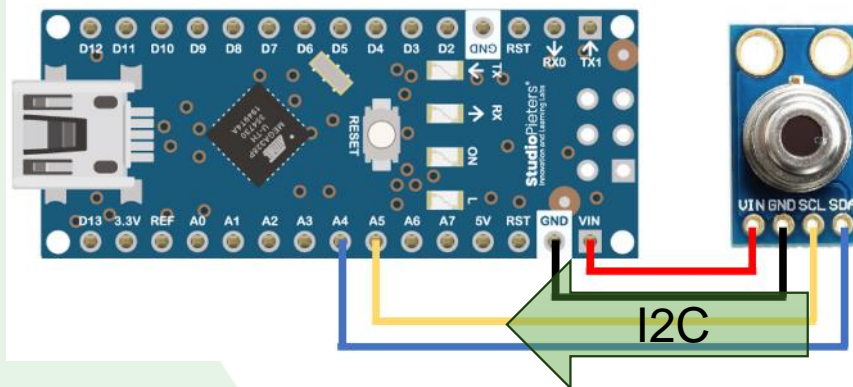
Descripción	Valor
Valor de inicio	128
Valor de confirmación	3
Presión sistólica	101
Presión diastólica	76
Frecuencia cardíaca	53
Valor final	128



Adquisición de las señales de los sensores y equipos

Introducción

Temperatura corporal



Conexiones para el sensor MLX90614



Medición	Temperatura real [C°]	Temperatura sensor [C°]
1	35.9	30.9
2	36.3	32.7
3	36.1	33.5
4	36.1	33.3
5	36.2	32.1
Promedio	36.12	32.5

Sin compensación

Medición	Temperatura real [C°]	Temperatura compensada [C°]
1	36.1	36.22
2	36.2	36.36
3	36.3	36.33
4	36.1	36.23
5	36.0	36.25

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

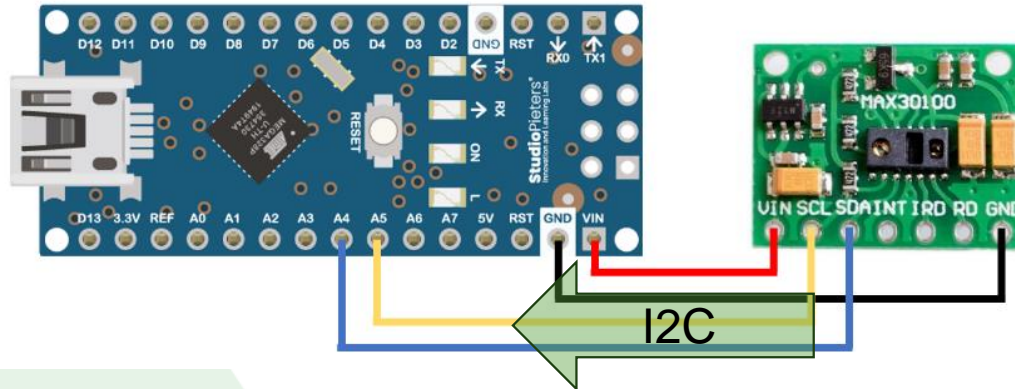
Trabajos futuros



Adquisición de las señales de los sensores y equipos

Introducción

Saturación de oxígeno



Conexiones para el sensor MAX30100

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Medición	Valor oxímetro [%]	Valor sensor [%]
1	96	96
2	95	94
3	96	96
4	96	96
5	96	95

Sin compensación

Marco conceptual

Recomendaciones

Trabajos futuros



Adquisición de las señales de los sensores y equipos

Introducción

Frecuencia Respiratoria

*Filtro pasa bajas de orden 100
Frecuencia de corte: 5 Hz*

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

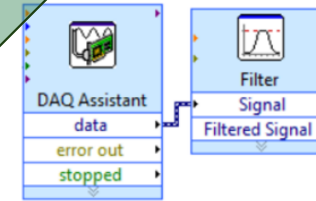
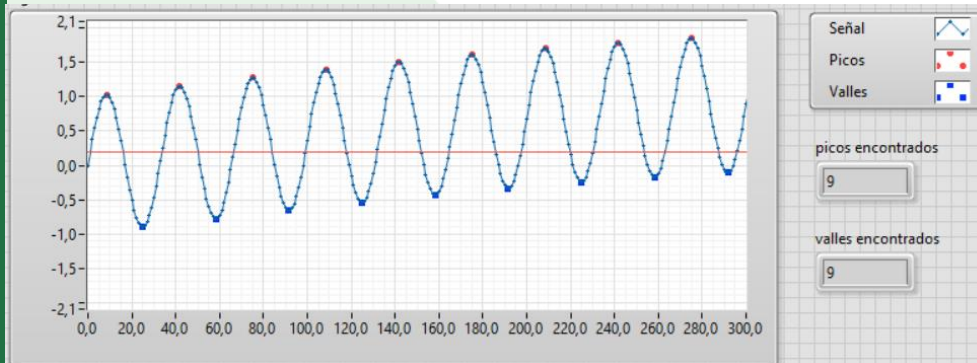
Recomendaciones

Trabajos futuros



Conexión directa

LabView

Conteo de picos y valles de la señal filtrada

$$FR = \frac{60 * (\#valles - 1)}{\text{tiempo entre valles}}$$

Medición	Forma tradicional [respiraciones/min]	Valor sensor [respiraciones/min]
1	20	20.54
2	19	18.83
3	20	19.76
4	20	20.21
5	18	18.11



Adquisición de las señales de los sensores y equipos

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

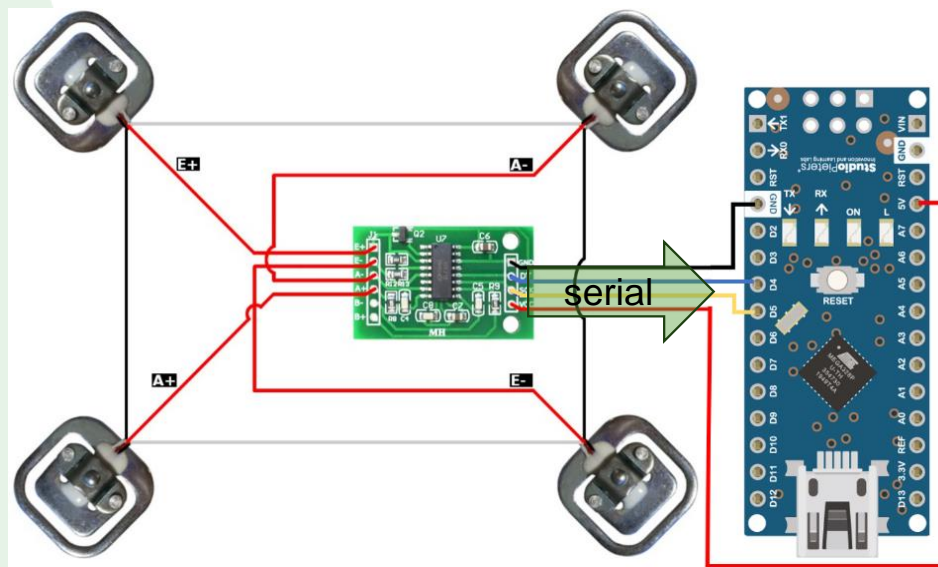
Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Peso corporal



Conexiones para las celdas de carga y el módulo HX711

Factor de calibración K

$$K = 2071.82$$

Medición	Balanza comercial [kg]	Celdas de carga [kg]
1	15	14.87
2	25	25.02
3	35	35.06
4	50	50.15
5	65	64.80



Integración de componentes electrónicos

Introducción

Marco conceptual

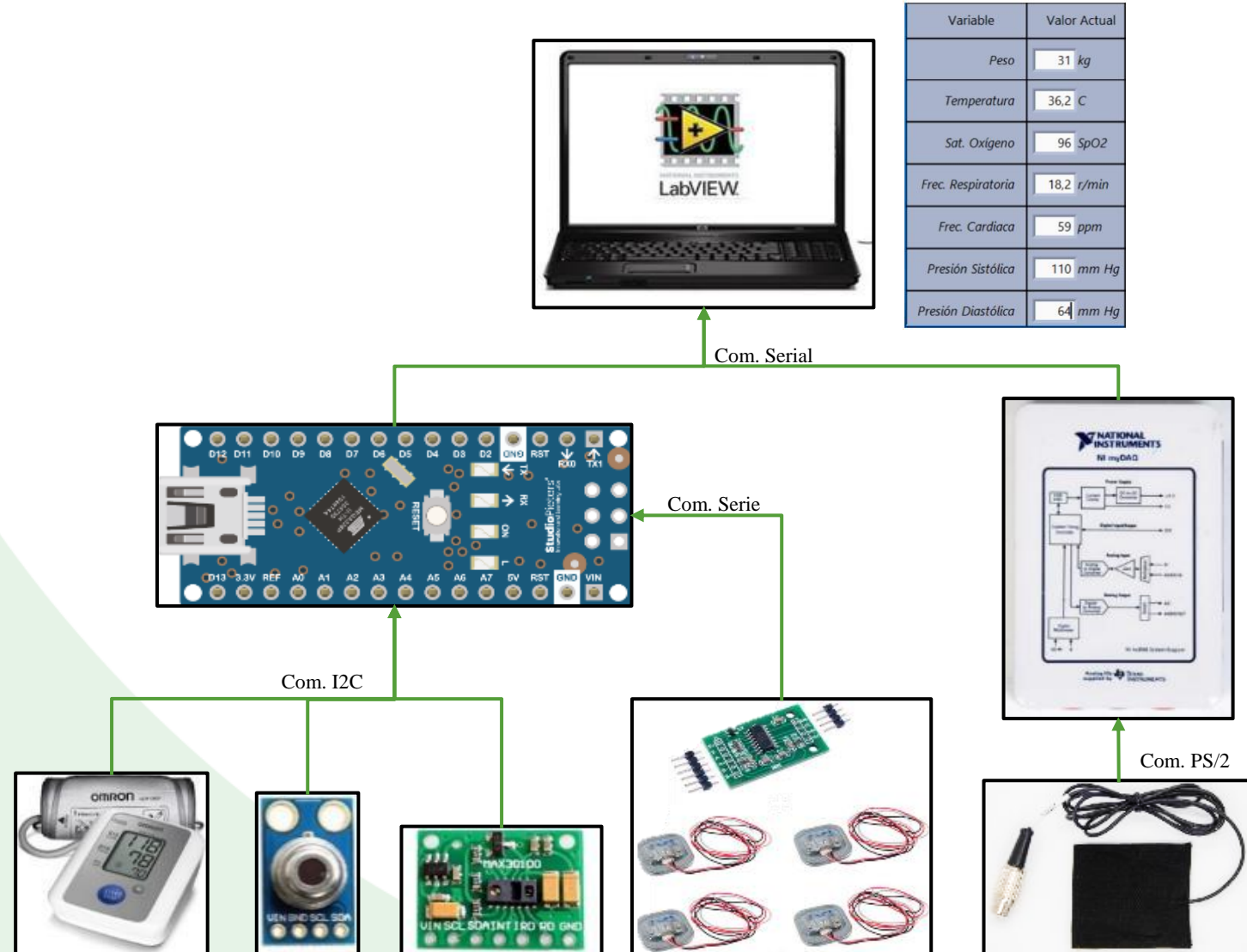
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Integración del Componente Mecánico y Electrónico

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

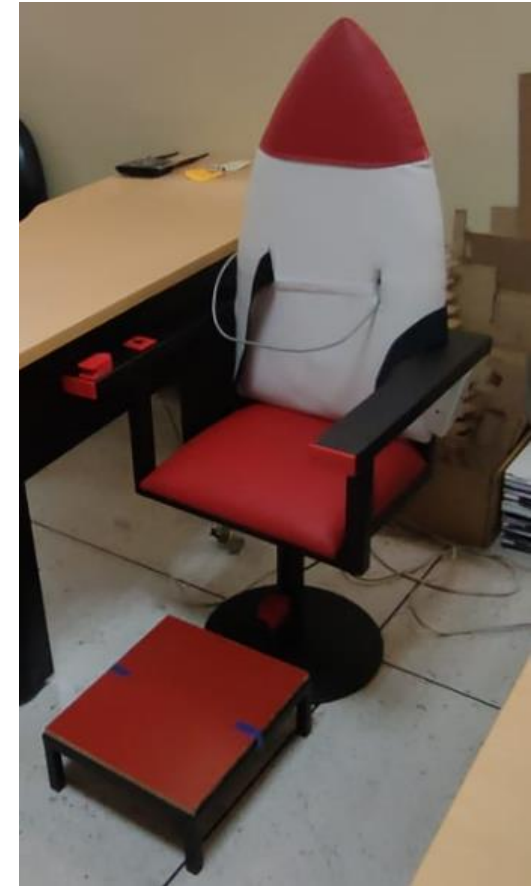
Recomendaciones

Trabajos futuros

Una vez que se comprueba el funcionamiento de los sensores, lo siguiente es colocarlos en la estructura de la estación. En este punto se da paso a la impresión 3D de los componentes de acondicionamiento mecánico.



Acople del sensor MLX 90614





Establecimiento de la base de Datos

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Requerimientos iniciales del desarrollo del IoT de la estación de triaje:

- Ser estrictamente de visualización. No se podrá editar la información en la nube.
- Permitir la búsqueda por paciente mediante el número de identificación.
- Registrar los valores de los signos vitales en función de los resultados de las mediciones.
- Mostrar de forma amigable dichos valores.
- Incluir gráficas que permitan una mejor visualización.



Esquema de comunicación del prototipo

Introducción

Marco conceptual

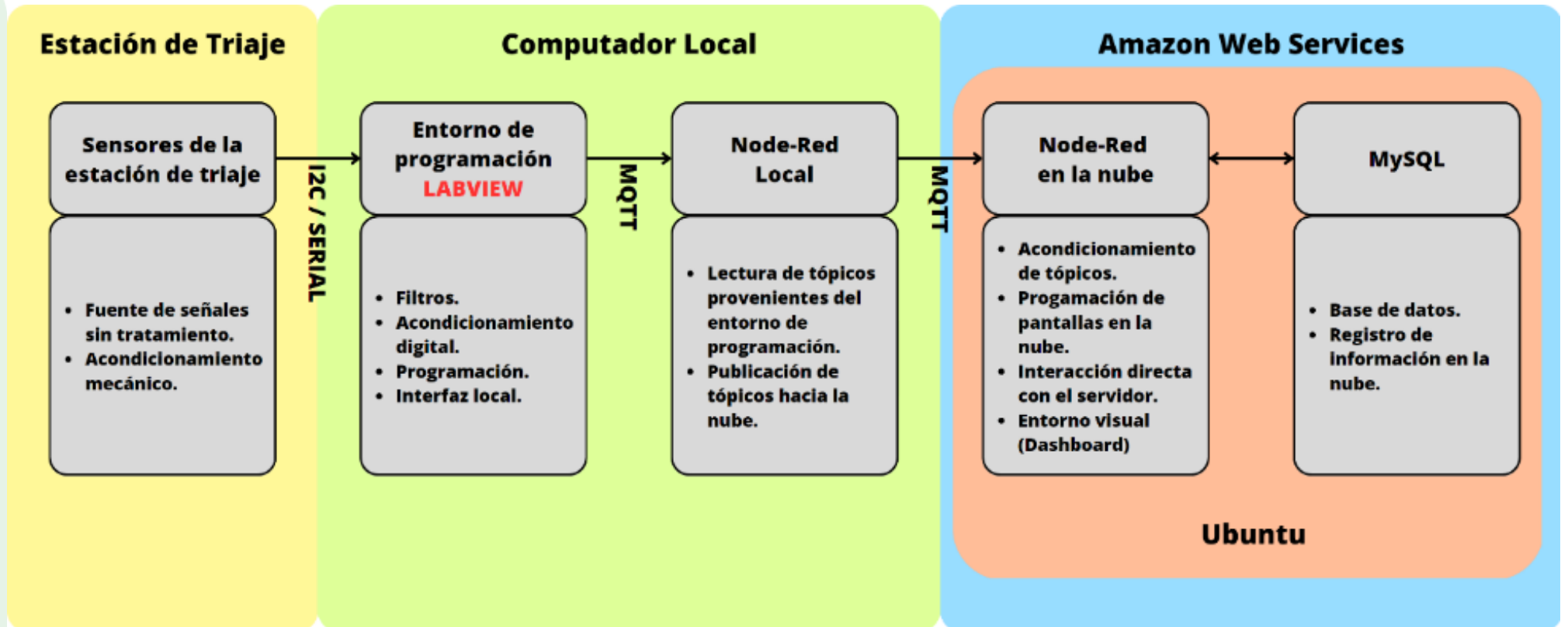
*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Interfaz en la Web

Para un mejor manejo y entendimiento de la información, se plantea el uso de **tres** pantallas que se presentan gracias al Dashboard de Node-Red.

1. Pantalla de inicio de sesión

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

100 años

CERRAR SESION

Usuario*

Contraseña*

ACEPTAR

CANCELAR

↑



Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Interfaz en la Web

Para un mejor manejo y entendimiento de la información, se plantea el uso de **tres** pantallas que se presentan gracias al Dashboard de Node-Red.

2. Pantalla de seguimiento del paciente

Base de Datos Estación de Triage

CERRAR SESIÓN

GRAFICAS

BORRAR TABLA

Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Dias	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	45.7	137.1	24.31	24	94	35.9	146	93	74	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	45.7	137.1	24.31	33	96	35.4	146	93	74	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	06/06/1...	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.5	136.3	28.8	20	95	34.3	109	68	60	14/2/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	134.3	29.72	21	96	34.7	108	77	60	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	140.7	27.08	22	96	34.6	30	64	58	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.6	140.7	27.08	21	96	34.9	107	68	63	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	73.1	106.4	64.57	0	0	0	0	0	0	2/14/20...
172820...	Alban	Maritza	6/6/1999	23	8	8	Femeni...	No	O+	53.4	139.5	27.44	23	93	32.7	114	67	63	2/14/20...

Segmentación de Datos

Buscar por Cedula:

Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Dias	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...

Buscar por Apellido:

Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Dias	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Ox...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66.4	142.7	32.61	21	95	36.5	115	50	72	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	51.7	135.1	28.33	24	94	36	123	45	73	2/14/20...
100368...	Valencia	Santiago	7/6/1998	24	8	7	Masculi...	No	O+	66	143.9	31.87	25	94	36.7	123	45	73	2/14/20...



Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Interfaz en la Web

Para un mejor manejo y entendimiento de la información, se plantea el uso de **tres** pantallas que se presentan gracias al Dashboard de Node-Red.

3. Pantalla de gráficas del paciente





Desarrollo de la interfaz del usuario local

1. Pantalla de inicio

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Desarrollo de la interfaz del usuario local

2. Pantalla de medición de signos

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados



Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Medición de Signos Vitales y Peso

Estado de la Estación

Funcionando  Detenido 

Datos Personales del Paciente

Cédula:

Nombres:

Apellidos:

Fecha nacimiento:

Edad:



Género:




Discapacidad:



Grupo Sanguíneo:


Panel de Control

Puerto:

 Iniciar Estación →  Guardar Peso y Estatura

 Medir Signos
 Medición en curso →  Guardar Signos Vitales

 Subir Datos →  Apagar Estación

 Home

Signos Vitales del Paciente

Variable	Valor Actual	Valor Guardado
Peso	<input type="text" value="0 kg"/>	<input type="text" value="0 kg"/>
Estatura	<input type="text" value="0 cm"/>	<input type="text" value="0 cm"/>
IMC	<input type="text" value="0"/>	
Temperatura	<input type="text" value="0 C"/>	<input type="text" value="0 C"/>
Sat. Oxígeno	<input type="text" value="0 SpO2"/>	<input type="text" value="0 SpO2"/>
Frec. Respiratoria	<input type="text" value="0 r/min"/>	<input type="text" value="0 r/min"/>
Frec. Cardíaca	<input type="text" value="0 ppm"/>	<input type="text" value="0 ppm"/>
Presión Sistólica	<input type="text" value="0 mm Hg"/>	<input type="text" value="0 mm Hg"/>
Presión Diastólica	<input type="text" value="0 mm Hg"/>	<input type="text" value="0 mm Hg"/>



Desarrollo de la interfaz del usuario local

3. Pantalla de los autores

Introducción

Marco conceptual

*Diseño,
construcción y
programación*

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

*Integración,
pruebas y
resultados*

Conclusiones

Recomendaciones

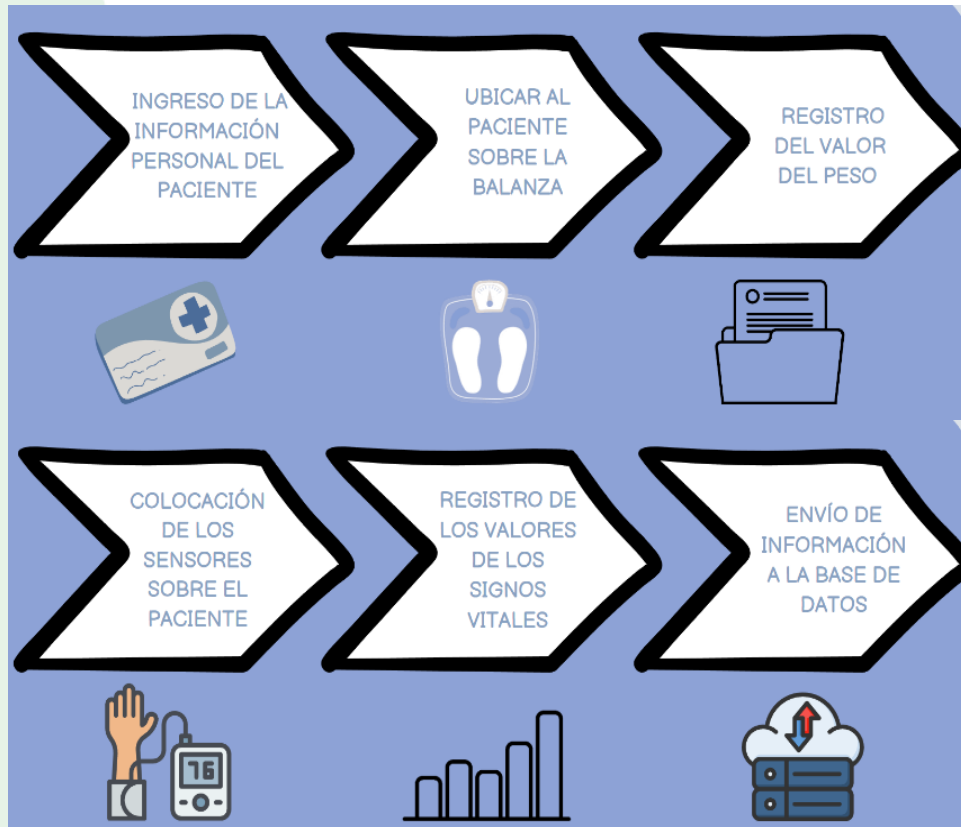
Trabajos futuros

Integración, Pruebas y Resultados



Integración Total del Sistema

Secuencia de funcionamiento



Pruebas preliminares

Se realizaron pruebas de funcionamiento previo a la culminación del diseño y la revisión de los expertos, esto para que, por medio de la experiencia, se pueda identificar factores a mejorar.

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

**Integración,
pruebas y
resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Entrevista con Expertos

Para esta etapa se contó con la ayuda del personal del departamento médico de la universidad.



Los expertos en su mayoría consideran que la estación es un dispositivo innovador y útil en el ámbito médico, sin embargo, hicieron énfasis en que la **medición de la estatura** se la realice con la ayuda de un **tallímetro** y el valor sea almacenado automáticamente, así como se hace con el valor del peso del paciente, de esta manera se cumpliría a cabalidad el requerimiento de medición de los signos vitales y medidas antropométricas.



Entrevista con Expertos

Resultados de la encuesta realizada a los expertos:

Factores	Baja	Regular	Aceptable	Alta	Ponderación
	0.00	0.33	0.67	1.00	[%]
Dispositivo innovador	0.00	0.17	0.33	0.50	77.78
Cumplimiento en cuanto a la toma de signos vitales	0.00	0.17	0.50	0.33	72.22
Reducción del tiempo para la toma de signos	0.00	0.17	0.33	0.50	77.78
Reducción del impacto psicológico en los niños	0.00	0.00	0.50	0.50	83.33
Interfaz de usuario amigable y fácil de manejar	0.00	0.00	0.17	0.83	94.44
Tamaño de la estación adecuado para niños	0.00	0.00	0.67	0.33	77.78
Seguridad física y emocional de los niños	0.00	0.00	0.33	0.67	88.89
Grado de aceptación de la base de datos	0.00	0.00	0.33	0.67	88.89
Promedio					82.64

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

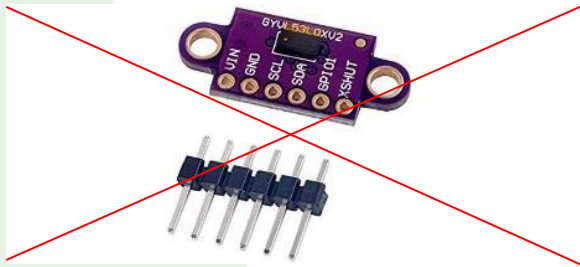


Incorporación del Método para la Medición de Estatura

Introducción

Se siguió el consejo de los expertos y se incorporó un elemento sobre la parte posterior del apoyabrazos que funciona como un tallímetro.

Selección del sensor: *Sensor de distancia láser VL53L0X* vs. Encoder rotatorio *KY-040*

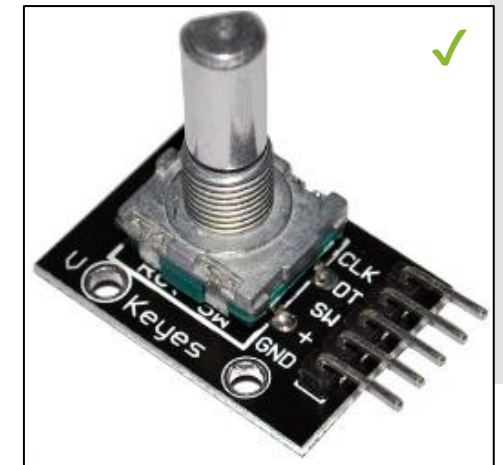


Al realizar pruebas con este sensor se pudo notar que para distancias cortas funciona muy bien, sin embargo, cuando se supera los 40 cm, su error aumenta considerablemente. Por tal motivo queda totalmente descartado el uso del sensor láser.

Sensor láser VL53L0X

Finalmente, la opción más adecuada es un **encoder** que detecte el sentido de giro ya que la placa horizontal se desplaza de forma vertical en ambas direcciones. El encargado de realizar esta tarea es el módulo encoder rotatorio **KY-040** rotacional

Con este dispositivo es posible medir el **desplazamiento** gracias a la conversión del número de vueltas que da el eje, esto con la ayuda del radio de giro se puede convertir en una distancia que se traduce en el valor de la estatura del paciente.



Encoder rotatorio **KY-040**

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño del tallímetro

Diseño del mecanismo piñón-cremallera

- Cada giro del eje del encoder cuenta con 20 pulsos.
- Cuando el piñón gire una vuelta completa, la distancia recorrida por el tallímetro será de 8 cm y cada pulso representaría 0.4 cm (resolución*).
- Se requiere encontrar el diámetro de giro para la odometría:

$$d = \frac{p}{\pi}$$

p : perímetro
 d : diámetro

$$d = \frac{8 [cm]}{\pi}$$

$$d = 2.54 [cm] = 25.4 [mm]$$

*(Un valor de resolución mayor a ± 0.4 cm sería considerado malo por los expertos, en cambio un valor menor desencadenaría que el tamaño del piñón sea muy pequeño y esto en maquinabilidad no es recomendable).

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño del tallímetro

Diseño del mecanismo piñón-cremallera

- Determinar el módulo y número de dientes del piñón, por motivos de maquinabilidad se elige que el módulo del engrane sea 2.5.

$$DP = M * N$$

DP: Diámetro primitivo

M: Módulo

N: Número de dientes

$$N = \frac{DP}{M} = \frac{25.4}{2.5}$$

$$N = 10.16 \approx 10 \text{ dientes}$$

$$DP = 2.5 * 10 = 25 \text{ [mm]}$$

- Con el nuevo DP, se debe calcular el nuevo recorrido que tiene el tallímetro por cada vuelta del engrane

$$p = DP * \pi$$

$$p = 25 * \pi$$

$$p = 78.54 \text{ [mm]} = 7.85 \text{ [cm]}$$

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño del tallímetro

Diseño del mecanismo piñón-cremallera

Valores de los elementos del engrane

Elemento	Fórmula	Valor
Módulo	M	2.50 mm.
Número de Dientes	N	10 dientes.
Diámetro Primitivo (Dp)	M*N	25.00 mm.
Diámetro Exterior (De)	$D_p + (2*M)$	30.00 mm.
Altura del Diente (H)	$2,167*M$	5.417 mm.
Paso (P)	$3,1416*M$	7.854 mm.
Diámetro Interior (Di)	$D_e - (2*H)$	19.165 mm.
Espacio entre dientes (c)	P/2	3.927 mm.
Espesor del diente (e)	P/2	3.927 mm.
Altura de la cabeza del diente (L)	M	2.50 mm.
Altura del pie del diente (l)	$1,167*M$	2.917 mm.

Valores de los elementos de la cremallera

Elemento	Fórmula	Valor
Módulo	M	2.5 mm.
ángulo de Presión	α	20° 0'
Paso (P)	$\pi*M$	7.854 mm.
Altura del Diente (H)	$2.25 *M$	5.625 mm.
Espesor del Diente (e)	$0,5*P$	3.927 mm.
Espacio entre dientes (c)	$0,5*P$	3.927 mm.
Altura de la Cabeza del diente (L)	M	2.50 mm.
Radio del Pie del Diente (r)	$0,3*M$	0.75 mm.
Ancho del Fondo del Diente (T)	$(P - (4(L)(\text{tg}\alpha))/2)$	2.17 mm.

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

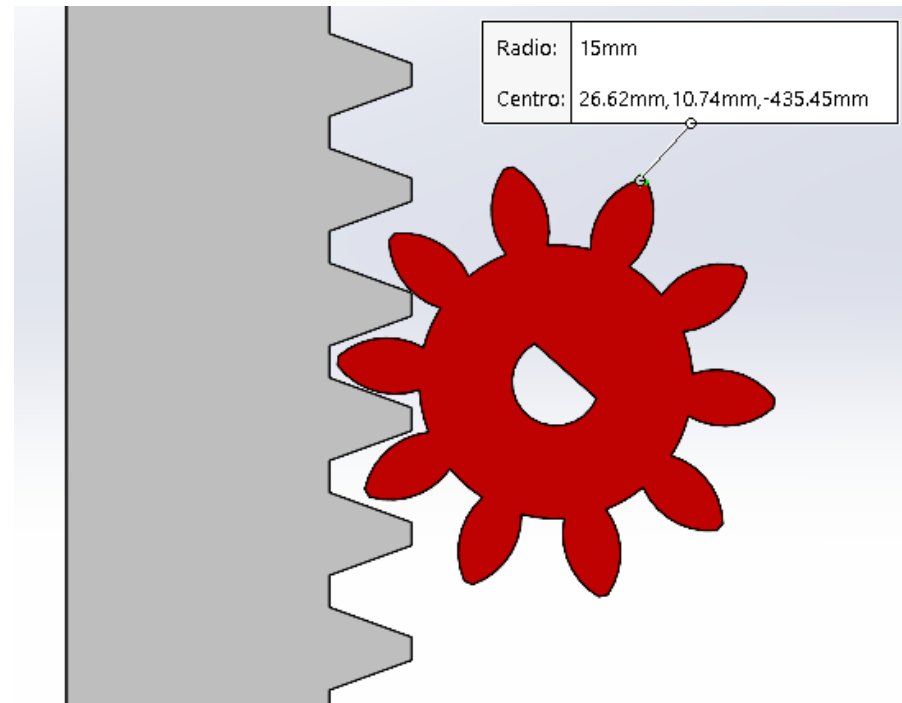
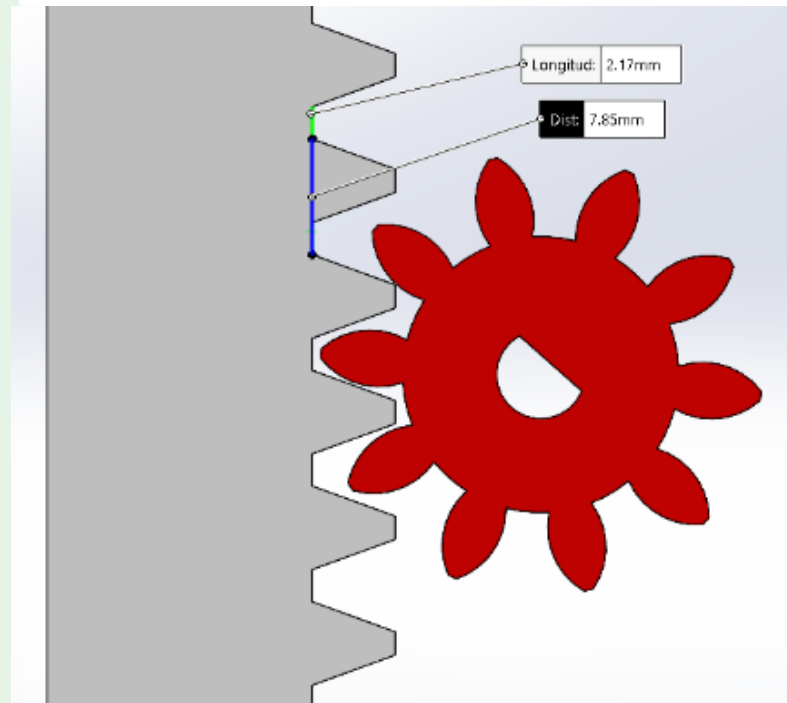
Trabajos futuros



Diseño del tallímetro

Diseño del mecanismo piñón-cremallera

Mecanismo piñón-cremallera diseñado



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Diseño del tallímetro

Diseño de la base y riel

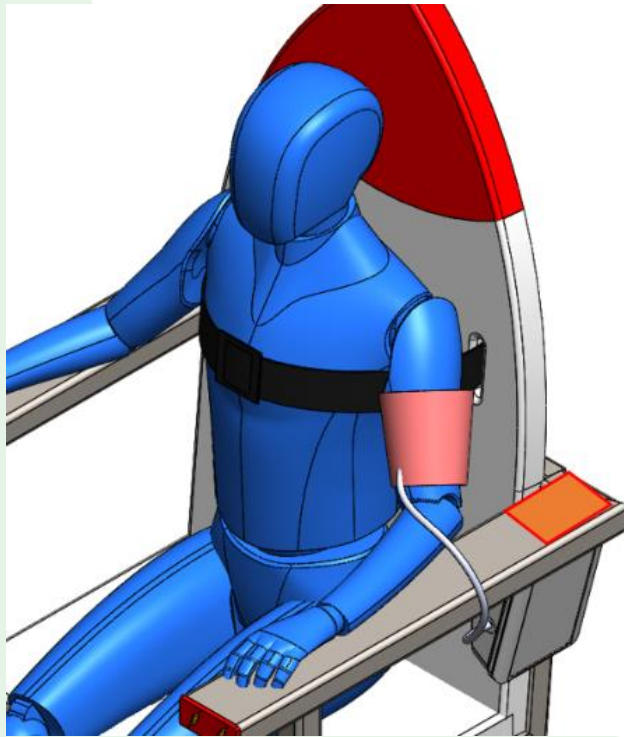
Introducción

Ubicación del tallímetro

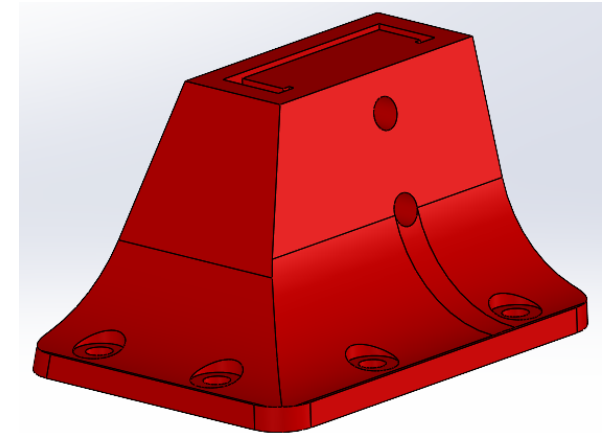
Riel telescópico

Base del riel diseñado

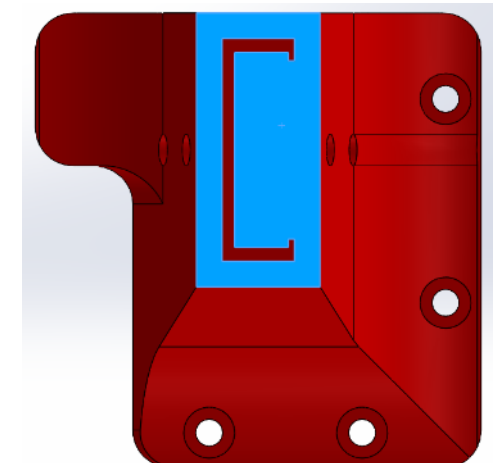
Marco conceptual



Diseño,
construcción y
programación



Integración,
pruebas y
resultados



Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Ensamble de componentes

Introducción

Marco conceptual

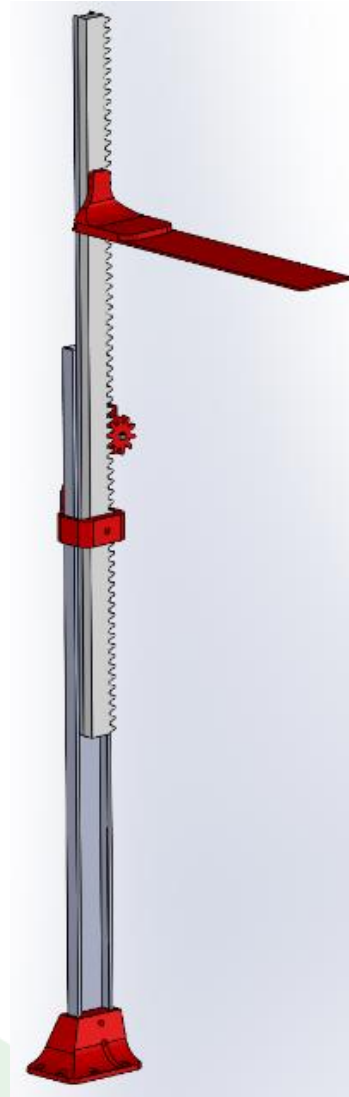
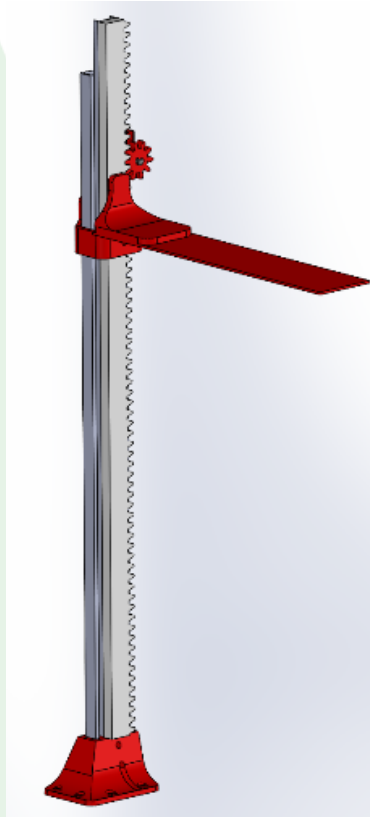
Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros





Pruebas preliminares con el tallímetro

Introducción

Valores de estatura tomados con el tallímetro

Marco conceptual

Medición	Valor referencial [cm]	Valor tallímetro [cm]
1	140.0	140.3
2	140.0	139.9
3	140.0	139.9
4	140.0	140.3
5	140.0	139.9

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Por último, se comprobó que la adición del tallímetro **no altera a ninguna de las interfaces ni tampoco los valores obtenidos con los demás sensores**, de igual forma se verifica que la información de la estatura que se muestra en la web sea la misma que en la realidad.

Recomendaciones

Trabajos futuros



Mediciones con la población objetivo

En esta etapa existió la colaboración de niños con edades entre 7 y 12 años. En conjunto con sus padres se realizó la presentación del dispositivo y se indicó todas las ventajas que se tiene al momento de realizar la toma de signos vitales y medidas antropométricas, seguidamente se realizó las mediciones de los parámetros de los niños.



Una vez finalizadas las mediciones de todos los pacientes, se procedió a realizar una encuesta dirigida tanto a los niños como a sus padres.

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

**Integración,
pruebas y
resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Mediciones con la población objetivo

Resultados de la encuesta

Factores	Baja	Regular	Aceptable	Alta	Ponderación
	0.00	0.33	0.67	1.00	[%]
Diseño atractivo	0	0.1	0.3	0.6	83.4
Reducción del tiempo para la toma de signos	0	0	0.5	0.5	83.5
Comodidad y confortabilidad	0	0	0.3	0.7	90.1
Estación fácil de usar	0	0	0.2	0.8	93.4
Ayuda a conocer mejor el estado de salud	0	0.2	0.2	0.6	80.0
Uso en hospitales y centros de salud	0	0.2	0.1	0.7	83.3
Promedio					85.62

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Análisis de resultados

Paciente 1

Factor Medición	Peso [kg]	Talla [cm]	IMC	Temp. [C°]	Oxi. [%]	Fres. [r/min]	Fcar. [ppm]	Psys. [mmHg]	Pdia. [mmHg]
Prueba 1	35.7	137.9	18.8	35.9	97	19.4	70	95	66
Prueba 2	35.4	140.2	18	35.9	96	20.3	75	99	70
Prueba 3	35.7	139.4	18.4	36	96	19.8	72	96	68
Promedio	35.6	139.2	18.4	35.9	96.3	19.8	72.3	96.7	68
Máximo	35.7	140.2	18.8	36	97	20.3	75	99	70
Mínimo	35.4	137.9	18	35.9	96	19.4	70	95	66
Variación	0.3	2.3	0.8	0.1	1	0.8	5	4	4
Error %	0.8%	1.6%	4.1%	0.3%	1.0%	4.1%	6.9%	4.1%	5.9%

⋮

Paciente 7

Factor Medición	Peso [kg]	Talla [cm]	IMC	Temp. [C°]	Oxi. [%]	Fres. [r/min]	Fcar. [ppm]	Psys. [mmHg]	Pdia. [mmHg]
Prueba 1	19.9	119.6	13.9	36.1	96	25.3	82	98	66
Prueba 2	19.7	118.4	14.1	35.8	96	25.8	84	99	69
Prueba 3	19.6	119.2	13.8	35.9	94	26.3	79	103	70
Promedio	19.7	119	13.9	35.9	95.3	25.8	81.7	100	68.3
Máximo	19.9	119.6	14.1	36.1	96	26.3	84	103	70
Mínimo	19.6	118.4	13.8	35.8	94	25.3	79	98	66
Variación	0.3	1.2	0.3	0.3	2	0.9	5	5	4
Error %	1.5%	1.0%	1.9%	0.8%	2.1%	3.6%	6.1%	5.0%	5.9%

⋮

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Análisis de resultados

Error unificado de la estación

Factor	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6	Error Prom.
Peso	0.8%	1.2%	1.5%	0.6%	0.9%	1.1%	1.0%
Estatura	1.6%	0.9%	1.0%	0.1%	0.3%	0.3%	0.7%
IMC	4.1%	2.2%	1.9%	0.7%	1.5%	1.3%	1.9%
Temperatura	0.3%	0.8%	0.8%	0.8%	0.9%	1.4%	0.8%
Saturación de oxígeno	1.0%	2.1%	2.1%	0.0%	1.0%	2.1%	1.4%
Frecuencia respiratoria	4.1%	5.3%	3.6%	4.3%	2.8%	3.4%	3.9%
Frecuencia cardíaca	6.9%	5.4%	6.1%	5.2%	4.8%	5.9%	5.7%
Presión sistólica	4.1%	6.1%	5.0%	4.7%	4.5%	5.1%	4.9%
Presión diastólica	5.9%	6.4%	5.9%	4.3%	5.6%	7.1%	5.9%
Error Unificado							2.9%

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

**Integración,
pruebas y
resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Discusión de resultados obtenidos

Se observa que el **tallímetro** es el dispositivo con **menor error**, mientras que los valores obtenidos del **tensiómetro comercial** (frecuencia cardíaca, y presión arterial) son los que presentan el **mayor porcentaje de error** (alrededor del 5%), a pesar de aquello, el rango de imprecisión sigue siendo aceptable para las aplicaciones del proyecto, y en contraste con el error unificado del **2.9%**, se puede decir que la estación de medición de signos vitales es un prototipo funcional.

Por otro lado, los valores son **almacenados** en la **base de datos** y se puede realizar el seguimiento de los pacientes tanto en las curvas de los parámetros como en las curvas de desarrollo (estatura, peso, IMC).

Base de Datos Estación de Triaje																			
Ce...	Ap...	No...	Fec...	Años	Me...	Días	Ge...	Dis...	Gr...	Peso	Est...	IMC	FR...	Oxi...	Te...	Pre...	PDia	Pul...	Fec...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.7	136.5	19.2	17	95	36.3	99	72	68	3/12/20...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.3	136.2	19	17	97	36.1	101	69	70	3/12/20...
173546...	Benjamín	Guerra	15/7/20...	10	7	26	Masculi...	No	O+	35.7	136.1	19.3	19	96	35.8	100	73	66	3/12/20...
100181...	Valencia	Jack	02/02/2...	5	0	0	Masculi...	No	B+	20	106	17.8	19	96	36.1	108	69	74	undefined
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	5	0	0	Masculi...	No	B+	20	106	17.8	19	96	36.1	108	69	74	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	6	0	0	Masculi...	No	B+	23	115	17.4	18	96	36.1	108	69	74	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	7	0	0	Masculi...	No	B+	26	121	17.8	18	95	36.2	109	68	73	2/2/201...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	8	0	0	Masculi...	No	B+	27	124	17.6	19	95	36	108	68	74	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	9	0	0	Masculi...	No	B+	35	133	19.8	19	95	36	108	68	74	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	10	0	0	Masculi...	No	B+	40	140	20.4	20	96	36.3	111	72	72	2/2/202...
100181...	Valencia	Jack	2/2/2012	11	0	0	Masculi...	No	B+	50	147	23.1	20	96	36.3	111	72	72	2/2/202...

Ejemplo de la medición por año de parámetros de un paciente

Introducción

Marco conceptual

Diseño, construcción y programación

Integración, pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Discusión de resultados obtenidos

Gráficas de los parámetros antropométricos y signos vitales del paciente

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

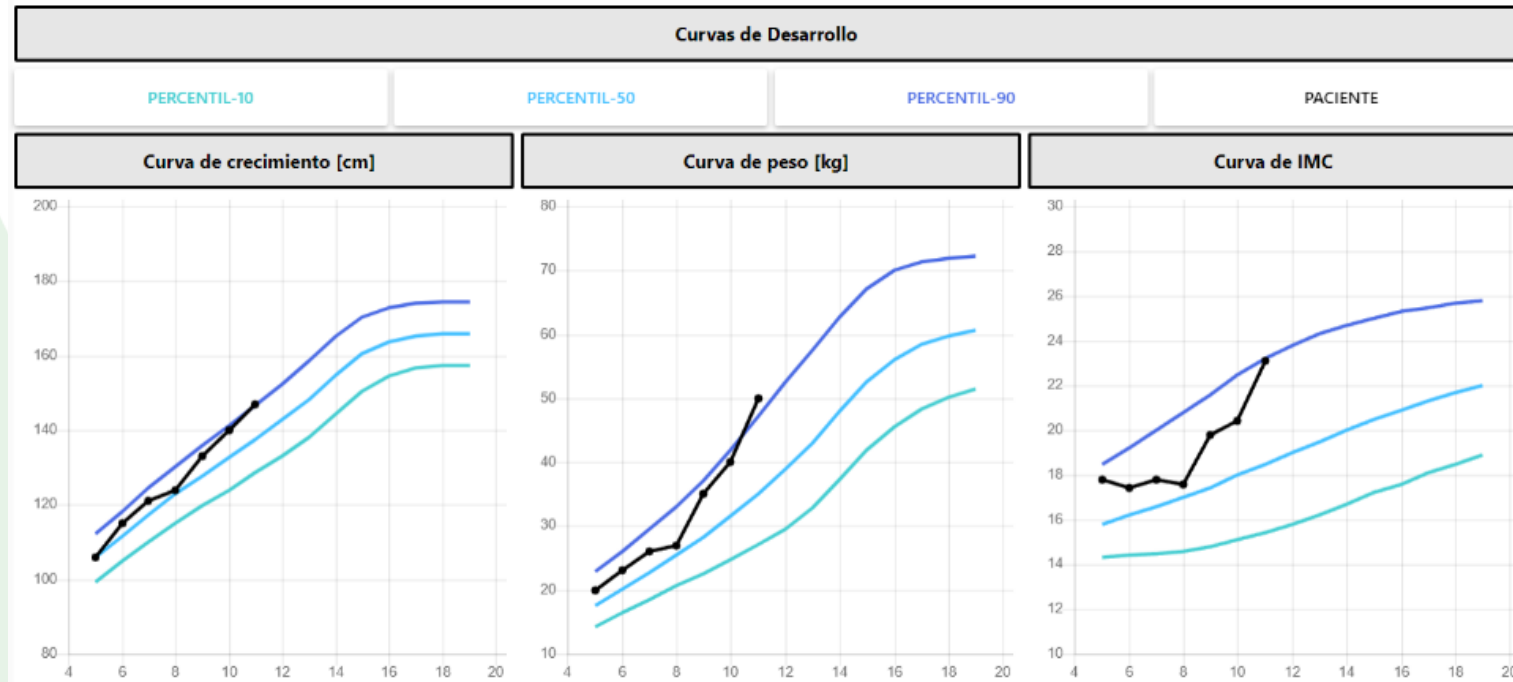
Trabajos futuros





Discusión de resultados obtenidos

Curvas de desarrollo del paciente



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

**Integración,
pruebas y
resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

El trabajo describe el diseño e implementó un prototipo de estación IoT para la toma de signos vitales con potencial aplicación en pacientes pediátricos oncológicos. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para establecer los fundamentos teóricos y tecnológicos necesarios para realizar el proyecto. La construcción del prototipo se efectuó teniendo en cuenta las dimensiones de los pacientes pediátricos entre las edades de 6 a 10 años, demostrando la importancia de la investigación y el diseño cuidadoso para garantizar la precisión y la eficacia del equipo médico. Al seguir las dimensiones recomendadas, se asegura que la estación se adapta adecuadamente a los pacientes pediátricos en el rango de edad y tamaño determinados para el proyecto, lo que reduce la posibilidad de errores en la medición y garantiza la seguridad del paciente.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

La selección de los sensores y tarjetas de adquisición de datos para la estación se realizó de manera cuidadosa, considerando factores como el costo, la disponibilidad y la facilidad de programación. Se eligió el Arduino Nano como tarjeta de adquisición de datos debido a su capacidad suficiente para adquirir las señales de los sensores elegidos, lo que evitó la necesidad de utilizar tarjetas de capacidad superior. Además, se llevó a cabo el acondicionamiento mecánico de los sensores para que se unieran adecuadamente a la estructura de la estación, y se realizó un acondicionamiento digital mediante el software de programación correspondiente para mejorar la precisión de las señales adquiridas.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

La generación de un espacio de memoria en la nube y la instalación de los programas necesarios para la comunicación mediante el protocolo MQTT, permite una conexión eficiente entre la estación de medición de signos vitales y la interfaz web, lo que garantiza una transferencia de datos segura y en tiempo real. Gracias a la integración del sistema mecánico, electrónico y el uso del Internet de las cosas, se logra una automatización en la adquisición de datos, almacenamiento y visualización, lo que permite a los profesionales de la salud obtener información valiosa para realizar diagnósticos y tratamientos. Además, al requerir de un nombre de usuario y contraseña, se garantizó la privacidad y seguridad de los datos almacenados en la nube. En resumen, la integración de tecnologías permite un mejor seguimiento y atención a los pacientes pediátricos, y mejora la calidad de los servicios de salud.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

La forma de cohete de la estación de medición de signos vitales es una excelente elección, ya que reduce el grado de estrés y ansiedad que experimentan los pacientes pediátricos durante la visita médica, esto contribuye a que el proceso de medición sea más amigable y menos traumático para los niños. Además, la incorporación del método de medición de estatura es una gran ventaja, ya que permite llevar un mejor seguimiento del índice de masa corporal y el crecimiento de los pacientes; esto es de suma importancia para su desarrollo y bienestar general. Todo esto se logró gracias a la retroalimentación y recomendaciones del personal médico, lo que demuestra la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo en proyectos de este tipo.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

La interfaz de control y manejo de la estación desarrollada en LabVIEW es una herramienta muy útil para la captación de datos personales y monitoreo de signos vitales de los pacientes pediátricos en tiempo real. Es intuitiva y fácil de usar, lo que permite a los usuarios ingresar la información de manera eficiente y rápida. Además, al subir los registros a la base de datos, se garantiza su almacenamiento seguro y su fácil acceso en el futuro.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

Las curvas presentadas en la interfaz web permiten a los médicos y profesionales de la salud tener una herramienta visual para evaluar el desarrollo de los pacientes pediátricos. Los datos numéricos de peso, estatura e índice de masa corporal son comparados con los percentiles de la población pediátrica ecuatoriana, lo que permite al médico identificar si el paciente está dentro de los valores normales, por encima o por debajo de ellos. A partir de esta información, se pueden tomar decisiones para mejorar la salud del paciente, ya sea a través de cambios en la alimentación, aumento de actividad física o lo que el médico considere conveniente.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

Después de realizar pruebas de laboratorio y comparar los resultados de la estación con dispositivos de medición tradicionales, se puede confirmar que los sensores son precisos, exactos, confiables y repetibles en la medición de los signos vitales de los pacientes pediátricos. Además, se evaluó el grado de aceptación de la estación por parte de los niños y sus padres mediante preguntas específicas y se obtuvieron respuestas positivas en cuanto a la reducción del estrés y ansiedad, la forma y la seguridad de la estación. Estos resultados demuestran que la estación es una herramienta valiosa para el monitoreo de los pacientes pediátricos y que su diseño y funcionalidad son altamente aceptados por los usuarios.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Conclusiones

En general, los resultados obtenidos sugieren que el prototipo de estación IoT diseñado y desarrollado en esta tesis es una herramienta útil para la toma de signos vitales en pacientes pediátricos oncológicos, ya que permite la monitorización en tiempo real de los signos vitales, la detección temprana de anomalías y la generación de alertas automáticas en caso de que se presenten valores fuera de los rangos normales. Esto puede contribuir a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a facilitar la labor del personal médico encargado de su cuidado.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Recomendaciones



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Recomendaciones

Una recomendación importante para la medición de los signos vitales y parámetros antropométricos en niños es realizarla en un ambiente relajado y sin distracciones para los niños. Esto puede ayudar a reducir su ansiedad y estrés durante el proceso de medición, lo que puede afectar los resultados de las mediciones. Además, es importante que el personal encargado de la medición sea amable y comprensivo con los niños para que se sientan cómodos y seguros durante el proceso. También se puede considerar el uso de técnicas de distracción, como la música o los juguetes, para ayudar a los niños a sentirse más cómodos durante la medición.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Recomendaciones

Se recomienda informar al paciente y a sus padres sobre la importancia de permanecer quieto y en reposo durante la medición de los signos vitales, especialmente la frecuencia respiratoria, puesto que cualquier movimiento o actividad puede afectar la medición de los signos vitales y, por lo tanto, los resultados obtenidos pueden no ser precisos. Además, se puede explicar a los padres o cuidadores del paciente la importancia de crear un ambiente tranquilo y relajado para la medición de los signos vitales, evitando cualquier tipo de distracción o estímulo que pueda afectar al paciente.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Recomendaciones

Cuando se vaya a realizar mediciones en la estación después de un tiempo prolongado de no utilizarla o después de haberla movido a otro entorno, se recomienda realizar una calibración de los sensores para asegurarse de que las mediciones sean precisas y confiables. Se sugiere verificar que la posición de la superficie horizontal del tallímetro esté acorde con el valor establecido en el código de Arduino para evitar errores en la medición de la estatura del paciente. También se aconseja recalcular el factor de las celdas de carga (K) con la ayuda del código y, por último, se debe realizar la toma de signos de un solo paciente en intervalos de tiempo de 3 minutos para comprobar que la variación de los valores es mínima y asegurar el correcto funcionamiento de la estación.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Trabajos futuros



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Trabajos futuros

Agregar la medición del electrocardiograma (ECG) a la estación de monitoreo de signos vitales sería una aplicación interesante para el futuro. El ECG es una medida importante de la actividad eléctrica del corazón y puede proporcionar información sobre el ritmo y la función cardíaca. Al agregar esta medida, la estación de monitoreo podría proporcionar una visión más completa de la salud del paciente y permitir una intervención temprana en caso de anomalías cardíacas. La incorporación del ECG también podría mejorar la capacidad de la estación de monitoreo para detectar arritmias cardíacas y otros problemas cardíacos en pacientes pediátricos, lo que podría mejorar aún más la atención médica.



Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Trabajos futuros

Un trabajo a futuro interesante sería la implementación de dispositivos médicos de mayor precisión y exactitud para la medición de signos vitales y parámetros antropométricos en la estación pediátrica. Estos dispositivos podrían ser diseñados específicamente para su uso en el prototipo y podrían tener una comunicación directa con la interfaz de control desarrollada en LabVIEW, permitiendo una adquisición más rápida y precisa de los datos de los pacientes. Además, se podría investigar sobre la ingeniería inversa de dispositivos médicos existentes para integrarlos en la estación. Por ejemplo, se podría realizar una ingeniería inversa del pulsioxímetro para que se pueda comunicar directamente con la interfaz de control y mostrar los resultados en tiempo real tal como se realizó con el tensiómetro.



Trabajos futuros

Introducción

Marco conceptual

Diseño,
construcción y
programación

Integración,
pruebas y
resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajos futuros

Por último, una posible aplicación futura de la estación podría ser a través del uso de la tecnología de telemedicina. La estación podría estar conectada a una plataforma en línea que permita la visualización en tiempo real de los signos vitales y otros datos importantes del paciente por parte del personal médico, incluso si estuvieran en otro lugar. Además, la estación podría estar equipada con cámaras de video que permitan la visualización del paciente en su habitación en caso de requerir una evaluación más detallada. De esta manera, el prototipo proporciona un cuidado más eficiente y conveniente para los pacientes que necesiten cuidados especiales o que deban permanecer en sus habitaciones por períodos prolongados.

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



GRACIAS