

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA MECATRÓNICA

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

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CIBERFÍSICO COMO HERRAMIENTA
DE TERAPIA EN NIÑOS CON DISLEXIA”**

AUTOR: ÑATO SOCASI DARLING PATRICIO

DIRECTOR: ING. TOBAR QUEVEDO JOHANNA BELÉN Ph. D.

07-02- 2023





CONTENIDO

- Antecedentes y Justificación
- Investigación previa
- Metodología
- Diseño y Construcción
- Pruebas y Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



Antecedentes y Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Antecedentes

- La dislexia
- Tecnología de asistencia para la dislexia
- Robótica social aplicada a la educación





Justificación e Importancia

Antecedentes y Justificación

Investigación previa

Metodología

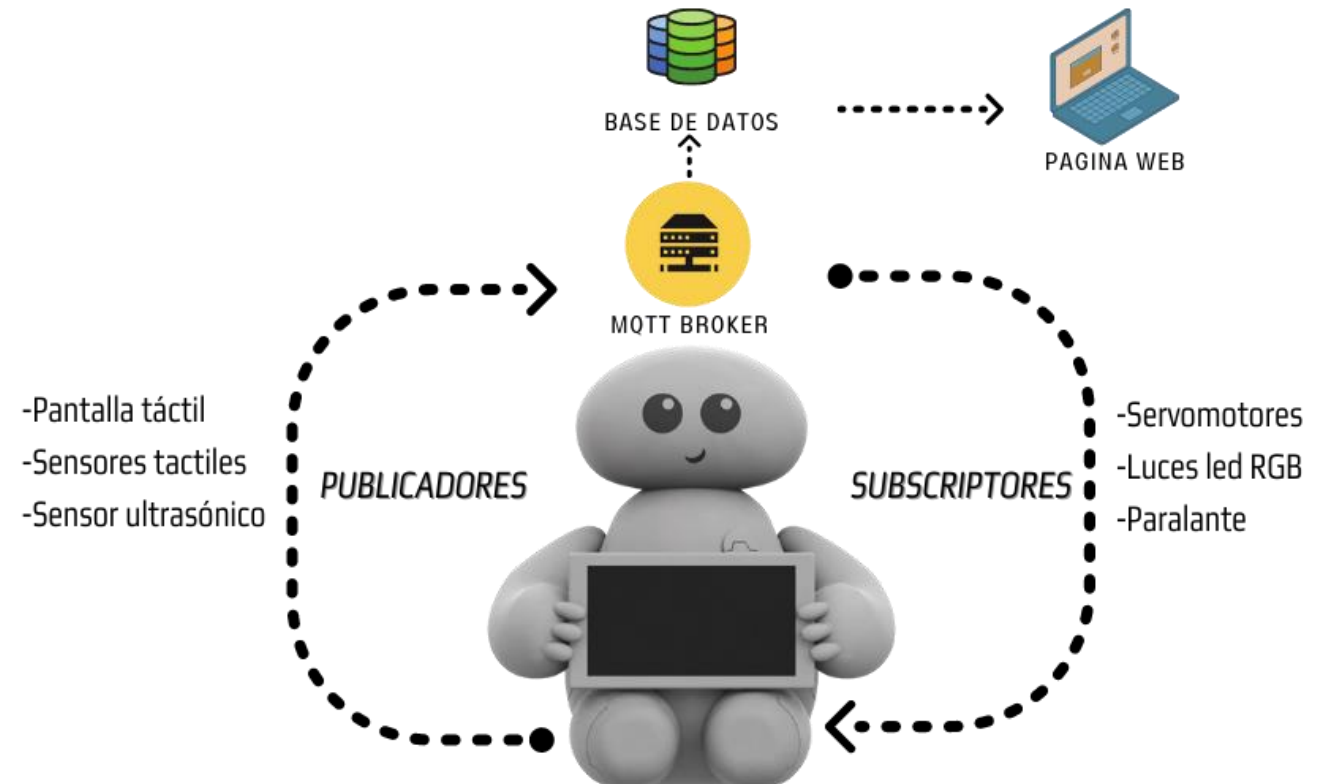
Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- Sistema ciberfísico
- Componente físico
- Componente ciber
- Conexión inalámbrica
- Tratamiento





Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Objetivos

GENERAL

- Desarrollar prototipos de sistemas ciberfísicos que aporten a mejorar la calidad de vida de personas en situación de vulnerabilidad.

ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema ciberfísico como herramienta de apoyo a la terapia educativa para niños con dislexia, mediante el uso de una red de actuadores y sensores controlados y monitoreados por IoT.
- Desarrollar una interfaz para el monitoreo de del sistema ciberfísico, mediante el protocolo MQTT.
- Diseñar la etapa de control de sistemas integrados.
- Implementar un sistema ciberfísico basado en un robot social que ayude a la terapia educativa para niños con dislexia.
- Validar los resultados.



Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Robótica Social

- Estos robots están diseñados para un sin número de tareas, pero todas se enfocan en la asistencia de las personas.
- Uno de los aspectos más importantes es su aspecto físico que comúnmente es muy agradable, esto con el fin de generar confianza e incentivar el uso del robot.





Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

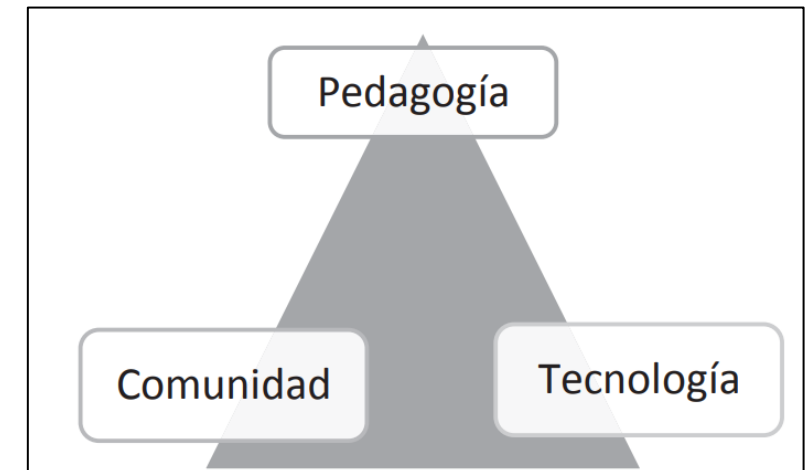
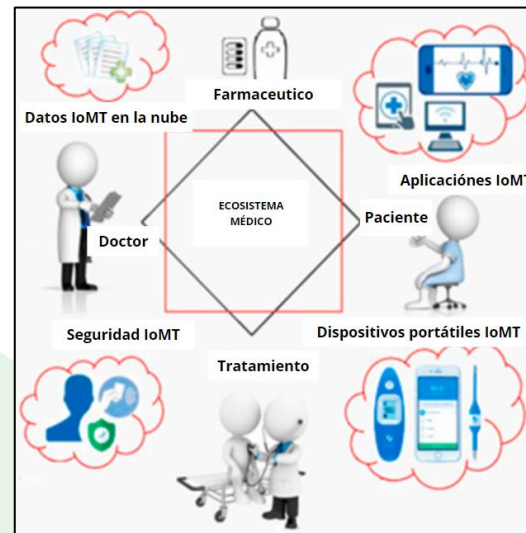
Recomendaciones

Internet de las cosas

- Interconexión de objetos físicos por medio del internet
- Interacción entre sensores, actuadores y redes de comunicación.
- Múltiples áreas de aplicación.



- IoMT
- IoT en la educación





Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

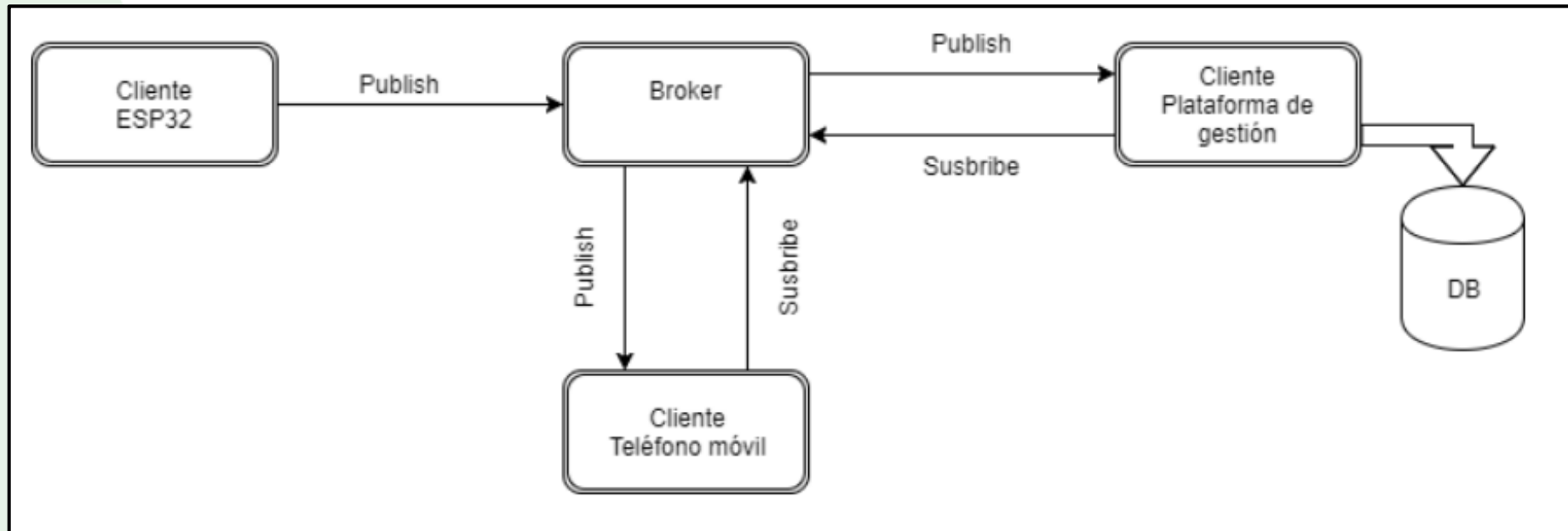
Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Protocolo de comunicación MQTT

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport)
- Destaca en los sistemas IoT por su fácil funcionamiento





Antecedentes y
Justificación

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Metodología

- Investigación documental
- Método inductivo
- Validación de hipótesis

Hipótesis

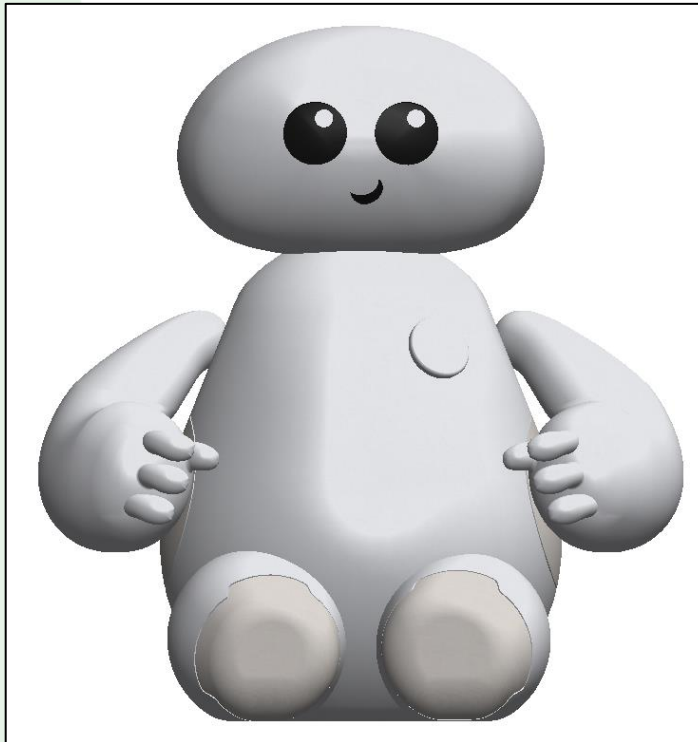
El diseño y construcción de un sistema ciberfísico basado en un robot social terapeuta, con capacidad de comunicación entre una red de sensores y actuadores por medio del protocolo MQTT, puede ser considerado como una herramienta de terapia para niños con dislexia y una herramienta de evaluación de resultados para los docentes.



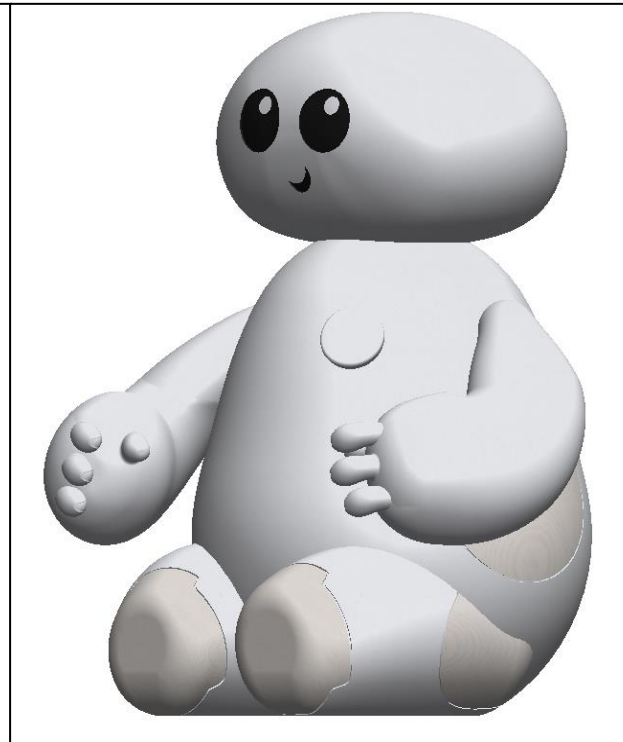
Sistema mecánico

Diseño visual del robot

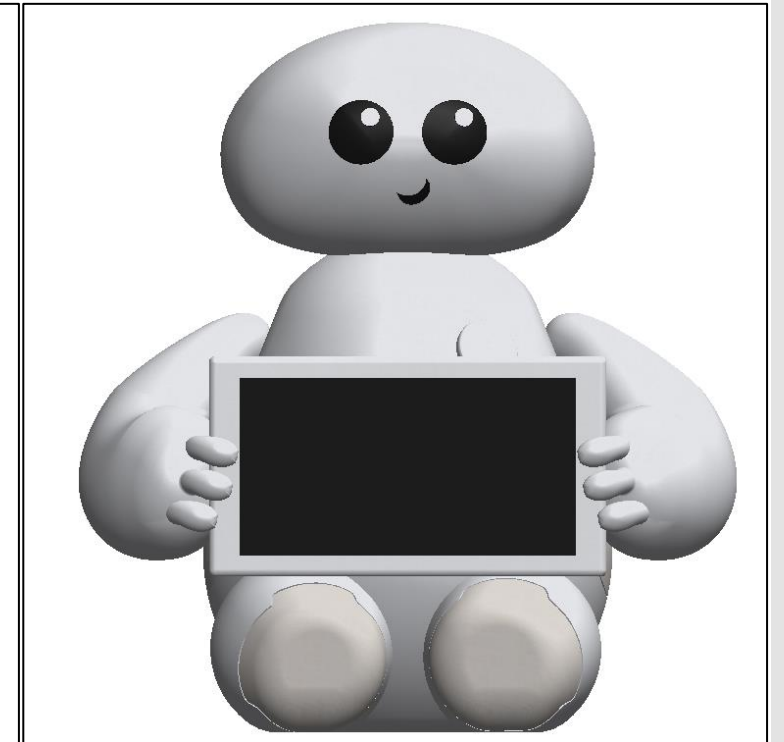
(a)



(b)



(c)



Nota. (a) Vista frontal, (b) Vista lateral, (c) Implementación de pantalla en el robot.

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

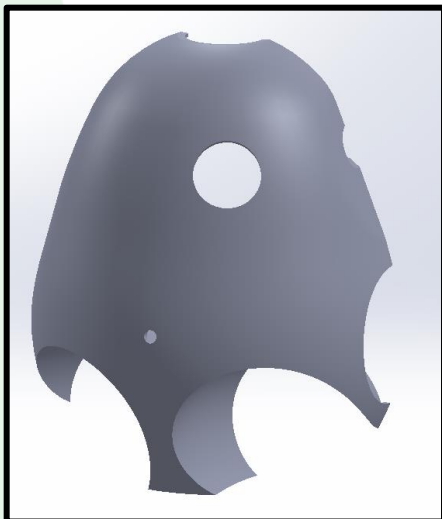
Recomendaciones



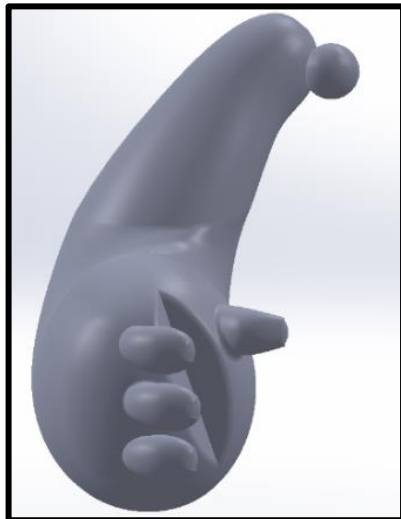
Sistema mecánico

Segmentación del robot

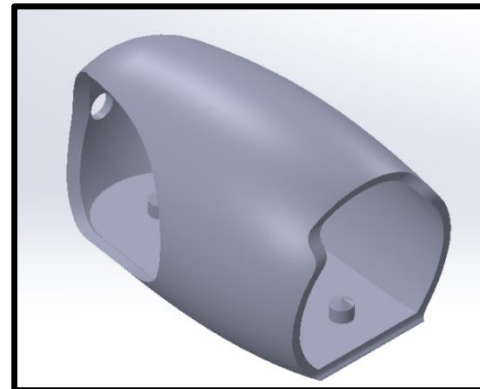
(a)



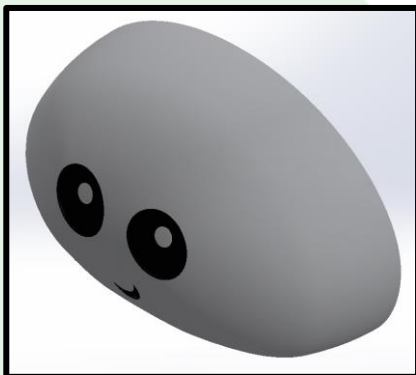
(b)



(c)



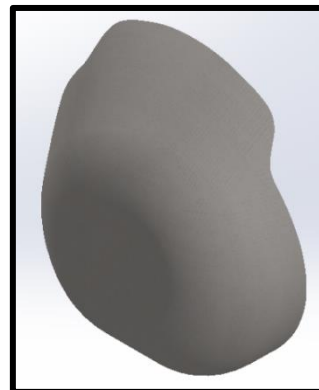
(d)



(e)



(f)



Literal	Nombre
a	Cuerpo
b	Brazo
c	Pierna
d	Cabeza
e	Carcaza de pantalla
f	Pie (flexible)

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Sistema mecánico

Diseño de soporte y mecanismo

Introducción

Investigación
previa

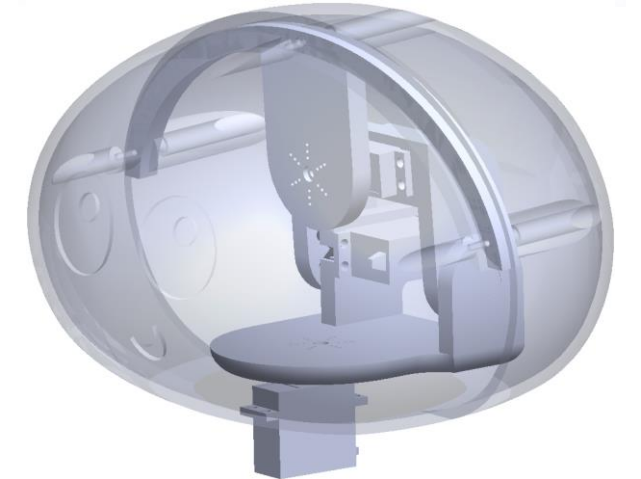
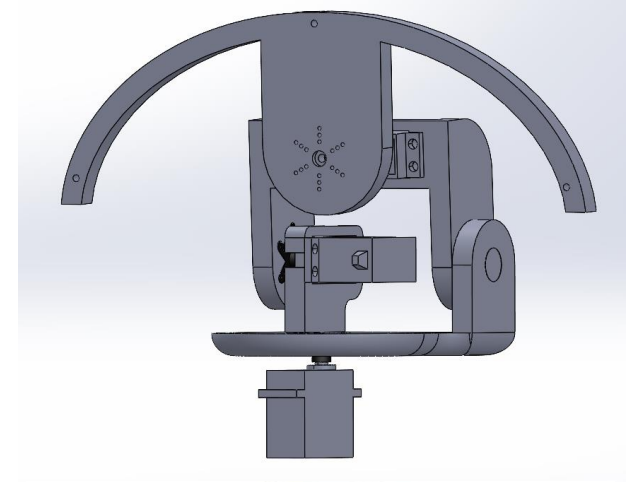
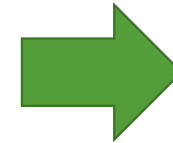
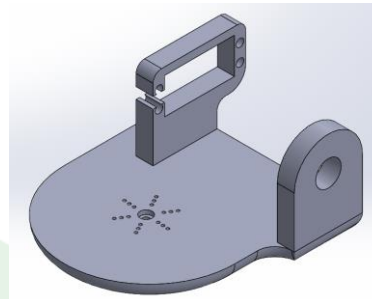
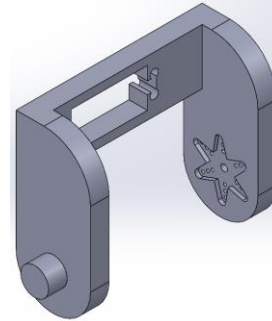
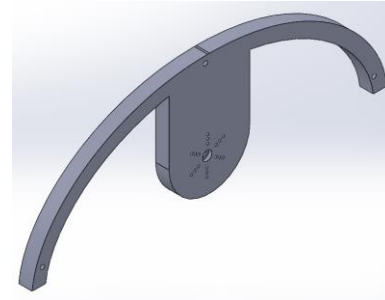
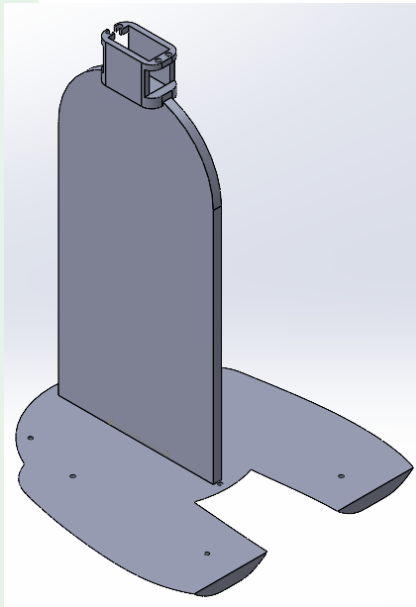
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados



Conclusiones

Recomendaciones

Sistema mecánico

Selección de materiales

POLÍMERO ABS

Propiedad	Descripción	Gráfico
Composición	Bloques de terpolímero de acrilonitrilo (15-35%), butadieno (5-30%) y estireno (40-60%).	
Densidad	$1.03 \times 10^3 - 1.06 \times 10^3 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	
Límite elástico	34.5 – 49.6 [Mpa]	
Precio	2.69 – 3.25 $\left[\frac{USD}{kg} \right]$	

Nota. Tomado de Granta Design, 2023



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

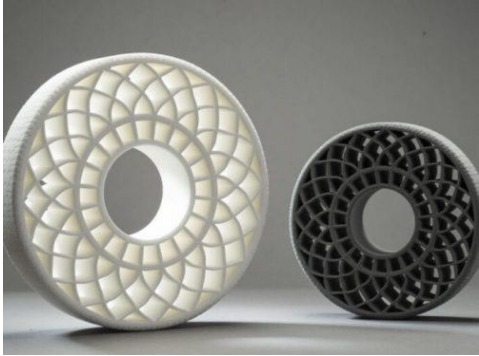

Conclusiones

Recomendaciones

Sistema mecánico

Selección de materiales

FILAMENTO TPU

Propiedad	Descripción	Gráfico
Densidad	$1.12 \times 10^3 - 1.24 \times 10^3 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	
Elongación	60 - 550 %	
Límite elástico	40 - 53.8 MPa	
Precio	4.45 - 4.91 $\left[\frac{USD}{kg} \right]$	

Nota. Tomado de Granta Design, 2023



Sistema mecánico

Análisis de esfuerzos principales

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

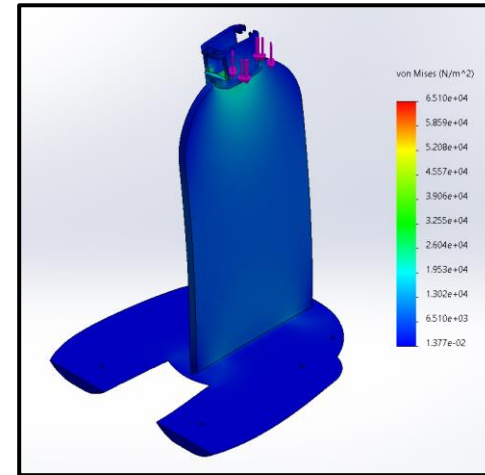
Nombre	Peso a soportar
Base/Soporte	1.020 [kg]
Acople del primer grado de libertad	0.871 [kg]
Acople del segundo grado de libertad	0.751 [kg]
Acople del tercer grado de libertad	0.637 [kg]

$$F_1 = 1.020 * 9.81 = 10.0062 [N]$$

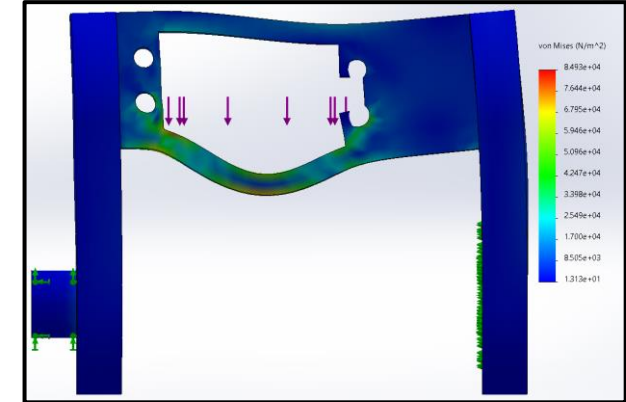
$$F_2 = 0.871 * 9.81 = 8.54451 [N]$$

$$F_3 = 0.751 * 9.81 = 7.36731 [N]$$

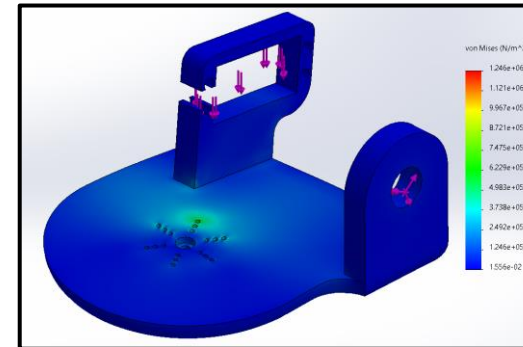
$$F_4 = 0.637 * 9.81 = 6.24897 [N]$$



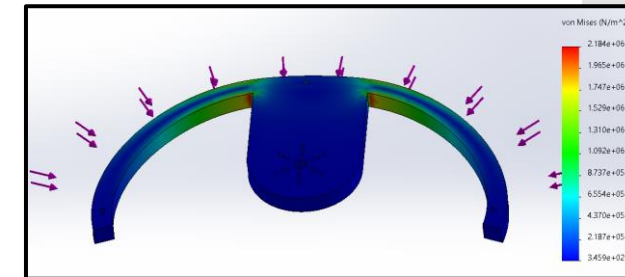
Esfuerzo máximo: 65096.33 $\left[\frac{N}{m^2} \right]$



Esfuerzo máximo: 1245842.25 $\left[\frac{N}{m^2} \right]$



Esfuerzo máximo: 84931.43 $\left[\frac{N}{m^2} \right]$



Esfuerzo máximo: 2183755.75 $\left[\frac{N}{m^2} \right]$



Sistema electrónico

Programación de microcontroladores

Introducción

Investigación
previa

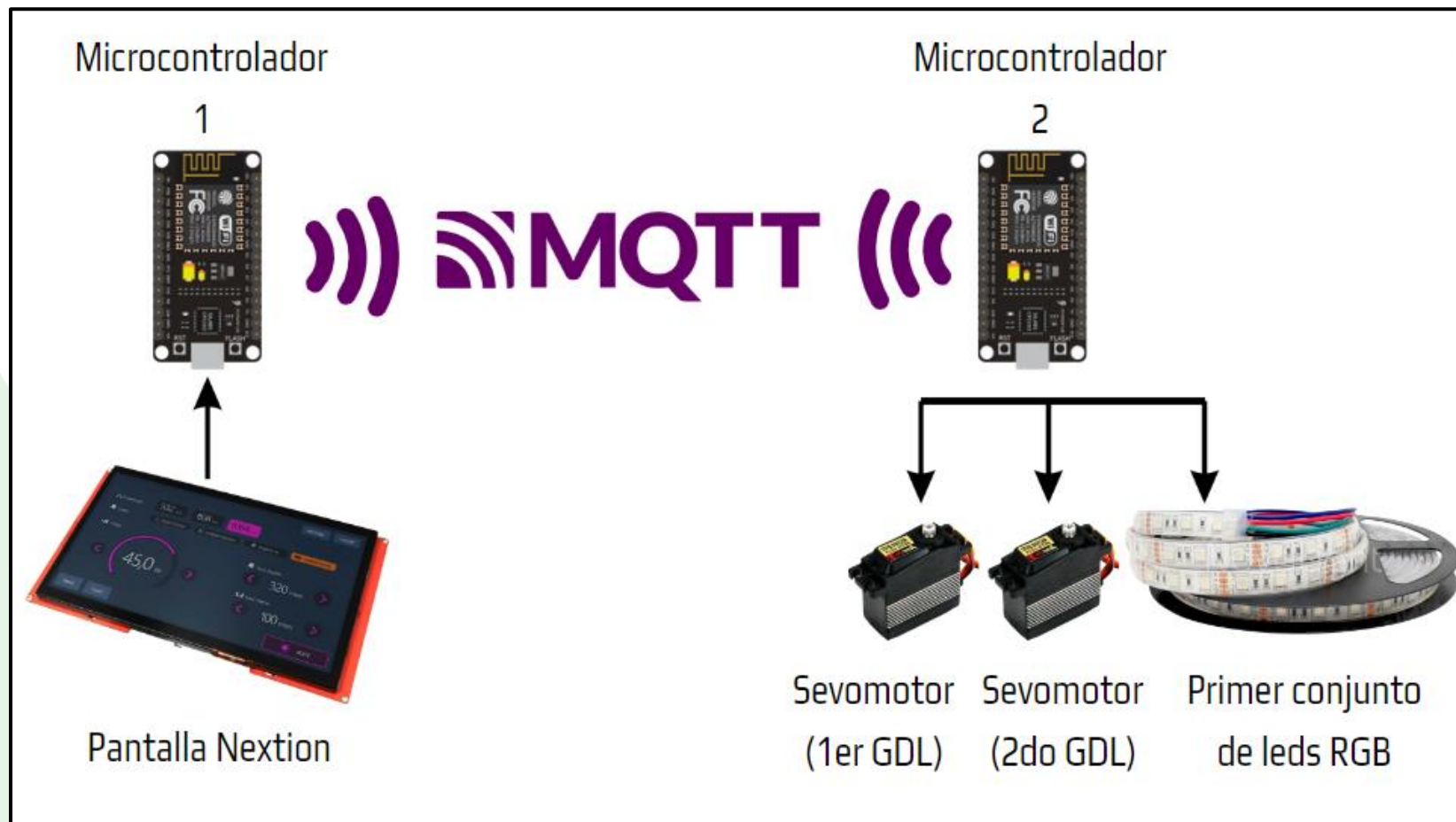
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Sistema electrónico

Programación de microcontroladores

Introducción

Investigación
previa

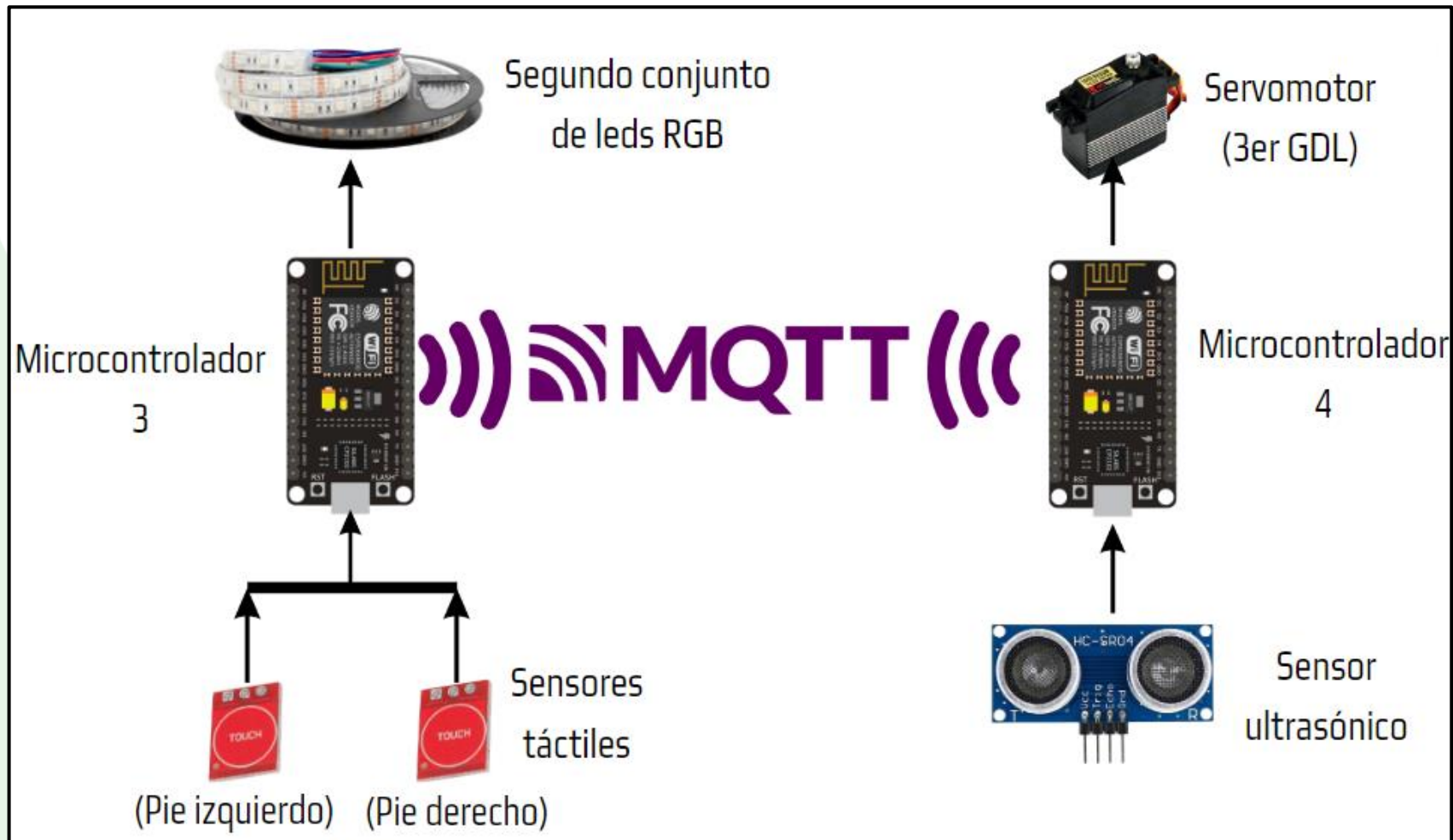
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Interfaz humano- máquina (HMI)

Introducción

Investigación
previa

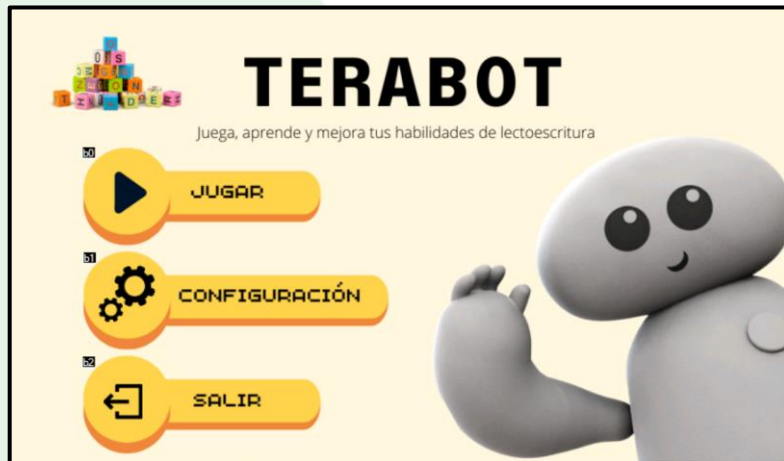
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Interfaz humano- máquina (HMI)





Diseño de interfaz humano-máquina (HMI)

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Arrastra la letra a su ubicación correcta

siempre

TU PROGRESO: 630 640

Encuentra la letra indicada

u	a	a	
o	e	u	o
e	a	u	e
a	a	a	e

TU PROGRESO: 630 640

Arrastra y construye la palabra correcta

corchos

rasca saca para

TU PROGRESO: 630 640

Encuentra y elimina la letra sobrante

copcina

TU PROGRESO: 630 640

Encuentra los elementos iguales

bona poca foca roca

roca foca poca bona

TU PROGRESO: 630 640



Sistema de comunicación

Comunicación MQTT

Introducción

Investigación previa

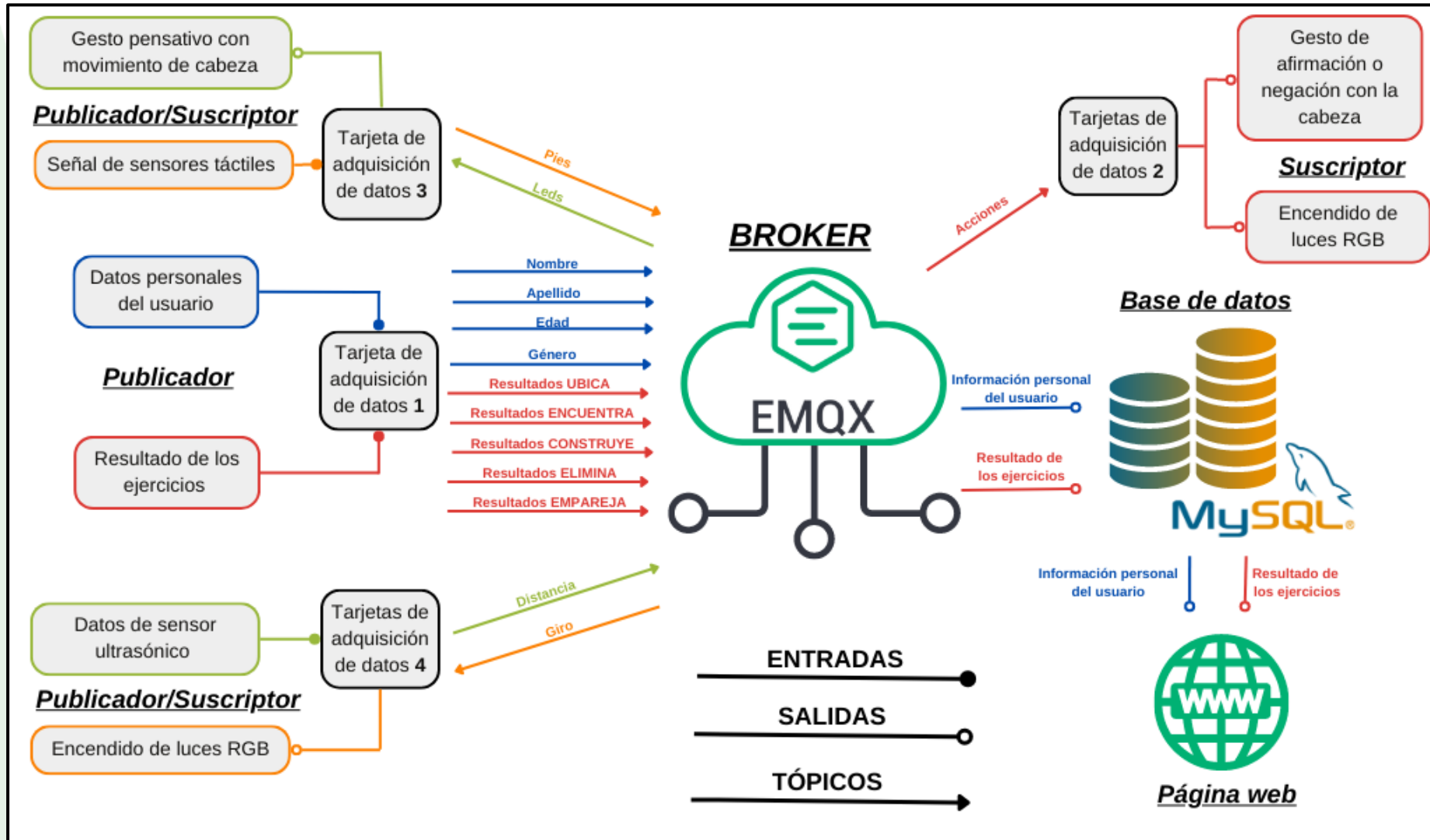
Metodología

Diseño y construcción

Pruebas y Resultados

Conclusiones

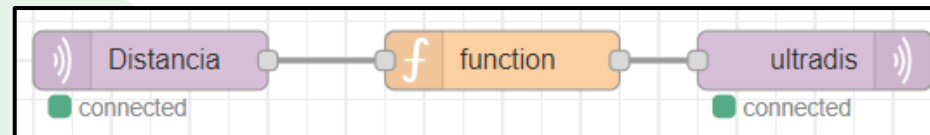
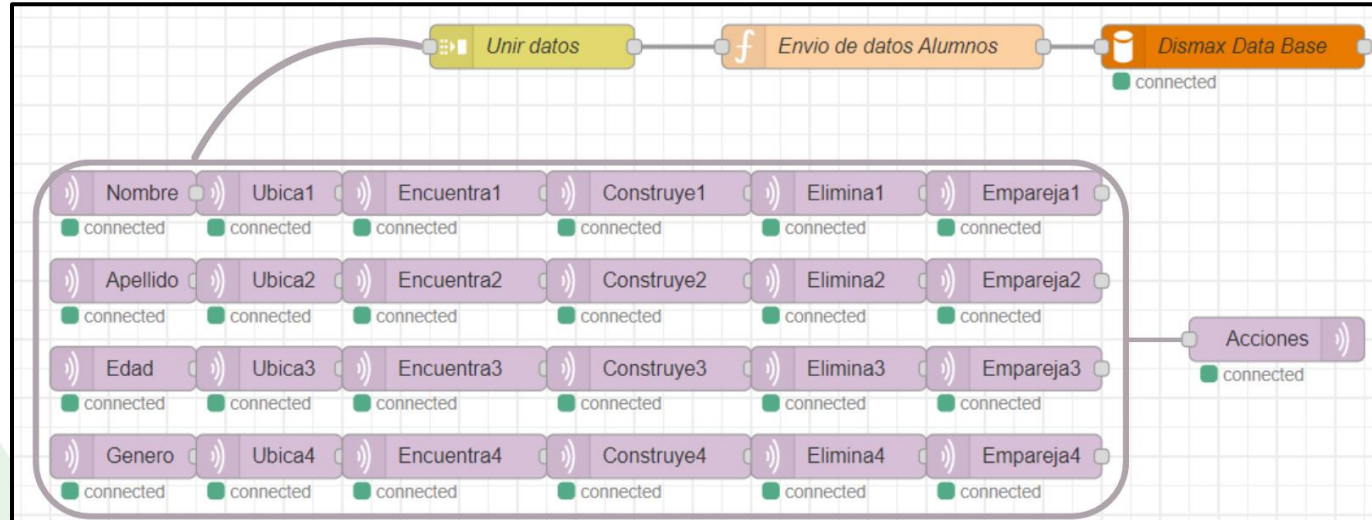
Recomendaciones





Sistema de comunicación

Node-Red



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Sistema de comunicación

Página web

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Registro de resultados TERABOT

LISTADO DE ALUMNOS



ACTUALIZAR

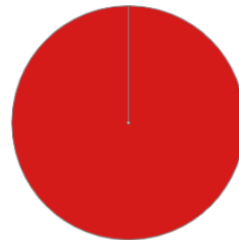


*Seleccione el alumno para observar sus resultados

ID	Nombre	Apellido	Edad	Género
1				

TOTAL DE RESPUESTAS CORRECTAS/INCORRECTAS

■ Respuestas correctas
■ Respuestas incorrectas



RESULTADOS DE CADA EJERCICIO

Resultados del alumno:

Ubica 1	Ubica 2	Ubica 3	Ubica 4
×	×	×	×

Encuentra 1	Encuentra 2	Encuentra 3	Encuentra 4
×	×	×	×

Construye 1	Construye 2	Construye 3	Construye 4
×	×	×	×

Elimina 1	Elimina 2	Elimina 3	Elimina 4
×	×	×	×

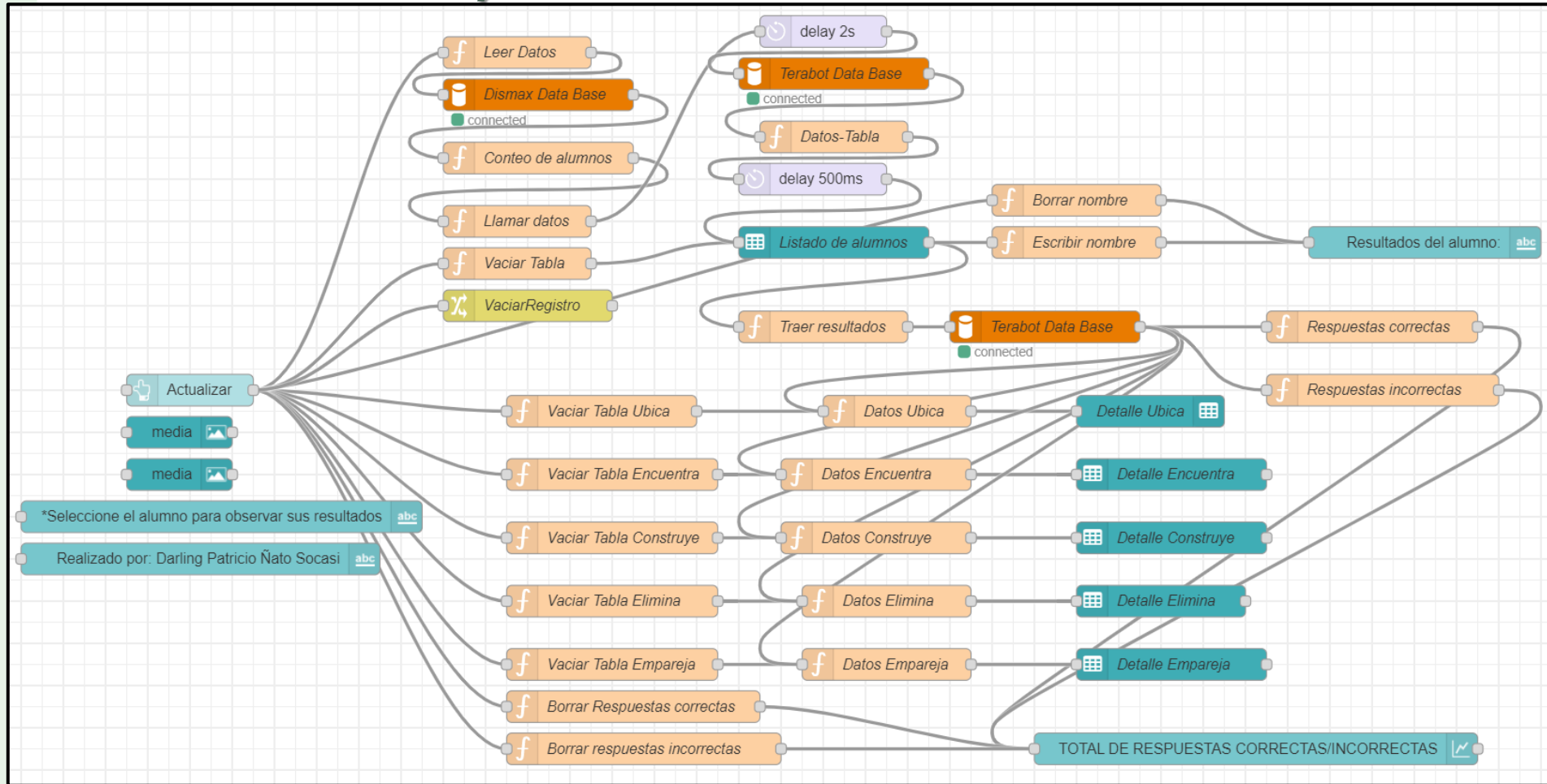
Empareja 1	Empareja 2	Empareja 3	Empareja 4
×	×	×	×

Realizado por: Darling Patricio Ñato Socasi



Sistema de comunicación

Almacenamiento y muestreo de datos



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

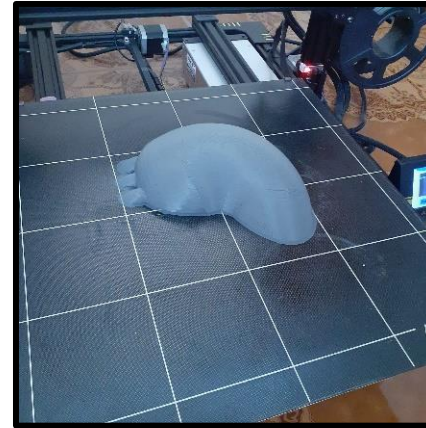
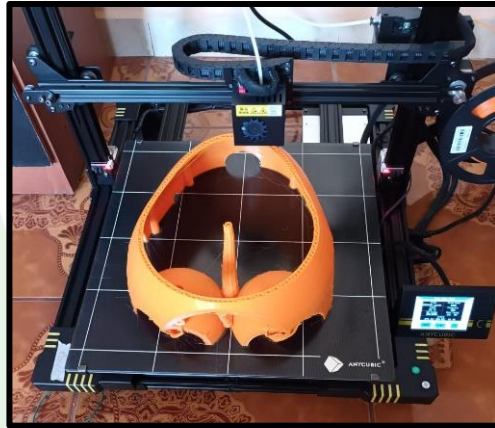


Construcción

Introducción

Investigación
previa

Metodología



Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones



Recomendaciones



Construcción

Introducción

Investigación
previa

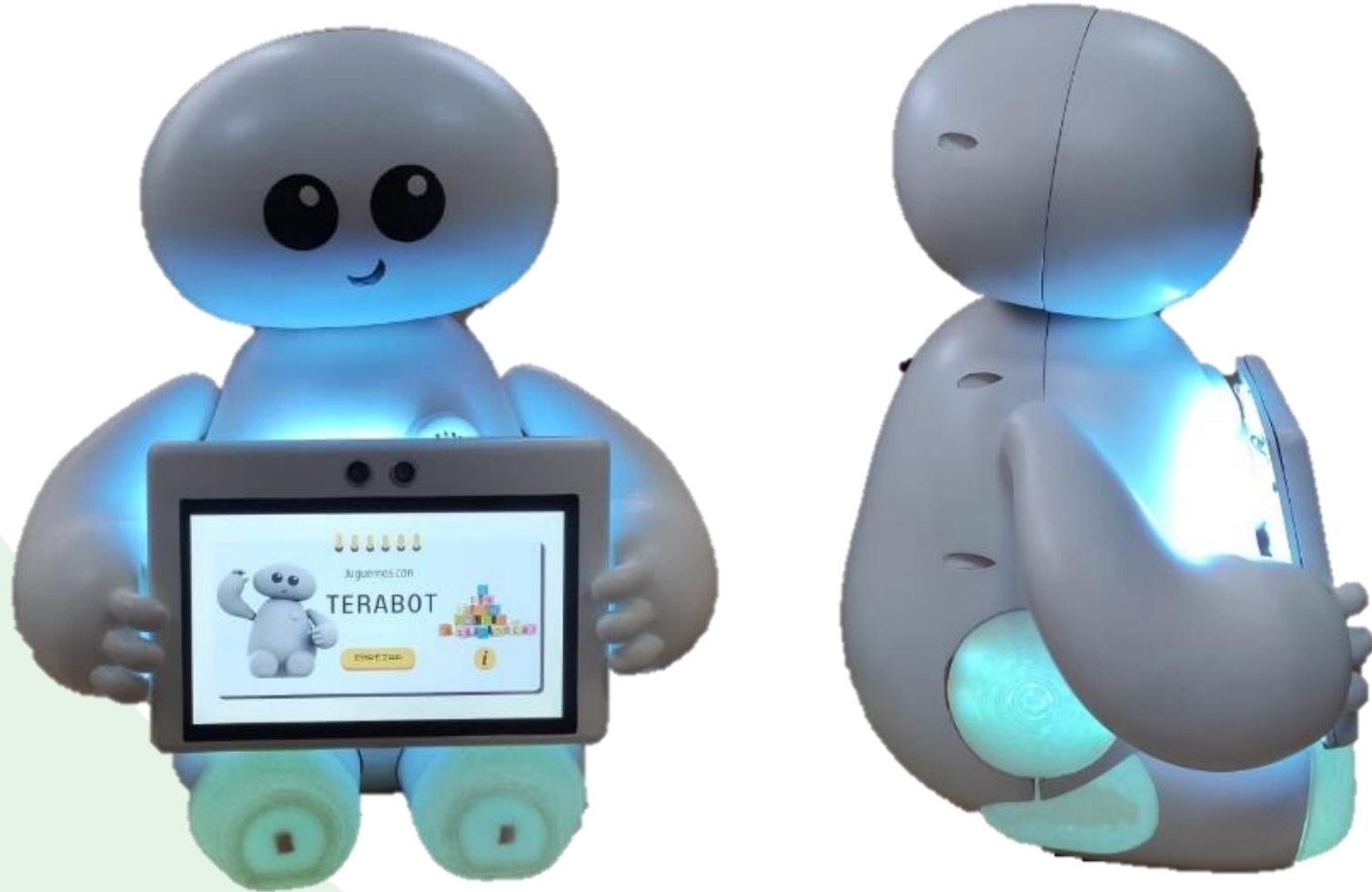
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Pruebas

Aplicación de herramientas de recolección de datos

Profesionales expertos en educación, terapia y tecnologías de asistencia

Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

**Pruebas y
Resultados**

Conclusiones

Recomendaciones





Pruebas

Aplicación de herramientas de recolección de datos y pruebas de campo con niños

- Profesionales docentes del programa educativo Ilvem Ecuador.
- Niños con diagnóstico de dislexia de 9 a 11 años de edad.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Resultados

1	¿En qué medida considera usted que el robot social es funcional?
2	¿En qué medida considera que el modelo puede ser aplicado en alumnos con dislexia?
3	¿Considera que las terapias con tecnología de asistencia podrían arrojar mejores resultados que las terapias convencionales?

Introducción

Investigación
previa

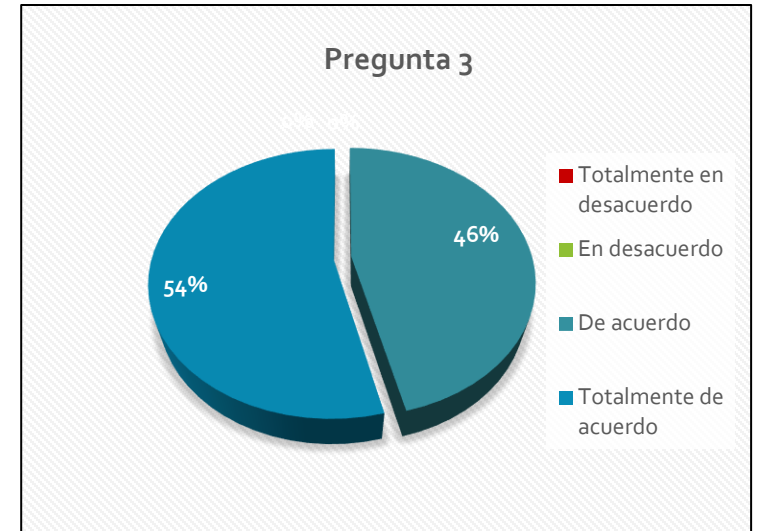
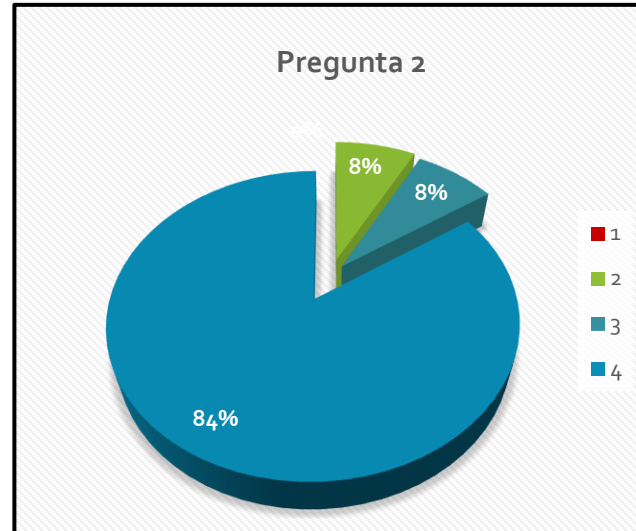
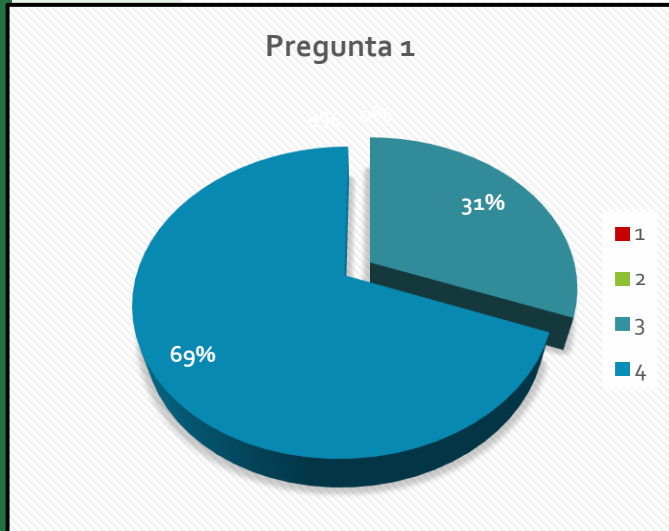
Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Resultados

Introducción

Investigación
previa

Metodología

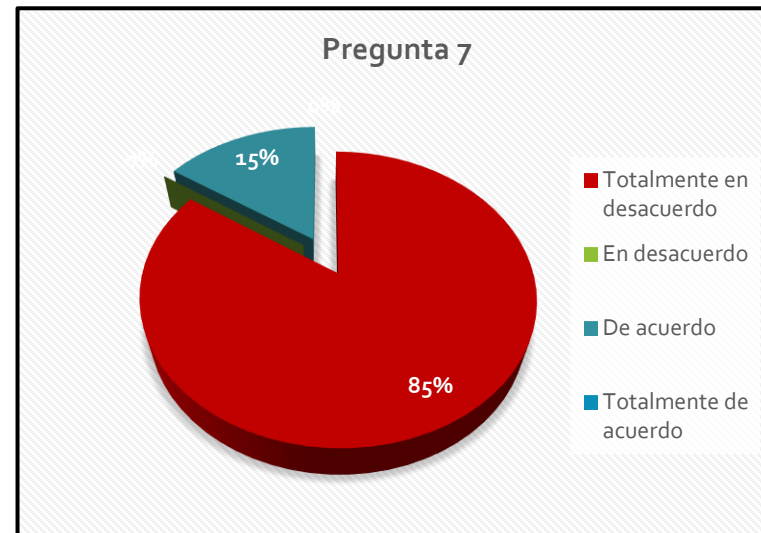
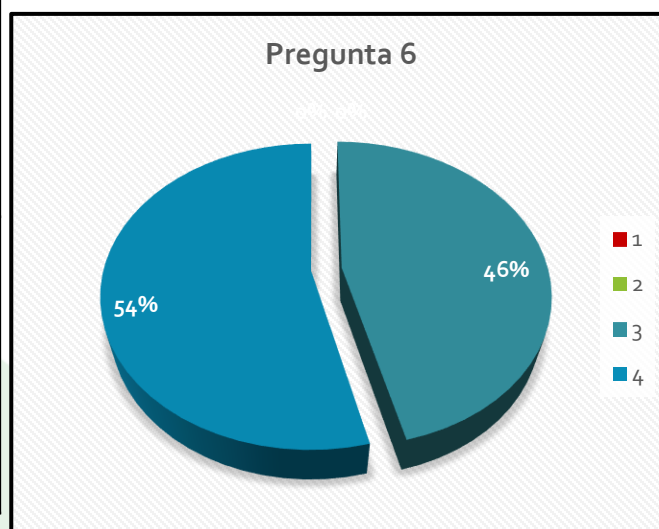
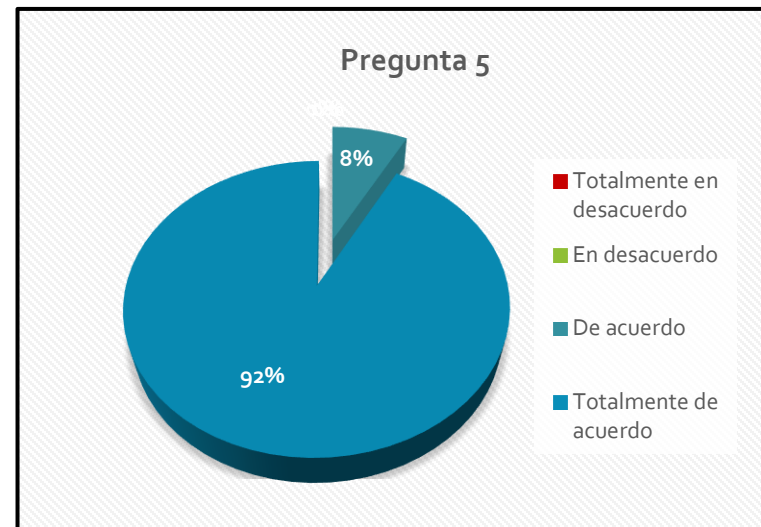
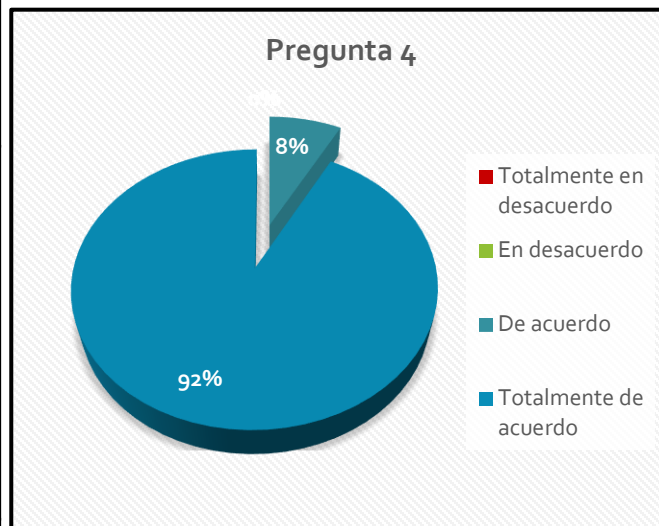
Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

4	¿Considera usted que se podría mejorar una actividad específica en una persona con dislexia, con el uso de este robot social?
5	¿Considera usted que la página web en la que se puede visualizar los datos y respuestas de los alumnos, podrían facilitar el análisis del progreso del tratamiento de alumnos con dislexia?
6	¿En qué grado consideraría que la aplicación del robot social "Terabot" ayudaría en terapias para alumnos con Dislexia?
7	¿Considera usted que el uso del robot social "Terabot" representa algún tipo de riesgo físico, psicológico o emocional, en niños con supervisión?





Video Funcional



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó y construyó un sistema ciberfísico basado en un robot social que sirve como herramienta para la terapia educacional de niños con dislexia. Este sistema pudo llegar a ser considerado como una herramienta de terapia gracias dos grandes características. En primer lugar, el software implementado en la pantalla HMI de 10” que permite realizar ejercicios de terapia enfocados en la dislexia a manera de juegos, lo cual permite que la atención del niño se centre en dichos ejercicios. En segundo lugar, el aspecto físico del robot que es visualmente amigable para los niños y que actúa de manera activa en los ejercicios que se realizan en el software, debido a que dan una retroalimentación visual y auditiva según los resultados de los ejercicios, captando completamente la atención de los usuarios.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

Se desarrolló una página web en donde se puede encontrar una interfaz para el monitoreo de datos e información de los alumnos que usen el robot. Esta página web tiene la cualidad de que presenta un listado de los alumnos con su información personal, además del detalle de resultados de cada uno de los ejercicios que tiene el software y finalmente una gráfica de pastel que presenta el total de ejercicios correctos e incorrectos. La interfaz es considerada de gran utilidad para los educadores y terapeutas que trabajan con los niños con dislexia debido a la facilidad de almacenamiento de los datos y resultados, además del acceso a los mismos gracias a que se puede acceder desde cualquier dispositivo con acceso a internet.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

El software implementado en la pantalla HMI cumplió con las expectativas de los educadores y terapeutas de niños con dislexia. Los ejercicios que se presentan en pantalla para el uso de los niños tienen la fundamentación teórica correcta para poder ser considerados como herramientas de terapia. Cada uno de los niveles trata problemas de la dislexia tales como: transposición de letras, inversión de letras y/o números gráficamente similares, problemas de derivación de palabras (sufijos y prefijos), omisión y adición de letras en las palabras, y dificultad en la búsqueda de similitud en palabras iguales; por lo tanto, es considerado como un software funcional. Adicionalmente, su interfaz es amigable e intuitiva de tal manera que no es necesaria una explicación previa del uso del software a los niños.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

Mediante el uso del protocolo MQTT se logró establecer la comunicación de las redes de sensores y actuadores que forman parte del sistema ciberfísico. El uso de este protocolo permitió que el cableado se vea reducido y que las tarjetas de adquisición de datos no se saturan con la información que reciben y envían. Además, el uso de un bróker en la nube, permite que el sistema ciberfísico pueda ser usado en cualquier lugar con acceso a internet, cosa que no hubiera sido posible en caso de usar un servidor con bróker local.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

La validación del sistema ciberfísico concluye que, tanto el robot social, como la interfaz de monitoreo son funcionales, útiles, versátiles y poco peligrosos. Según las encuestas el 69% de los encuestados piensa que la herramienta es funcional, el 84% considera que es apta para aplicarse en niños con dislexia, un 92% cree que es un sistema versátil gracias su interfaz de monitoreo de datos y un 85% piensa que no representa ningún tipo de riesgo físico, psicológico o emocional en los niños que llegasen a usarlo.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Recomendaciones

Una vez que el robot esté listo para trabajar, se recomienda una familiarización previa del robot hacia el alumno. Esto se logra mediante una explicación breve al niño haciendo hincapié en que consiste en la pantalla se presentará un juego y que el robot interactuará con él según sus respuestas. Finalmente, se recomienda la incentivación a que el infante haga uso de los sensores táctiles ubicados en los pies del robot, para que de esta manera pueda observar el movimiento de cabeza que produce hacia la izquierda o derecha, según el pie que toque el niño.



Introducción

Investigación
previa

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Recomendaciones

Durante el uso del robot por parte de los niños, se recomienda que un adulto (Educador o terapeuta) esté presente para que supervise las actividades y por si se presenta alguna dificultad. Además, es recomendable colocar al robot en una superficie que no sea lisa en su totalidad, ya que este podría resbalar causando que se aleje del usuario o pueda caer de la superficie.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN