



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT ANIMATRÓNICO HUMANOIDE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TERAPIA DE NIÑOS Y NIÑAS CON EL SÍNDROME DEL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA (TEA)

### Autores

Galo Fernando Cadena Patiño  
Humberto David Oleas Montesdeoca

### Director

Ing. Andrés Marcelo Gordón Garcés



# RESUMEN

El presente proyecto integra la tecnología de robótica, procesamiento de imágenes, y aplicaciones multimedia con el tratamiento de niños y niñas que poseen el síndrome del trastorno del espectro autista (TEA). En inicio se realiza una búsqueda de información referente a los temas de incumbencia, también se realiza una visita a un centro especializado en terapias.

Las aplicaciones multimedia se basan en el método TEACCH (Treatment and Education of Autistic Related Communication Handicapped Children), posee una base de datos que gestiona la información para que el terapeuta pueda realizar retroalimentación enfocado a la terapia, y se conectan con la interfaz gráfica del terapeuta. Para validar el funcionamiento se realizan sesiones durante tres semanas con terapeutas especializados, seguido se elaboran encuestas para los especialistas y con el método estadístico Chi-cuadrado se corrobora la hipótesis propuesta.



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar un robot animatrónico humanoide para el mejoramiento de la terapia en niños y niñas con el síndrome del trastorno del espectro autista.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca del síndrome del trastorno del espectro autista y relacionarlo con terapias enfocadas en robótica.
- Seleccionar el sistema sensorial y actuadores del robot animatrónico humanoide para la imitación de movimientos realizada por el robot.
- Diseñar y construir un robot humanoide animatrónico de tal manera que llame la atención del usuario y sea estético.



# OBJETIVOS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar interfaces interactivas que permitan el desarrollo de actividades específicas tanto para el usuario como para el terapeuta.
- Diseñar los algoritmos de programación necesarios para la interacción entre el terapeuta, el robot humanoide animatrónico y el usuario.
- Realizar pruebas del robot animatrónico humanoide para validar su funcionamiento.



# TEA

Es un trastorno de desarrollo complejo, de origen neurobiológico que se manifiesta en los primeros tres años de vida y que se extiende a lo largo del ciclo vital.

La principal característica que define a este trastorno es la divergencia entre el nivel de crecimiento de habilidades de comunicación e interacción social en relación con el nivel de desarrollo de habilidades no verbales (motricidad fina, resolución de problemas).

La Organización Mundial de la Salud dice que actualmente 1 de cada 62 personas tienen algún tipo de autismo. En el Ecuador existen 1581 personas diagnosticadas con este síndrome hasta el 2018.



## Etiologías

- Alteraciones genéticas.
- Trastornos metabólicos
- Heredabilidad (80%)
- Procesos infecciosos (etapa prenatal, perinatal o postnatal en el sistema nervioso)

## Síntomas Asociados

- Lenguaje
- Retraso mental
- Epilepsia
- Déficit Sensoriales
- Problemas motores



# TEA

## Método Teacch

Se centra en comprender la manera en que las personas con TEA piensan, experimentan y aprenden del mundo.

Las principales técnicas educativas son:

- Información visual
- Organización espacial
- Concepto de terminado
- Rutinas flexibles
- Individualización.



# ARQUITECTURA DE DISEÑO

*Terapeuta*

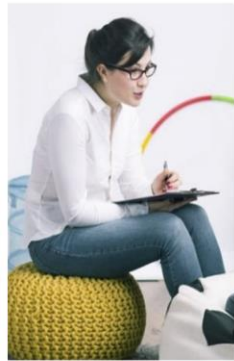
*Ordenador*

*Kinect*

*Processing*

*Robot*

*Usuario*



*Método  
Teacch*

*Tablet*





# DISEÑO MECÁNICO

## DISEÑO DEL CUERPO

Los principales parámetros considerados son:

- Dimensiones
- Peso
- Manufacturabilidad
- Estética

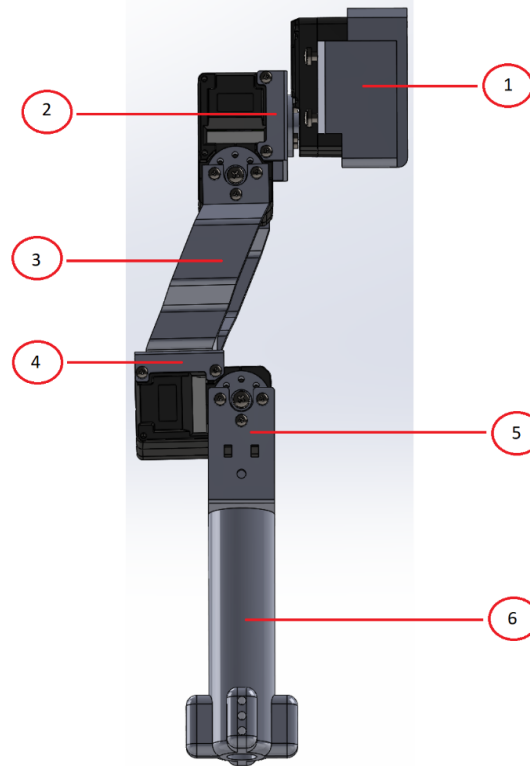


# DISEÑO MECÁNICO

## DISEÑO DE LOS BRAZOS

Cada brazo tiene tres grados de libertad (dos para el hombro y uno para el codo), los componentes son:

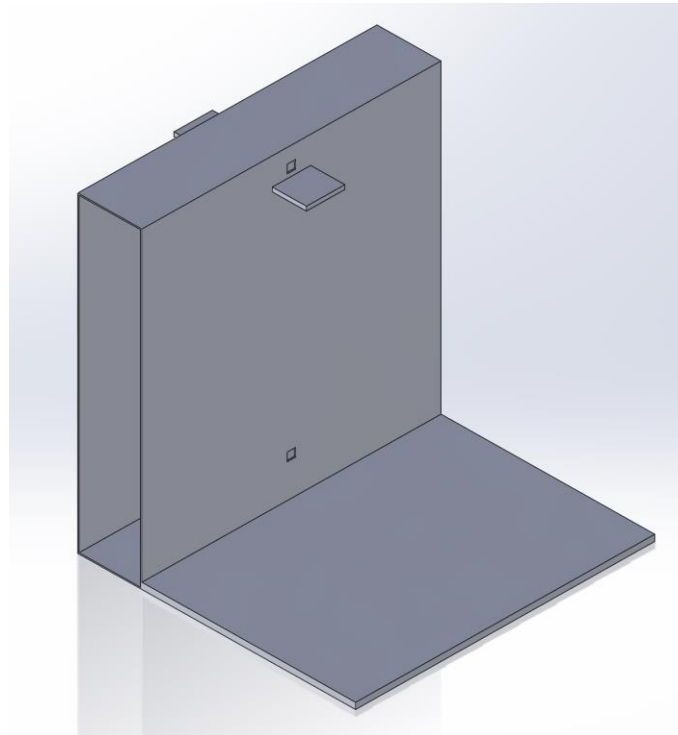
1. Base del servomotor
2. Soporte lateral del servomotor
3. Eslabón del brazo
4. Soporte lateral del servomotor
5. Soporte en U del servomotor
6. Eslabón del antebrazo



# DISEÑO MECÁNICO

## DISEÑO DEL ENTORNO

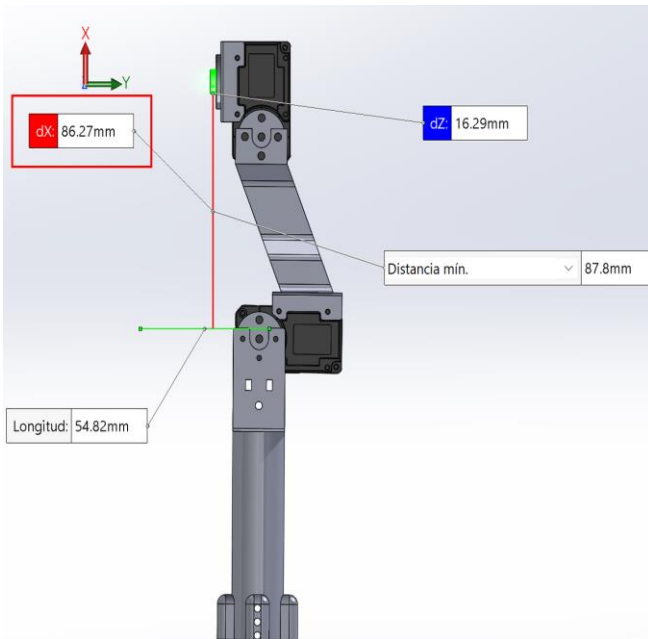
Es en donde se coloca el robot humanoide y los componentes, sirve como plataforma móvil para que exista una mejor interacción entre usuario y paciente.



# DISEÑO MECÁNICO

## CÁLCULOS DE DISEÑO

### Cálculo del centro de masa



### Torque Teórico

$$Tt = F \cdot d$$

$$Tt = m \cdot a \cdot d$$

$$Tt = \left(0.300kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 8.627cm$$

$$Tt = 25.389 N \cdot cm$$

$$Tt = 2.589 kg \cdot cm$$

### Torque Comercial

$$T = \frac{Fact_{seg}}{n(Pérdidas)} Tt$$

$$T = \frac{2}{0.8(0.5)} Tt$$

$$T = 5 \cdot Tt$$

$$T = 12945 g \cdot cm$$

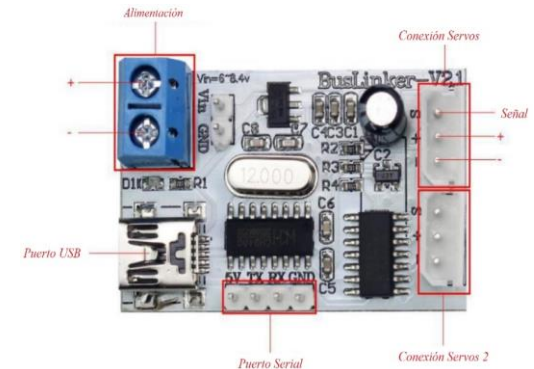
$$T = 12.945 kg \cdot cm$$



# DISEÑO MECÁNICO

## SERVOMOTORES

Parámetros	Valor
Peso neto	52g
Tamaño	1.78in · 0.97in · 1.38in
Velocidad	0.18sec/60° (6V)
rotacional	0.16sec/60° (7.4V)
Exactitud	0.24°
Torque	15kg · cm(6V)
	17kg · cm(7.4)

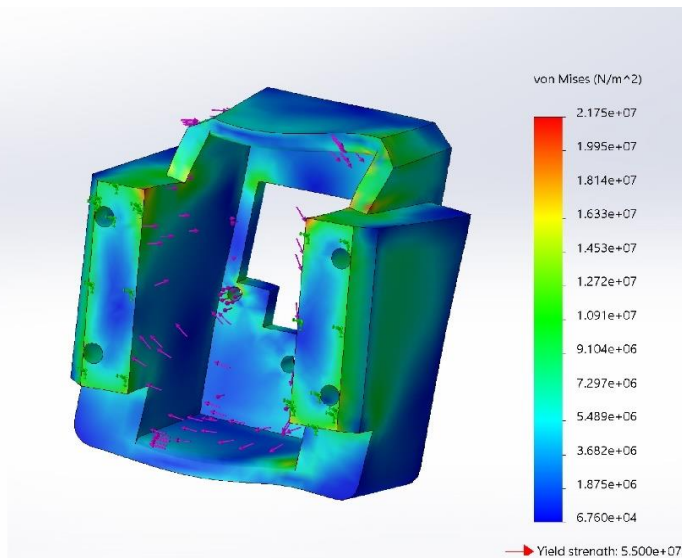


# DISEÑO MECÁNICO

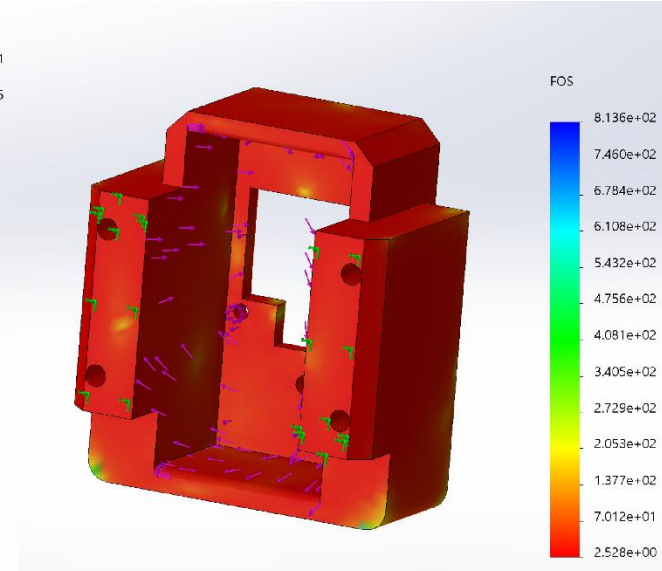
## ANÁLISIS CAE

Considerando las fuerzas inmersas en cada componente del robot animatrónico, es posible predecir fallas en el diseño con un análisis CAE.

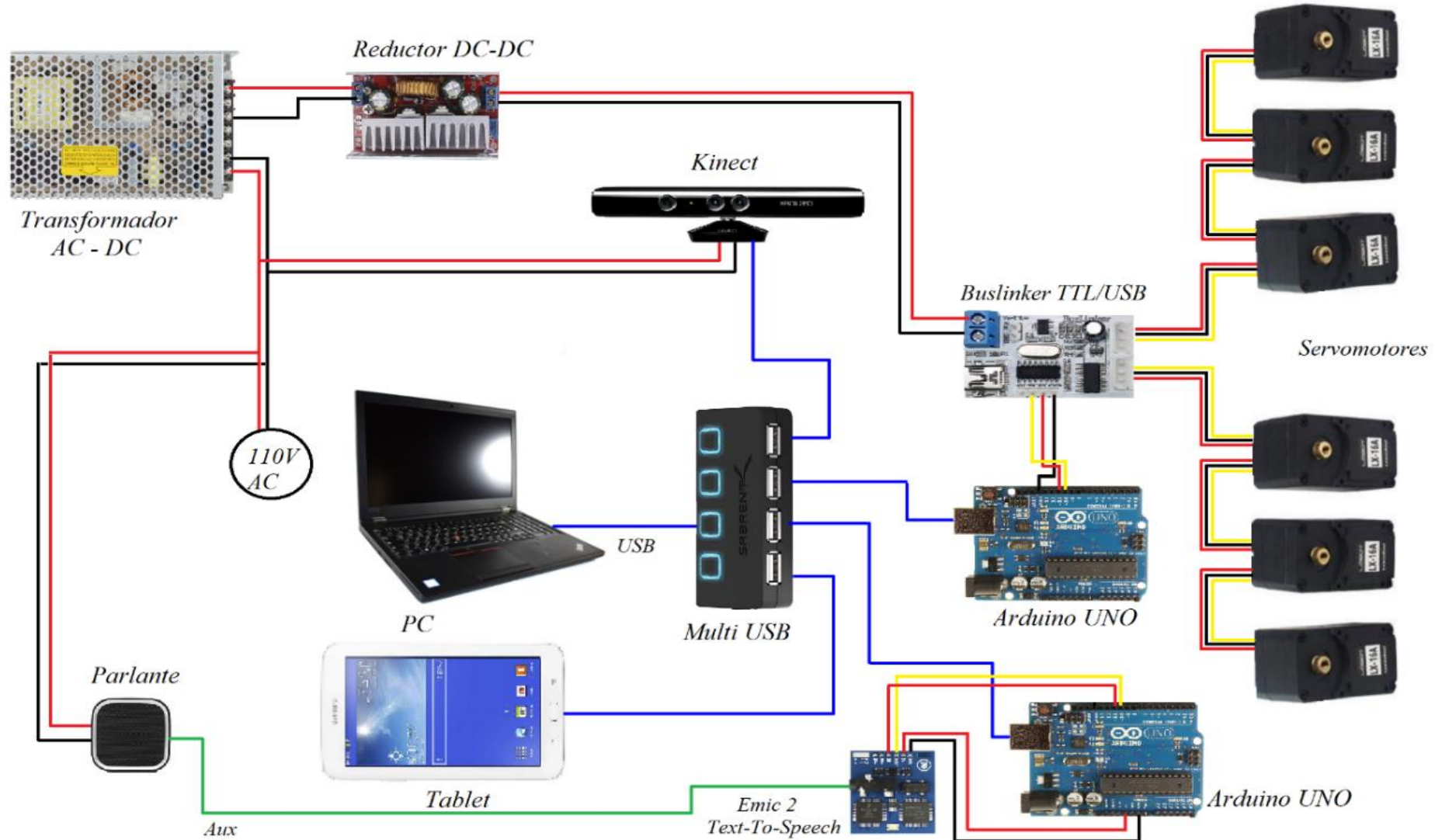
Model name:acople\_servo\_hombro  
Study name:Static 2(-Predeterminado-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1  
Deformation scale: 23.1085



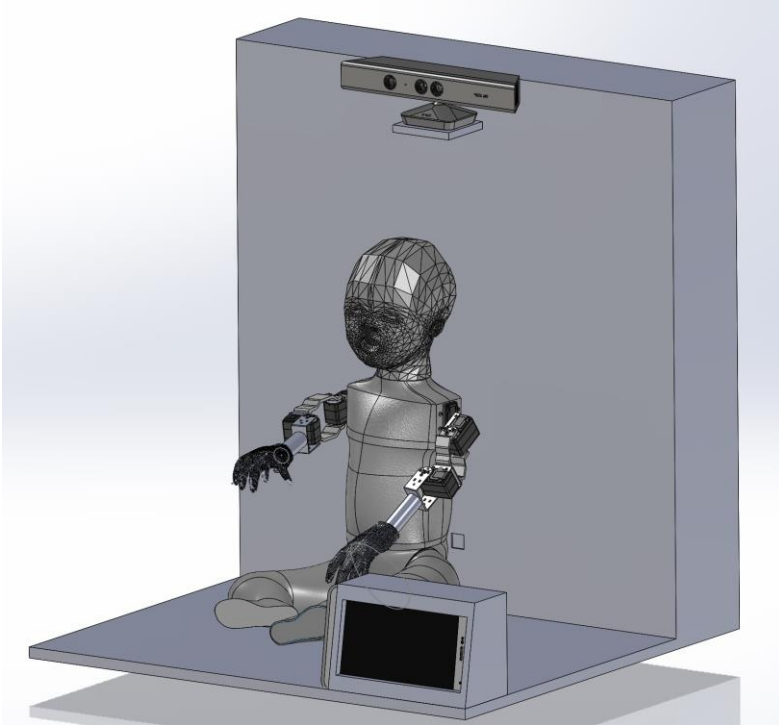
Model name:acople\_servo\_hombro  
Study name:Static 2(-Predeterminado-)  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 2.5



# DISEÑO ELECTRÓNICO



# DISEÑO FINAL









# INTERFAZ GRÁFICA DEL TERAPEUTA

MOVIMIENTOS    TERAPIA    CONVERSACION    SALIR

CONTROL DE TERAPIA



Rojo y azul

Emparejar animales

Emparejar letra

Frutas y animales

Plural y singular

Buscar letra

Ir a dormir

Ir al colegio

Días semana

Animales granja

Aula de clases

M. de transporte



# INTERFAZ GRÁFICA DEL TERAPEUTA

MOVIMIENTOS    TERAPIA    **CONVERSACION**    SALIR

CONVERSACION



Cómo estás?

Cómo te llamas?

Cuántos años?

Nombre mamá?

Nombre papá?

Dónde vives?

Estoy bien

Yo me llamo

Yo tengo 3 años

Quieres jugar?

Felicidades

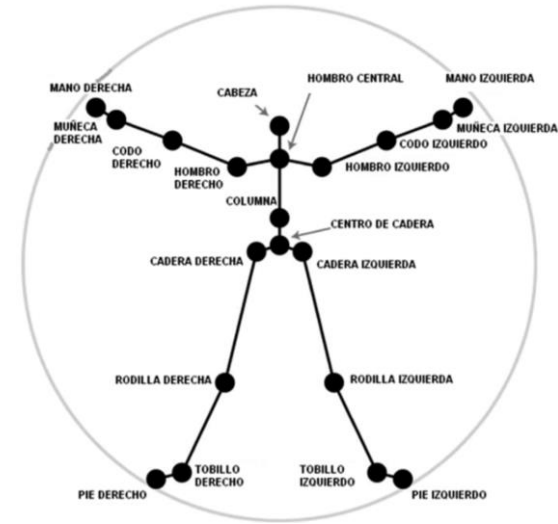
Despido

TEXTOS A VOZ

BORRAR



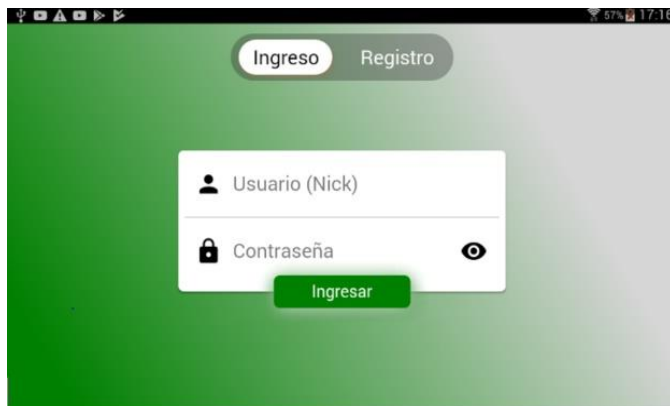
# IMITACIÓN DE MOVIMIENTO



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Ingreso e Inicio

### Ingreso del Terapeuta



A screenshot of a mobile application interface for therapist login. At the top, there are two tabs: 'Ingreso' (selected) and 'Registro'. Below the tabs is a white form with two input fields: 'Usuario (Nick)' and 'Contraseña'. A green 'Ingresar' button is positioned at the bottom of the form. The background is a solid green color.

### Registro del Terapeuta



A screenshot of a mobile application interface for therapist registration. At the top, there are two tabs: 'Ingreso' and 'Registro' (selected). Below the tabs is a white form with four input fields: 'Nombre', 'Usuario (Nick)', 'Correo Electrónico', and 'Contraseña'. A second 'Contraseña' field labeled 'Confirmar Contraseña' is located below the first. Green 'ojo' icons are visible next to the password fields. A green 'Registrarse' button is at the bottom of the form. The background is a solid green color.

### Pantalla de Inicio



A screenshot of the home screen of the mobile application. At the top, there is a green header with the ESPE logo and the text 'UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ECUADOR'. Below the header are four large, rounded rectangular buttons arranged in a 2x2 grid. The top-left button has a plus sign and a person icon, labeled 'Registro Niño'. The top-right button has a line graph icon, labeled 'Resultado Actividades'. The bottom-left button has a hamburger menu icon, labeled 'Menú Actividades'. The bottom-right button has a magnifying glass icon, labeled 'Consultar Niño'. The background is a light green color.



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Registro del Paciente

### Pantalla de Inicio



### Registro del niño

The screenshot shows the "Registro del niño" form. It features a green header with the ESPE logo and the text "UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ECUADOR INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA". The form contains the following fields and buttons:

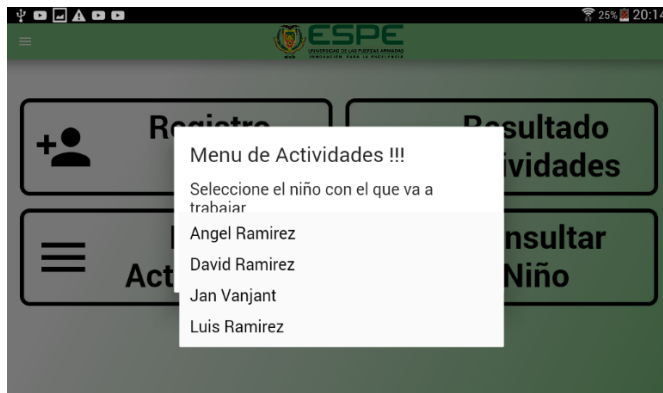
- Two input fields for "Ingrese Nombre (\*)" and "Ingrese Apellido (\*)".
- A large text area for "Ingrese Observaciones (opcional)".
- An input field for "Fecha de Nacimiento".
- A green button labeled "Guardar Datos".



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Juegos

### Selección de Niño



### Tipo de Actividad



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Organización Espacial

## Clasificación de color



## Emparejamiento de animales



## Emparejar vocales





# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Concepto de Terminado

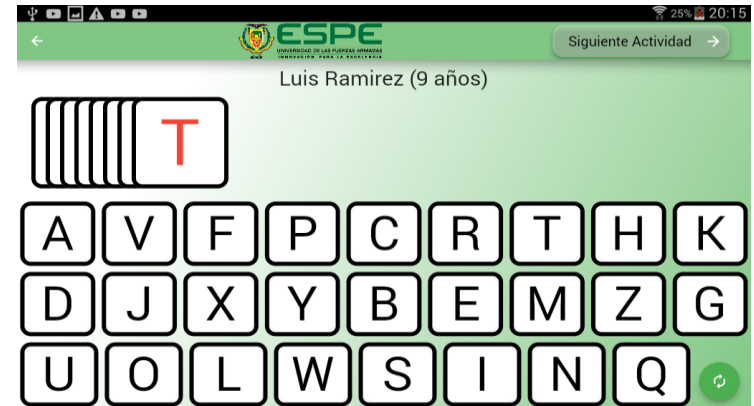
## Animales y frutas



## Plural y Singular



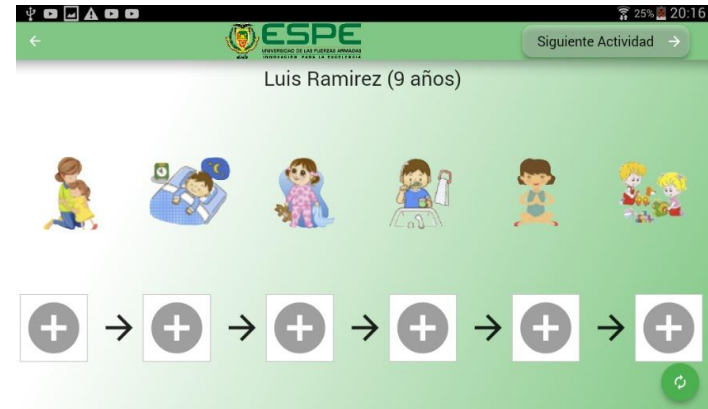
## Encuentro de letra



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Rutinas Flexibles

## Rutina de ir a dormir



## Rutina de ir al colegio



## Días de la semana



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Información Visual

## Animales de Granja



## Objetos de aula



## Medios de transporte



# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Consulta y edición de datos

### Consulta de niño

ESPE  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Angel Ramirez 2010-01-08 (9 años)	David Ramirez 2010-01-08 (9 años)
Jan Vanjant 2010-08-29 (9 años)	Luis Ramirez 2010-01-08 (9 años)

### Edición de datos

ESPE  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Eliminar Registro

Ingrese Nombre (\*)  
David

Ingrese Apellido (\*)  
Oleas

Ingrese Observaciones (opcional)  
Na

2015-08-12 (4 años)

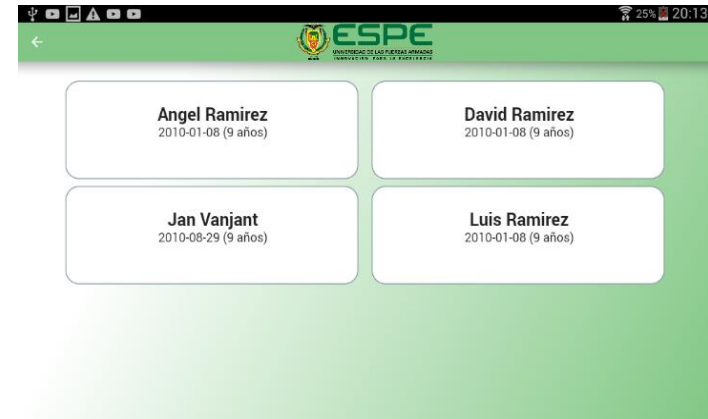
Actualizar Datos



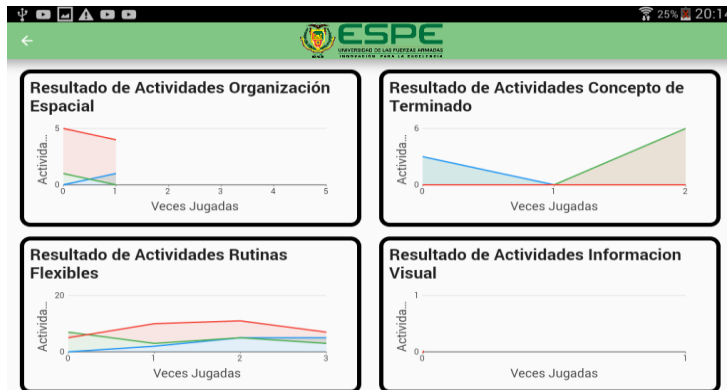
# INTERFAZ GRÁFICA DEL PACIENTE

## Resultado de Actividades

## Lista de pacientes



## Resultado por actividad



## Resultado por juego



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Validación Terapéutica

Con ayuda de los especialistas se realizan pruebas de funcionamiento, tanto como usuarios y como terapeutas.



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Validación con Pacientes

Los pacientes realizan dos sesiones a la semana durante 3 semanas, en cada sesión se ejecutan una vez las actividades planteadas en la aplicación multimedia, descansando un minuto entre cada actividad, con la finalidad de que el paciente no pierda el interés entre actividades.



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Validación de la Hipótesis

H1: El diseño, construcción e implementación de un robot animatrónico humanoide mejorará las terapias de los niños y niñas con el síndrome del trastorno del espectro autista.

$$\lambda^2 = \sum_i \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

$$\lambda^2_{Calculado} \geq \lambda^2_{Tabulado}$$

$$349.994167 \geq 65.2471$$





# CONCLUSIONES

- El robot animatrónico humanoide posee seis grados de libertad, es capaz de imitar los movimientos de los brazos, reproduce cualquier palabra escrita, tiene una interfaz gráfica en la que se proyectan 12 juegos para la terapia de niños y niñas con TEA y se opera a través de otra interfaz gráfica intuitiva por parte del terapeuta.
- La construcción y el acabado del cuerpo del robot animatrónico humanoide fue hecha con fibra de vidrio para que sea muy similar a un cuerpo humano brindando calidad y estética, los componentes de los brazos fueron construidos mediante impresión 3D.
- Los componentes del robot animatrónico humanoide fueron seleccionados a través de la metodología del diseño concurrente con criterios ponderados, lo cual permitió una eficiente selección de las alternativas de diseño, satisfaciendo los requerimientos planteados.



# CONCLUSIONES

- La interfaz gráfica del terapeuta se realizó en el software Processing que posee lenguaje en C, y la interfaz gráfica del usuario es desarrollada en Android Studio con ayuda del complemento Flutter en lenguaje Dart, cabe mencionar que ambas tienen un diseño intuitivo y los programas utilizados son de código abierto, lo que disminuye el costo, pero no la calidad.
- El robot animatrónico humanoide para niños y niñas con TEA ayuda en la terapia ya que sirve como una interfaz tecnológica llamativa entre el terapeuta y el usuario, haciendo que la transmisión de información sea captada de mejor manera por parte del niño.
- La robótica social aplicada a niños y niñas con TEA es una herramienta prometedora para el desarrollo de terapias.



# CONCLUSIONES

- Las primeras pruebas se realizaron por los autores y el tutor, validando el correcto funcionamiento de los objetivos planteados, posteriormente con ayuda de la Lcda. Martha Tenorio, especialista en el tema, se prueba el robot animatrónico humanoide en niños y niñas con TEA, concluyendo una valoración positiva para la terapia.
- La valoración experimental se la realiza en niños y niñas con TEA con dos sesiones por semana durante tres semanas, los niños y niñas muestran interacción positiva con el robot, lo que provoca que la terapia sea más entretenida y fácil por parte de los terapeutas. Con ayuda de la base de datos se obtiene información de progreso del niño, y se consiguen menos errores al avanzar el tiempo.



# RECOMENDACIONES

- Es necesario que el terapeuta sepa manejar correctamente el robot animatrónico humanoide y que siempre esté presente en la interacción con el fin de precautelar la seguridad del niño.
- Utilizar el robot animatrónico humanoide en un ambiente con iluminación para que no existan problemas de reconocimiento de movimiento de los brazos.
- Se recomienda considerar intervalos de descanso entre cada juego, con el fin de evitar cansancio o frustración en el niño.
- Implementar una pantalla más grande en la interfaz gráfica del robot y aumentar el número de juegos en la aplicación multimedia, con el fin de evitar fatigas y redundancia en las terapias.



# RECOMENDACIONES

- Crear y añadir expresiones gestuales en la cabeza del robot animatrónico humanoide, para que posea un aspecto más humano y tenga más impacto visual en los niños y niñas con TEA.
- Incrementar los grados de libertad del robot animatrónico humanoide para que se muevan todas las extremidades, de tal manera que se puedan generar más movimientos.



GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA