



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TORSO DE UN INTÉRPRETE HUMANOIDE DE MÚLTIPLES GRADOS DE LIBERTAD PARA LA ENSEÑANZA DEL LENGUAJE DE SEÑAS BÁSICAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI”

Autores:

Fernanda Oñate
Verónica Valdés

Director:

Ing. Fausto Acuña

Codirector:

Ing. Marco Singaña



19 de Agosto Latacunga 2015

Agenda



- Introducción
- Capítulo I
 - Estado del arte
 - Fundamento teórico
- Capítulo II
 - Diseño y selección de dispositivos
- Capítulo III
 - Implementación
- Capítulo IV
 - Pruebas y resultados
- Capítulo V
 - Conclusiones
 - Recomendaciones

Introducción



La discapacidad auditiva se define como la dificultad que presentan algunas personas para participar en actividades propias de la vida cotidiana, que surge como consecuencia de la interacción entre una dificultad específica para percibir a través de la audición los sonidos del ambiente, los sonidos del lenguaje oral, siendo ésta considerada como una de las de mayor marginación porque esta discapacidad no presenta características físicas en su rostro o cuerpo como en otras discapacidades.

Es importante que las Instituciones de Educación Superior busquen una solución técnica a problemas de la sociedad, como en este caso la educación para personas con discapacidad auditiva, porque se cuenta con los conocimientos para desarrollar tecnología que puede mejorar el aprendizaje infantil con el uso de sistemas mecatrónicos.

Objetivos



Objetivo general

- Diseñar e implementar el sistema de control del torso de un intérprete humanoide de múltiples grados de libertad para la enseñanza del lenguaje de señas básica con niños de discapacidad auditiva en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Aprender la comunicación mediante lengua de signos para su posterior programación.
- Investigar los principios de aprendizaje para niños con discapacidad auditiva.
- Analizar las señales enviadas y recibidas del humanoide para generar los movimientos que se requiera para el desarrollo de las señas.
- Diseñar el sistema de control para las secuencias de movimiento del humanoide mediante la tarjeta que procesara los datos.
- Diseñar la interfaz gráfica para el accionamiento del intérprete a través del computador.
- Implementar y comprobar el sistema de control en conjunto con la interfaz gráfica.

Justificación



En vista al porcentaje elevado de niños con discapacidad auditiva y que la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi no dispone de un equipo que facilite el aprendizaje del lenguaje en señas. Se justifica este proyecto porque permite al niño una fácil adaptación en la etapa inicial escolar que se puede desarrollar mediante una tecnología capaz de enseñar a interpretar las palabras básicas, por lo cual se implemento el control de movimientos de un humanoide para generar el lenguaje de comunicación con estos niños y así poder reducir las limitaciones que se pueden generar en la comprensión del lenguaje de señas.

Capítulo I



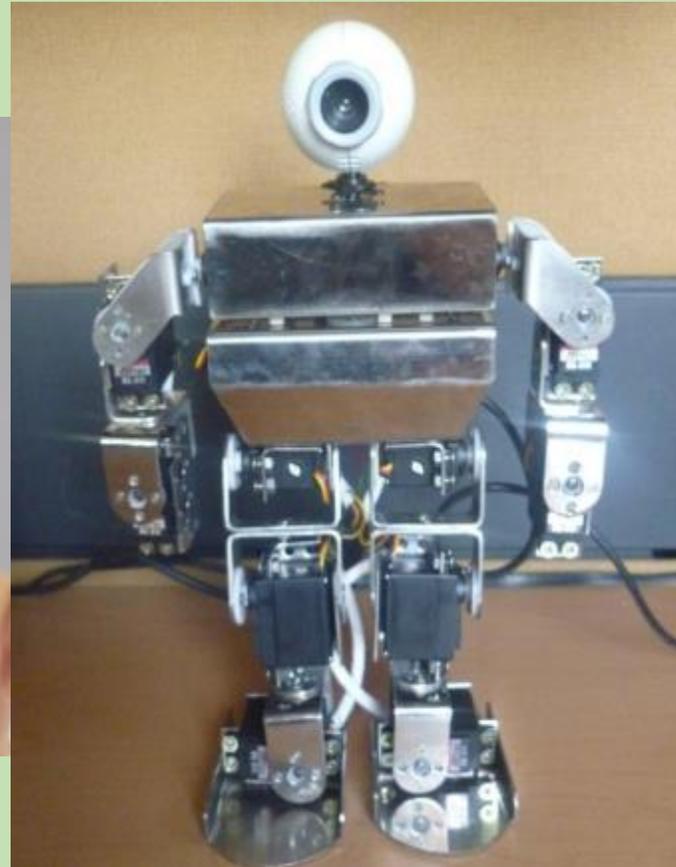
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Estado del arte y Fundamento teórico

Estado de arte



ESTUDIO DE INTÉRPRETES HUMANOIDES DE LENGUA DE SEÑAS





TÉCNICAS DE APRENDIZAJE DE LA LENGUA DE SEÑAS





TECNOLOGÍA PARA DISCAPACITADOS EN EL ECUADOR



Fundamento teórico



DISCAPACIDAD AUDITIVA Y LENGUA DE SEÑAS



“El mundo de la discapacidad es tan variado, que hay algunas que son invisibles como lo es la auditiva. Sólo cuando vemos que una persona usa sus manos para expresar con señas sus necesidades e inquietudes, nos percatamos de que tiene una discapacidad auditiva”



La lengua de señas es una lengua natural de expresión y configuración gesto-espacial y percepción visual, gracias a la cual las personas con discapacidad auditiva pueden establecer un canal de comunicación con su entorno social



Los intérpretes son aquellas personas que le transmiten un mensaje emitido en lenguaje oral a la persona con discapacidad auditiva, por lo general a través del lenguaje manual o de señas, ya que poseen conocimiento del mismo





ACTUADORES

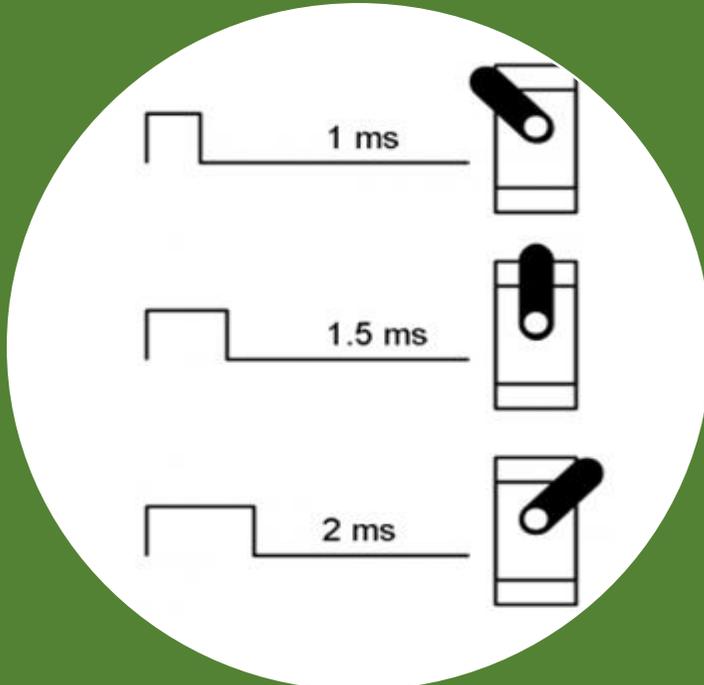


SERVOMOTORES:

Es el elemento final de un sistema que proporciona movimientos giratorios, muy similar a un motor de corriente continua diferenciándose por el rango de libertad que poseen, tienen un rango de libertad de aproximadamente 180 grados, se deben realizar ciertas modificaciones si se desea que gire libremente los 360 grados.



SISTEMA DE CONTROL

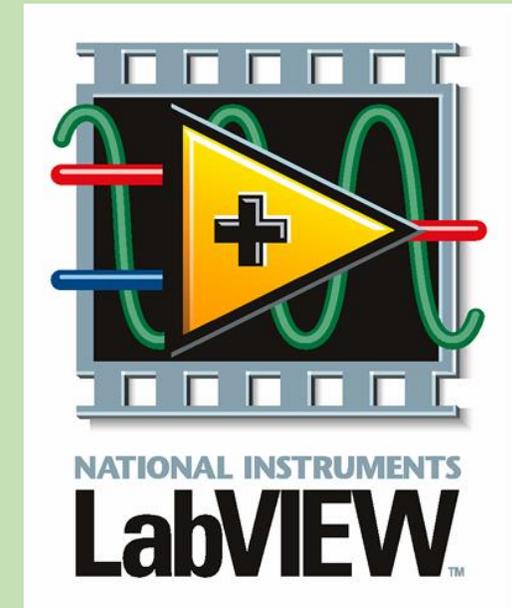
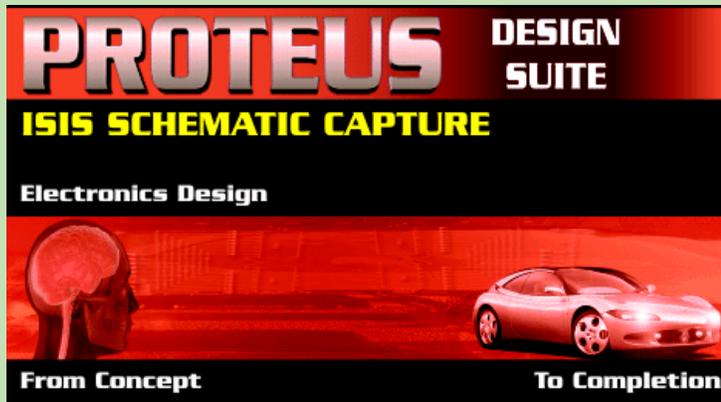


PWM:

La modulación de ancho de pulso de una señal es una técnica que logra producir el efecto de una señal analógica sobre una carga, a partir de la variación de la frecuencia y ciclo de trabajo de una señal digital. El ciclo de trabajo describe la cantidad de tiempo que la señal está en un estado lógico alto.



SOFTWARE EMPLEADOS



Capítulo II



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño y selección de dispositivos



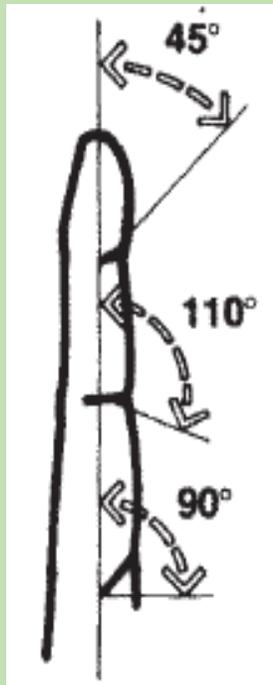
PARÁMETROS DE DISEÑO

- Servomotores con los torques establecidos, unos para un bajo torque de máximo 0.54 [Kgf.cm] y los de alto torque de 19.05 [Kgf.cm].
- Sistema electrónico conformado por servomotores y potenciómetros (sensores) Fuente de 5V, cálculo de corriente.
- Elementos de protección para el sistema total
- Tarjetas de control adecuadas para el envío y recepción de datos
- La interfaz gráfica permitirá la interacción del usuario con el intérprete humanoide, adecuada para niños de 5 a 12 años.
- Comunicación entre sensores, servomotores y la tarjeta de control
- Diseño de placas electrónicas mediante el software ISIS

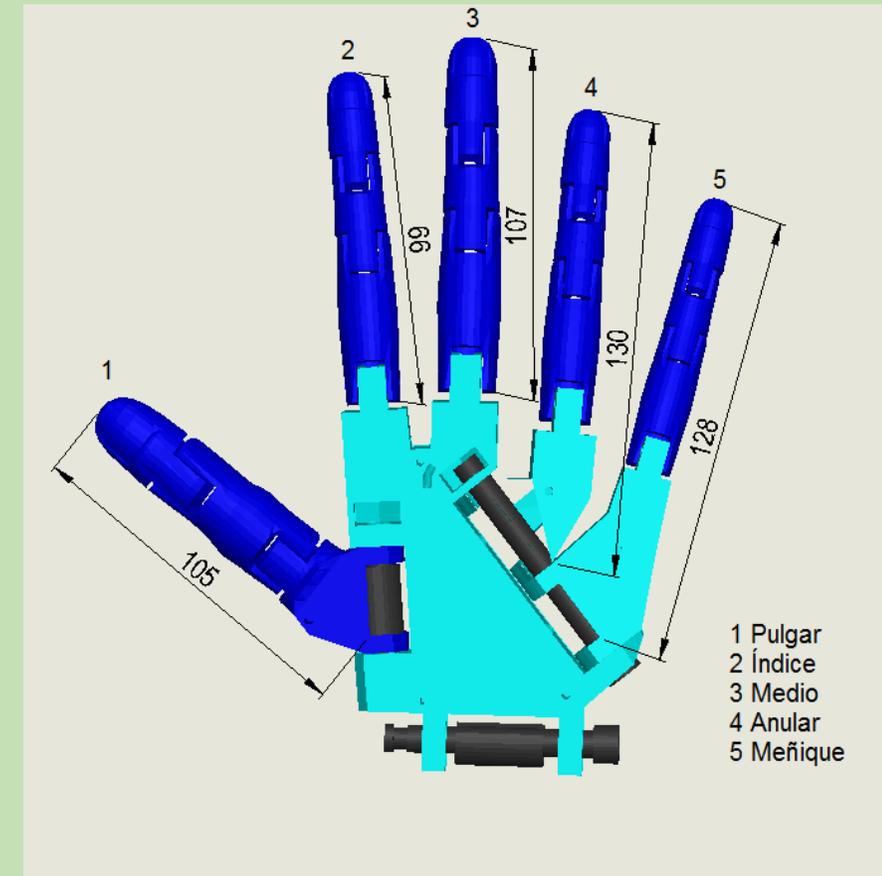
Análisis del diseño mecánico



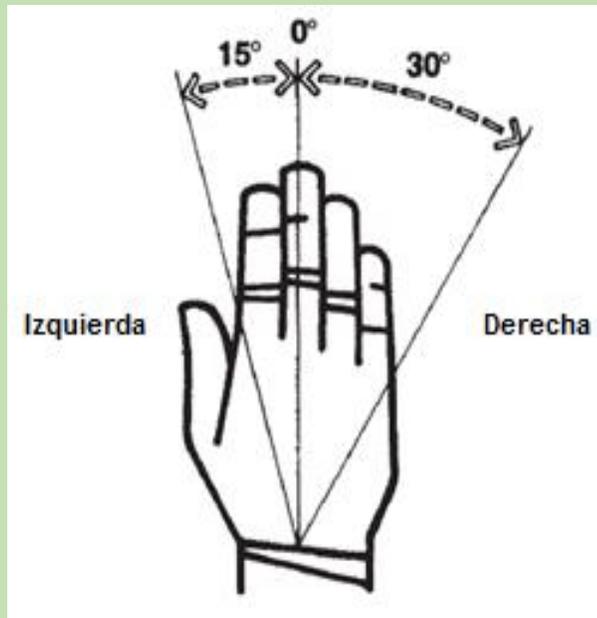
CAMPOS DE OPERACIÓN Y TORQUES DEDOS



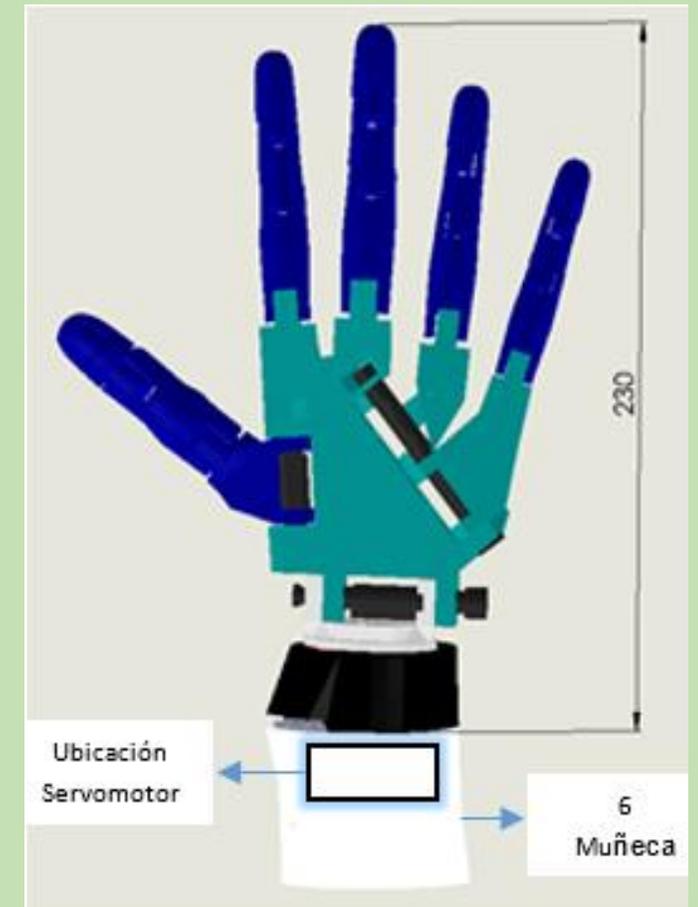
Nombre	Masa [Kgf]	Torque [Kgf·cm]
D. Pulgar	0.050	0.54
D. índice	0.022	0.21
D. Medio	0.026	0.27
D. Anular	0.018	0.24
D. Meñique	0.014	0.19



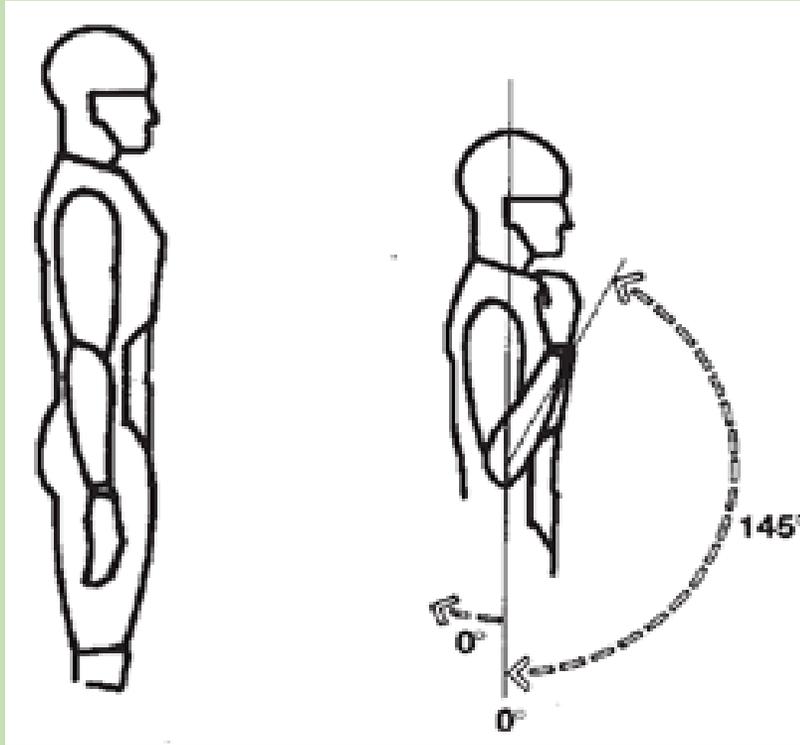
CAMPOS DE OPERACIÓN Y TORQUES MUÑECA



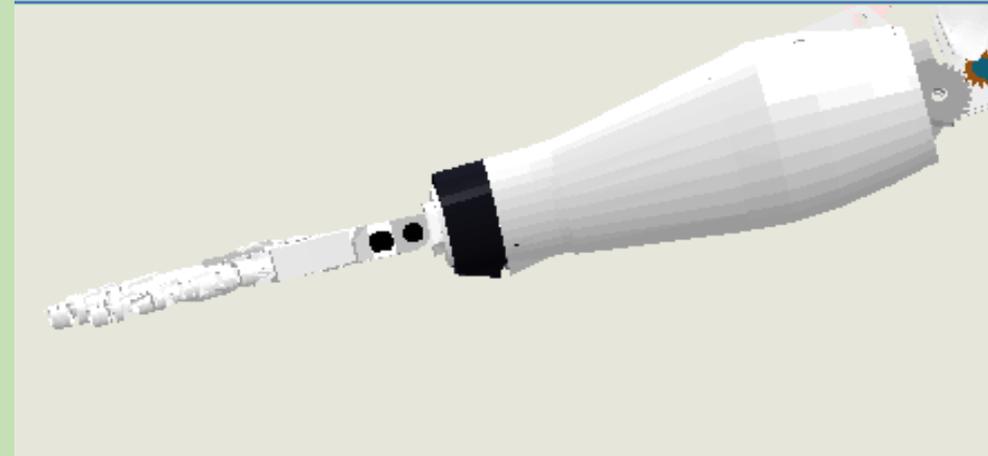
Nombre	Masa [Kgf]	Torque [Kgf·cm]
Muñeca	0.120	0.10



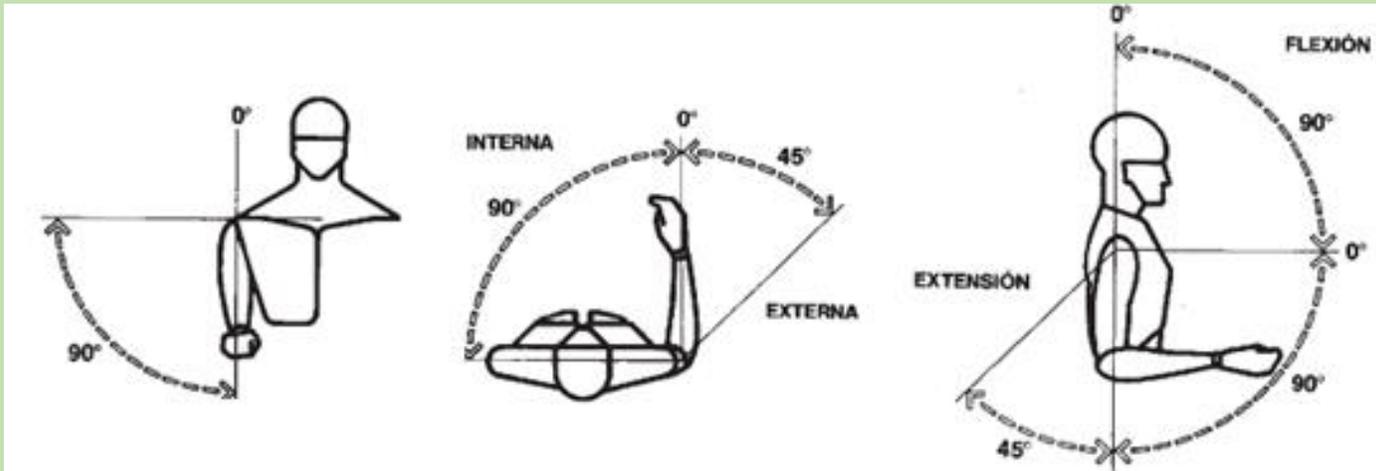
CAMPOS DE OPERACIÓN Y TORQUES ANTEBRAZO



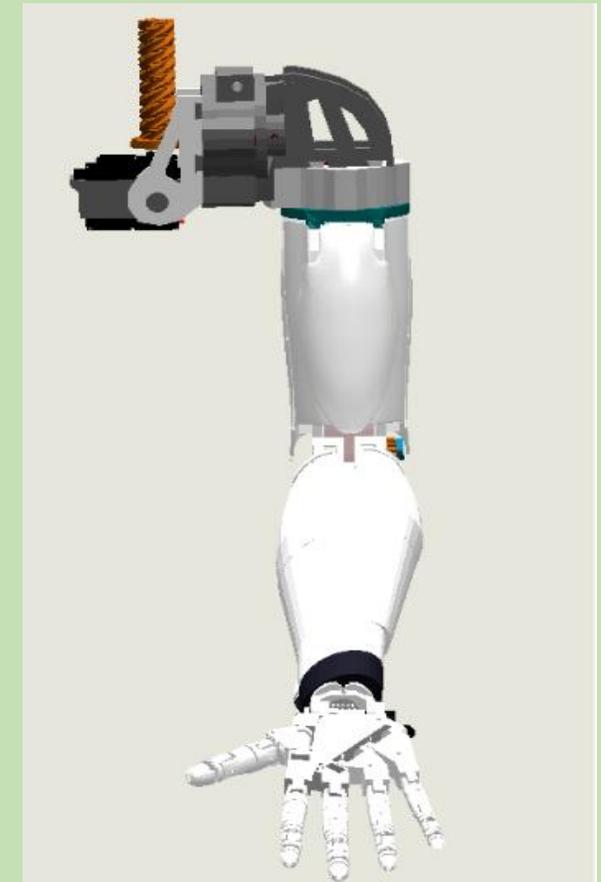
Nombre	Masa [Kgf]	Torque [Kgf·cm]
Antebrazo		Subida
Flexión y	0.47	12.68
Extensión		Bajada
		2.50



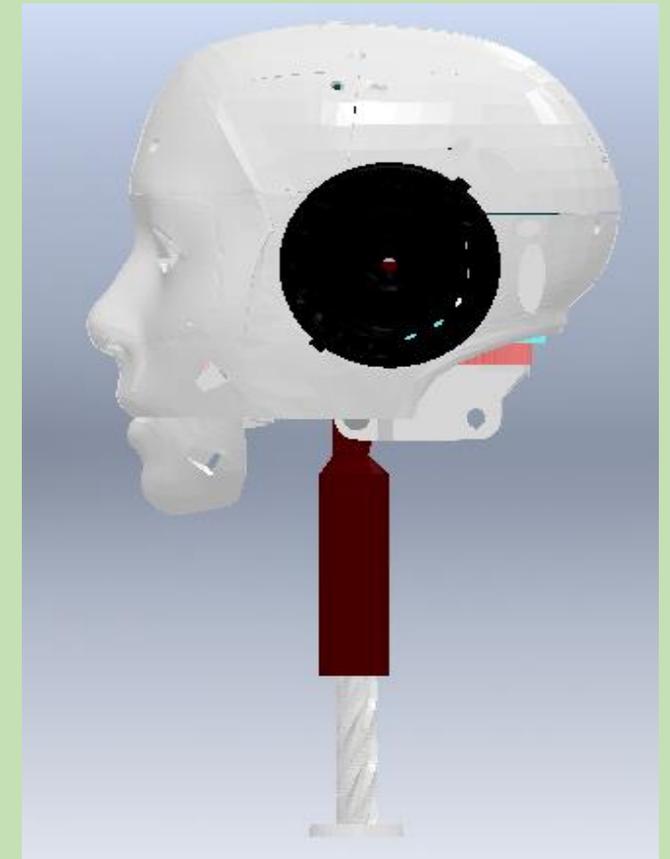
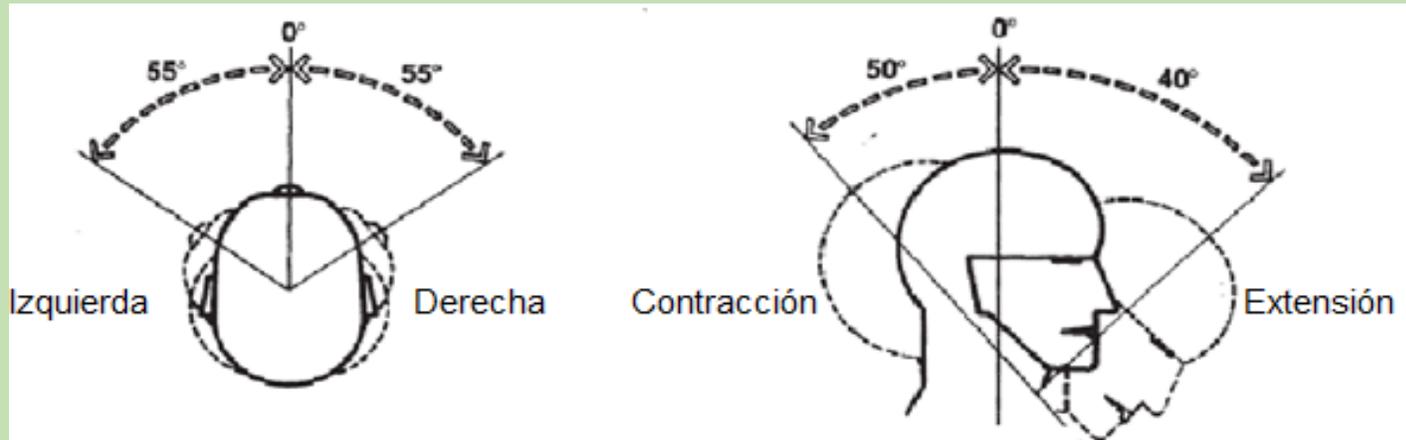
CAMPOS DE OPERACIÓN Y TORQUES HOMBRO



Nombre	Masa [Kgf]	Torque [Kgf · cm]
H. Rotación	1.46	0.9
H. Flexión	1.60	Subida 19.05
		Bajada 3.89
H. Abducción	1.60	16.81



CAMPOS DE OPERACIÓN Y TORQUES CUELLO Y CABEZA

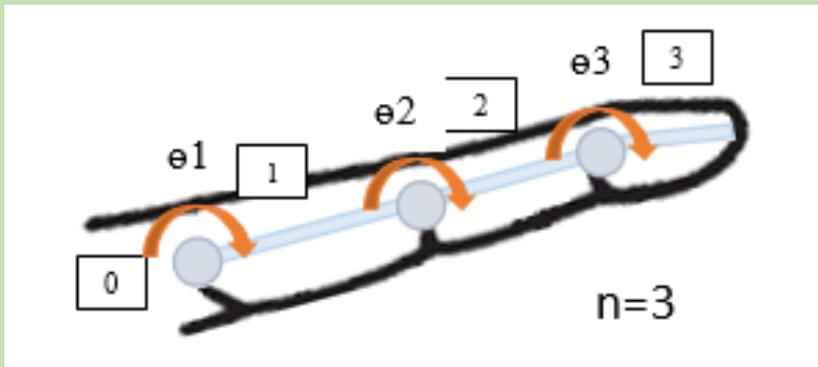


Nombre	Masa [Kgf]	Torque [Kgf · cm]
Rotación	0.59	1.27
Extensión Y Contracción	0.85	Subida 4.22 Bajada 0.77

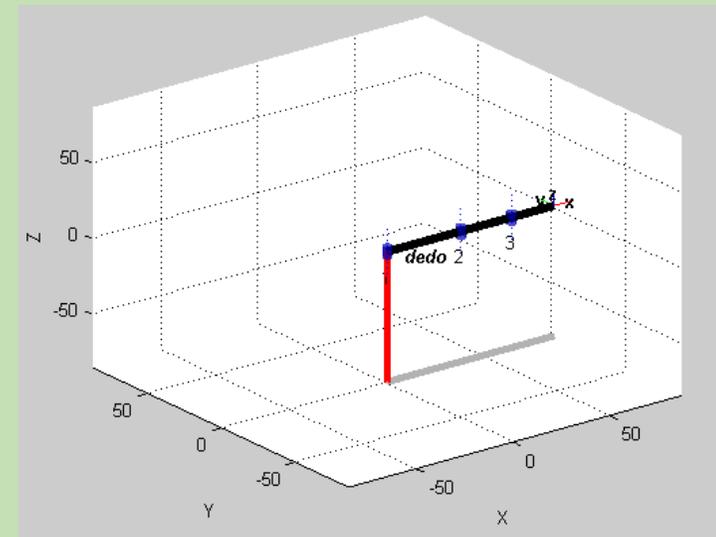
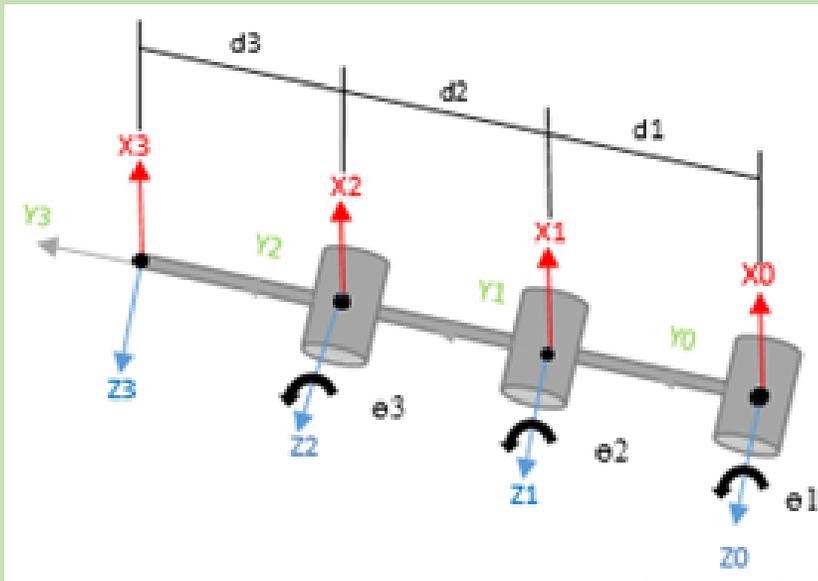
Cinemática del humanoide



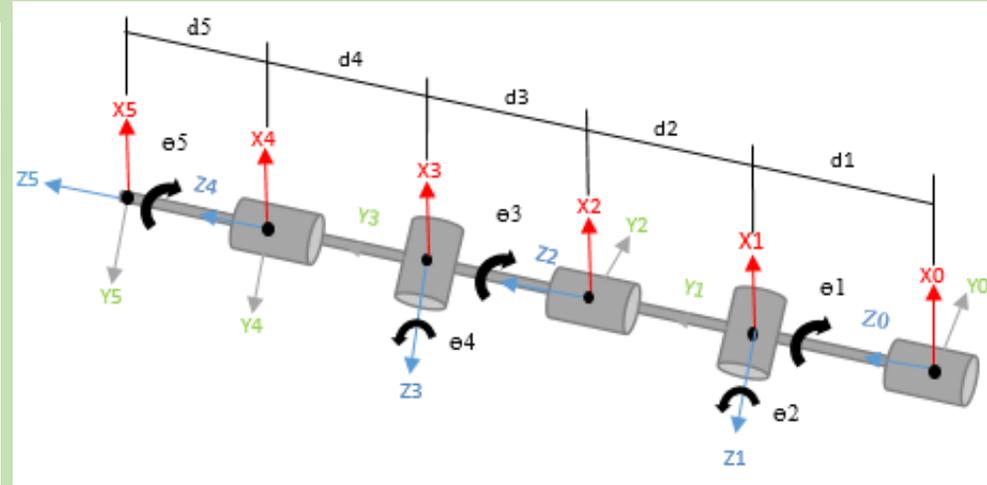
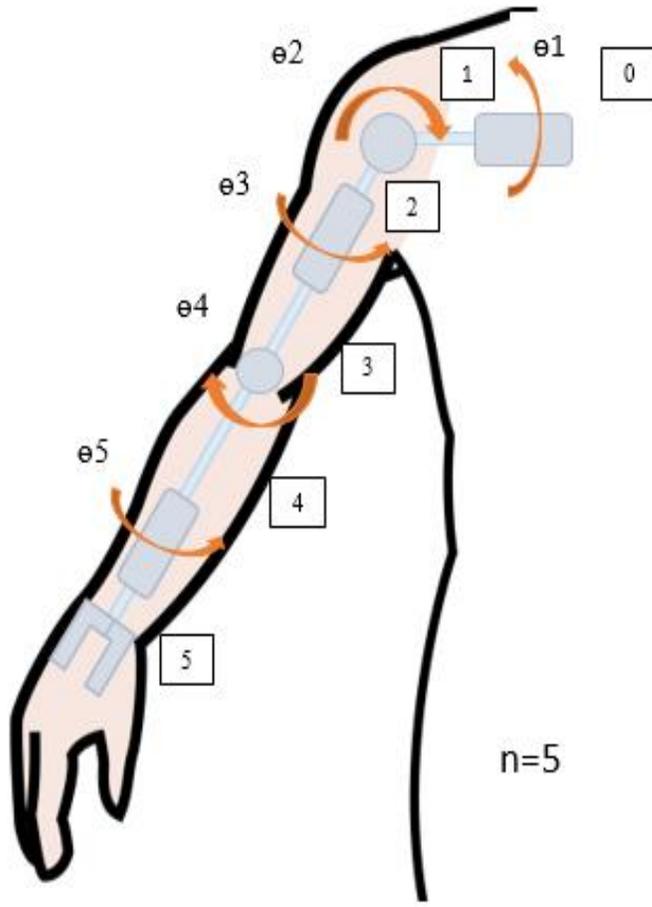
DEDO



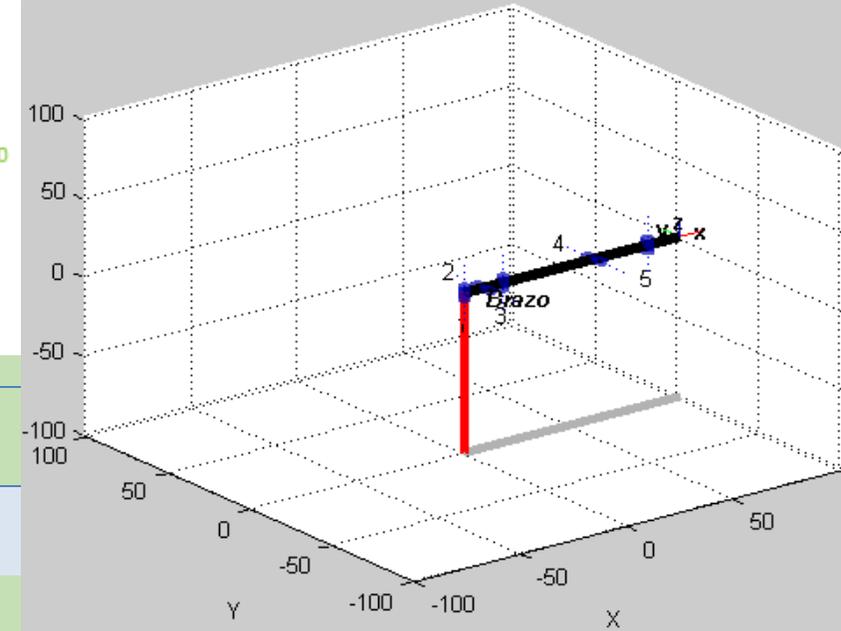
Articulación	e	$d(\text{mm})$	a	α
1	q_1	$d_1=38$	0	0
2	q_2	$d_2=26$	0	0
3	q_3	$d_3=22$	0	0



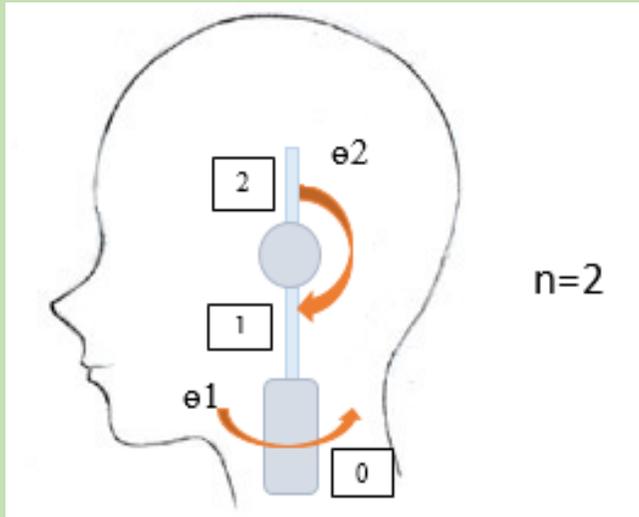
BRAZO



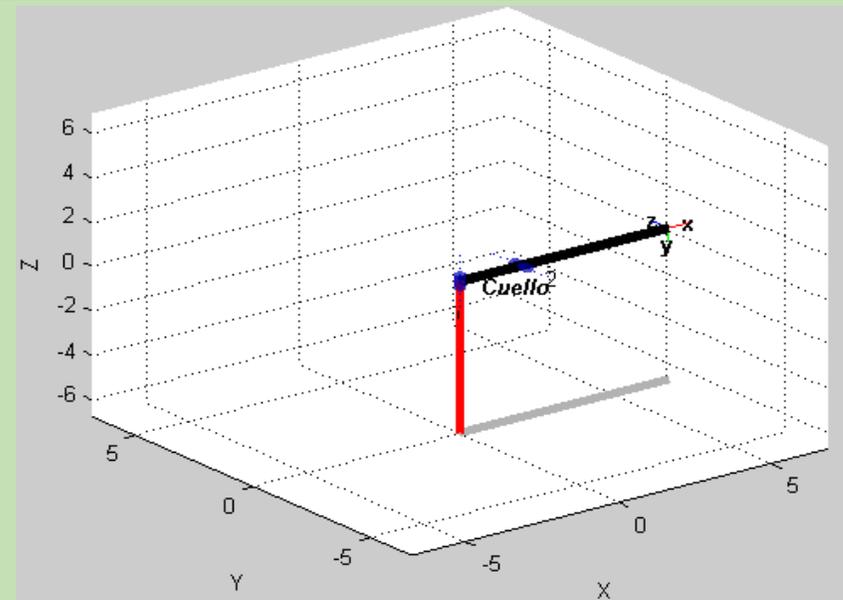
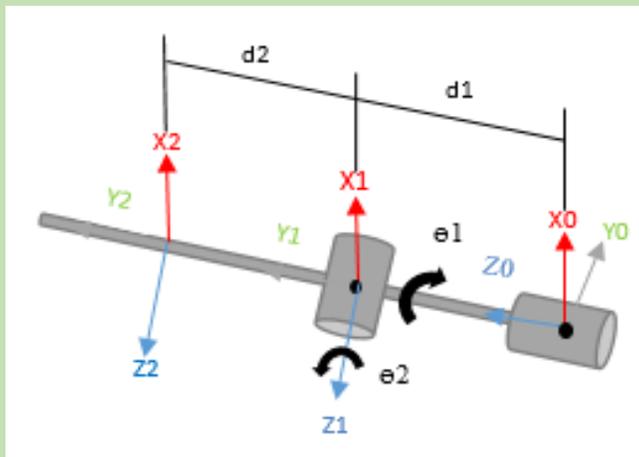
Articulación	θ	$d(\text{mm})$	A	α
1	q_1	$d_1=9.1$	0	90
2	q_2	$d_2=9.1$	0	-90
3	q_3	$d_3=42.87$	0	90
4	q_4	$d_4=24.98$	0	-90
5	q_5	$d_5=15.07$	0	0



CABEZA Y CUELLO



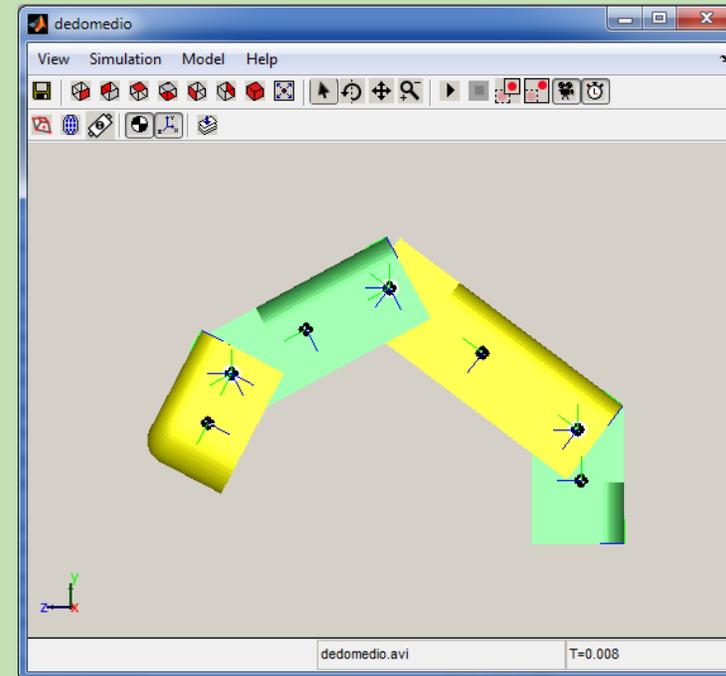
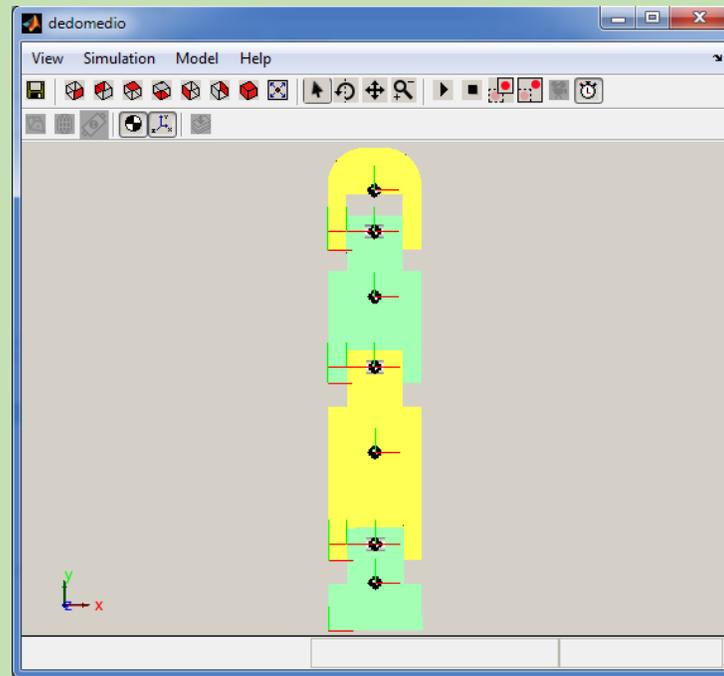
Articulación	θ	$d(\text{mm})$	a	α
1	q_1	$d_1=2$	0	-90
2	q_2	$d_2=4.8$	0	0



Simulación del mecanismo



DEDO



Diseño del sistema electrónico



DIMENSIONAMIENTO SERVOMOTORES

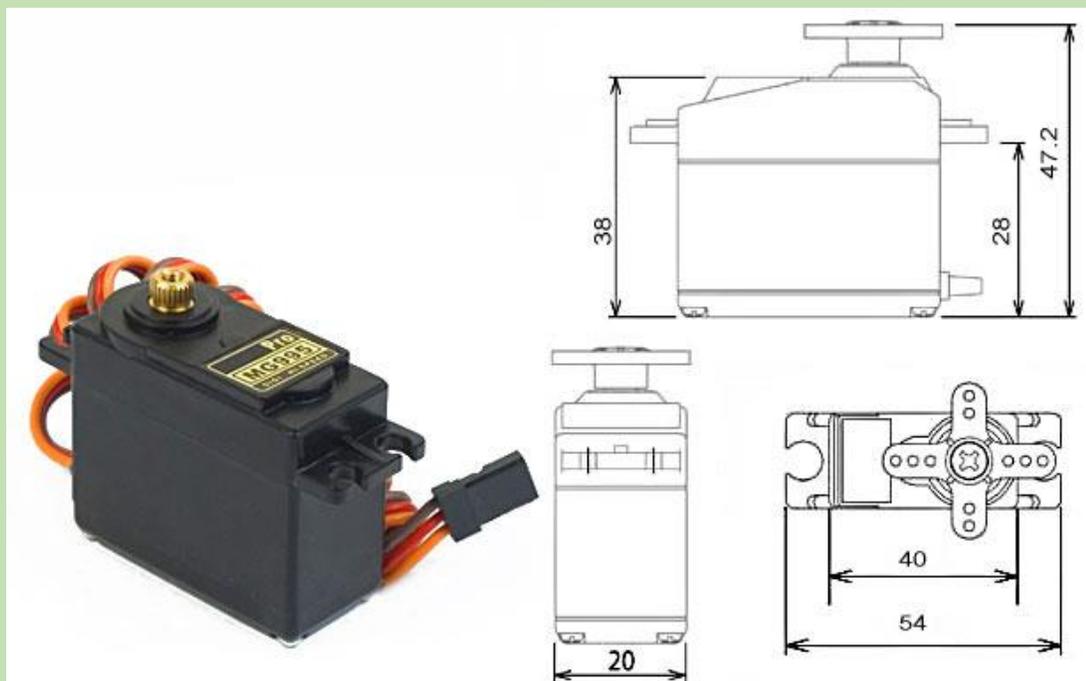
Grupo	Elemento	Torque [Kgf · cm]
A	1	0.54
	2	0.21
	3	0.27
	4	0.24
	5	0.19
	6	0.10
B	7	12.68
	8	0.9
	9	19.05
	10	16.81
	11	1.27
	12	4.22

Selección de servomotores



SERVOMOTORES Grupo A

Servomotor MG995



Datos técnicos servomotor MG995

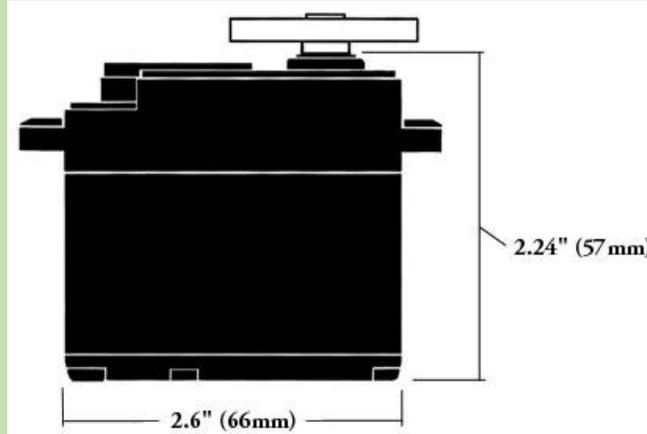
Peso	55 [gr]
Dimensiones	40.7x19.7x42.9 [mm]
Voltaje de operación	4.8 [V]
Torque	8.5 [Kgf·cm]
Velocidad de operación (4.8V sin carga)	0.2s/60°
Rango de temperatura	-20 [°C] a 60 [°C]
Corriente inactivo	8.8 [mA]
Corriente de trabajo	350 [mA]



SERVOMOTORES

Grupo B

Servomotor HS-805BB



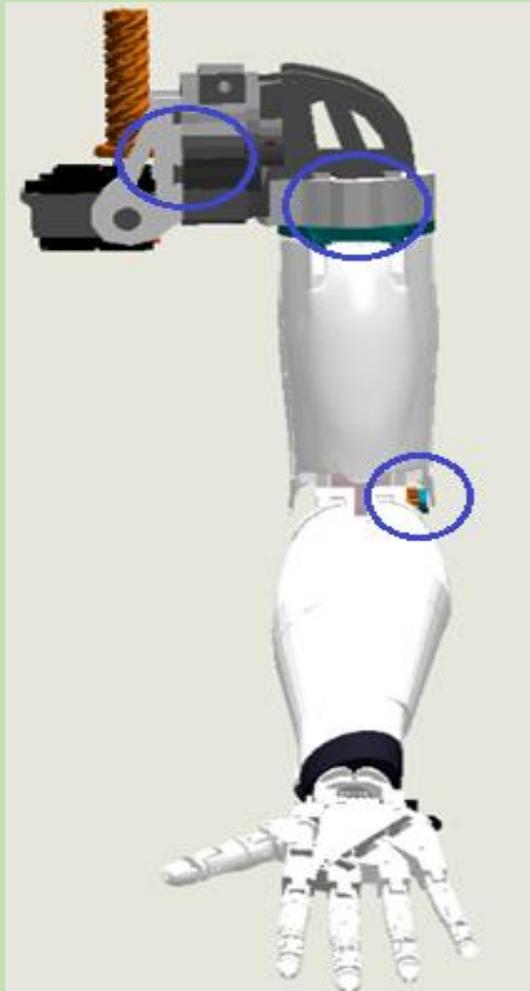
Datos técnicos servomotor HS-805BB

Peso	152 [gr]
Dimensiones	66.0x30.0x57.6 [mm]
Voltaje de operación	4.8 [V]
Torque	19.8 [Kg·cm]
Velocidad de operación (4.8V sin carga)	0.19 s/60°
Rango de temperatura	-20 [°C] a 60 [°C]
Corriente inactivo	8 [mA]
Corriente de trabajo	700 [mA]

Diseño del sistema electrónico



SERVOMOTORES



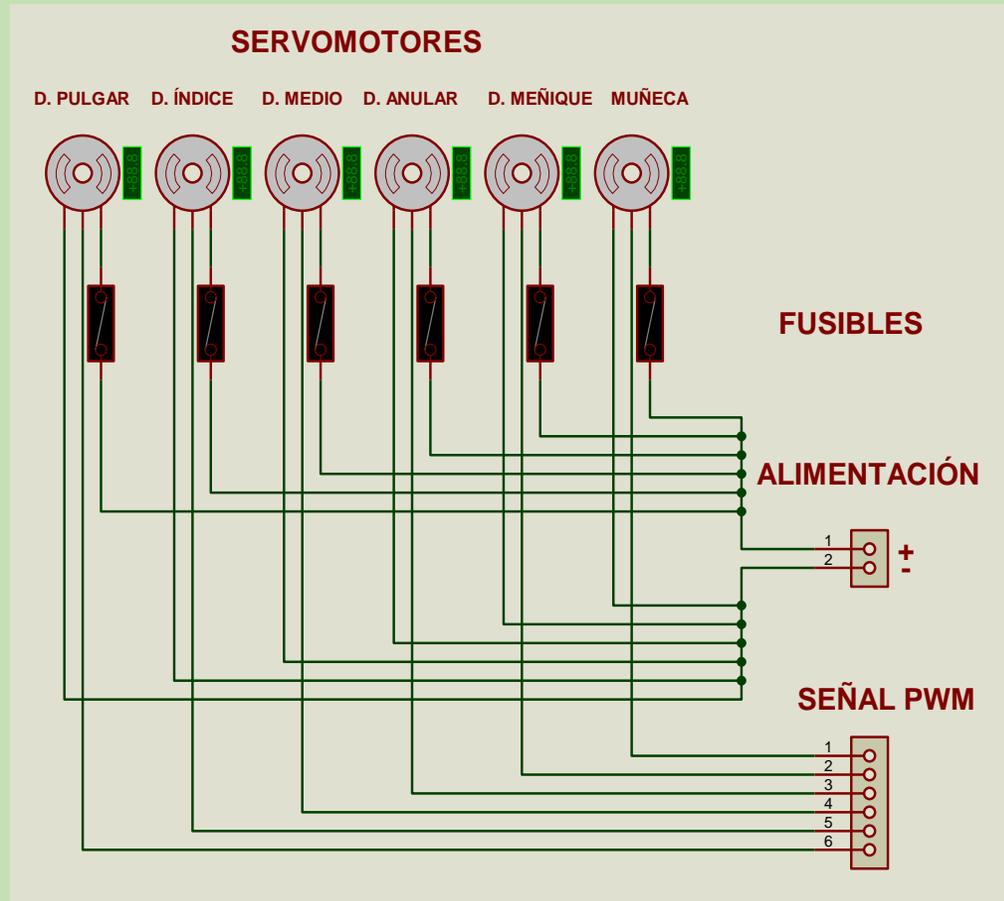
FUSIBLES

Nº	Movimiento/ Articulación	I. Trabajo [A]	I. Fusible [A]
1	D. Pulgar	0,35	0,50
2	D. índice	0,35	0,50
3	D. Medio	0,35	0,50
4	D. Anular	0,35	0,50
5	D. Meñique	0,35	0,50
6	Muñeca	0,35	0,50
7	Antebrazo	0,70	1,00
8	Hombro Rotación	0,70	1,00
9	Hombro Flexión	0,70	1,00
10	Hombro Abducción	0,70	1,00
11	Cuello Rotación	0,70	1,00
12	Cuello Extensión y Contracción	0,70	1,00

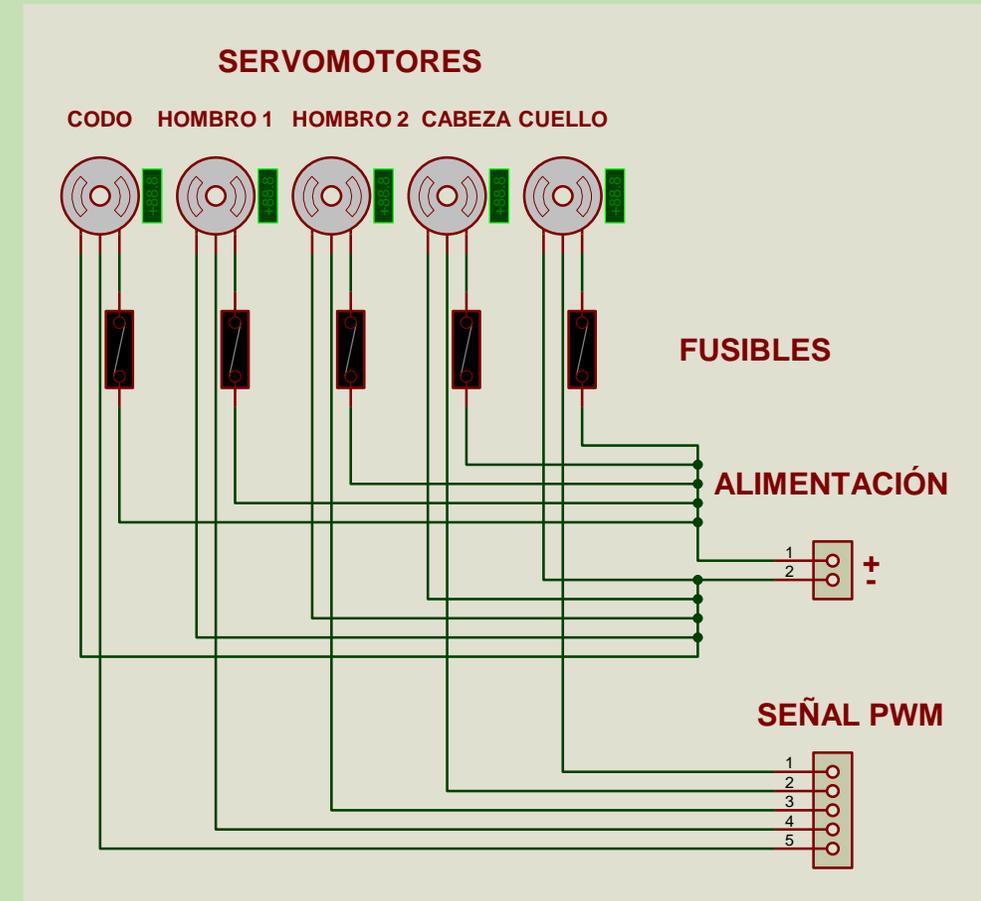
Diseño circuitos de alimentación



DEDOS



BRAZOS Y CUELLO



Dimensionamiento de la fuente de energía



Ángulos y tiempos de operación

Elemento	Rango [Grados]	Rango [rad]	Tiempo [s]
1	0°-85°	1.48	0.21
2	0°-90°	1.57	0.27
3	0°-90°	1.57	0.29
4	0°-90°	1.57	0.23
5	0°-90°	1.57	0.18
6	0°-45°	0.76	0.30
7	0°-145°	2.53	0.80
8	0°-180°	3.14	0.91
9	0°-135°	2.36	0.80
10	0°-90°	1.57	0.97
11	0°-110°	1.92	0.97
12	0°-90°	1.57	0.95

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$P = M \cdot \omega$$

$$I = \frac{P}{V}$$

Velocidad angular (ω)

Desplazamiento angular (θ)

Tiempo (t)

Potencia (P)

Momento de fuerza (M)

Corriente (I)

Potencia (P)

Tensión (V)



Especificaciones estáticas de servomotores

Elemento	Velocidad angular [rad/s]	Momento [N · m]	Potencia [W]	Corriente [A]
1	7.05	0.05	0.35	0.073
2	5.81	0.02	0.12	0.025
3	5.41	0.03	0.16	0.033
4	6.83	0.02	0.14	0.029
5	8.72	0.02	0.17	0.035
6	2.53	0.01	0.03	0.006
7	3.16	1.27	4.01	0.835
8	3.45	0.09	0.31	0.065
9	2.95	1.91	5.63	1.173
10	1.62	1.68	2.72	0.567
11	1.98	0.13	0.26	0.054
12	2.65	0.42	1.11	0.231

Corriente total de servomotores

Total	22	6.597
--------------	-----------	--------------

SELECCIÓN FUENTE DE ENERGÍA



Corriente nominal activa servomotores

Servomotores	Corriente nominal [mA]	Total corriente [A]
1-6	350	4.2
7-12	700	7.0
Total corriente nominal activa		11.2



Se ha considerado 6 veces la corriente nominal activa que da como resultado 67.20 [A]

Datos técnicos KKmoon

Peso	794 [gr]
Dimensiones	220x117x52[mm]
Voltaje de entrada	110-220 [V]
Voltaje de salida	5 [V]
Corriente	70 [A]
Frecuencia entrada	50-60 [Hz]
Temperatura de trabajo	-40 a 65 [°C]

SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

Arduino Mega 2560 R3



Datos técnicos Arduino Mega 2560 R3.

Peso	152 [gr]
Dimensiones	66.0x30.0x57.6 [mm]
Voltaje de operación	4.8 [V]
Torque	19.8 [Kgf·cm]
Velocidad de operación (4.8V sin carga)	0.19 s/60°
Rango de temperatura	-20 [°C] a 60 [°C]
Corriente inactivo	8 [mA]
Corriente de trabajo	700 [mA]

DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA



- Amigable e interactivo para el usuario.
- La interacción es un aspecto relevante en el diseño de la interfaz ya que es el medio por el cual se establecen los niveles de comunicación entre el computador (interfaz) y el usuario.
- Diseño de acuerdo a ciertos parámetros que se ha planteado para aplicaciones de software educativo, como lo son el ambiente, el diseño y presentación de menús, iconos o imágenes, selección de colores adecuados y fuentes.
- La selección de colores y fuentes se debe analizar profundamente ya que la cognición de los niños está estrechamente relacionada a lo que perciben sus sentidos.

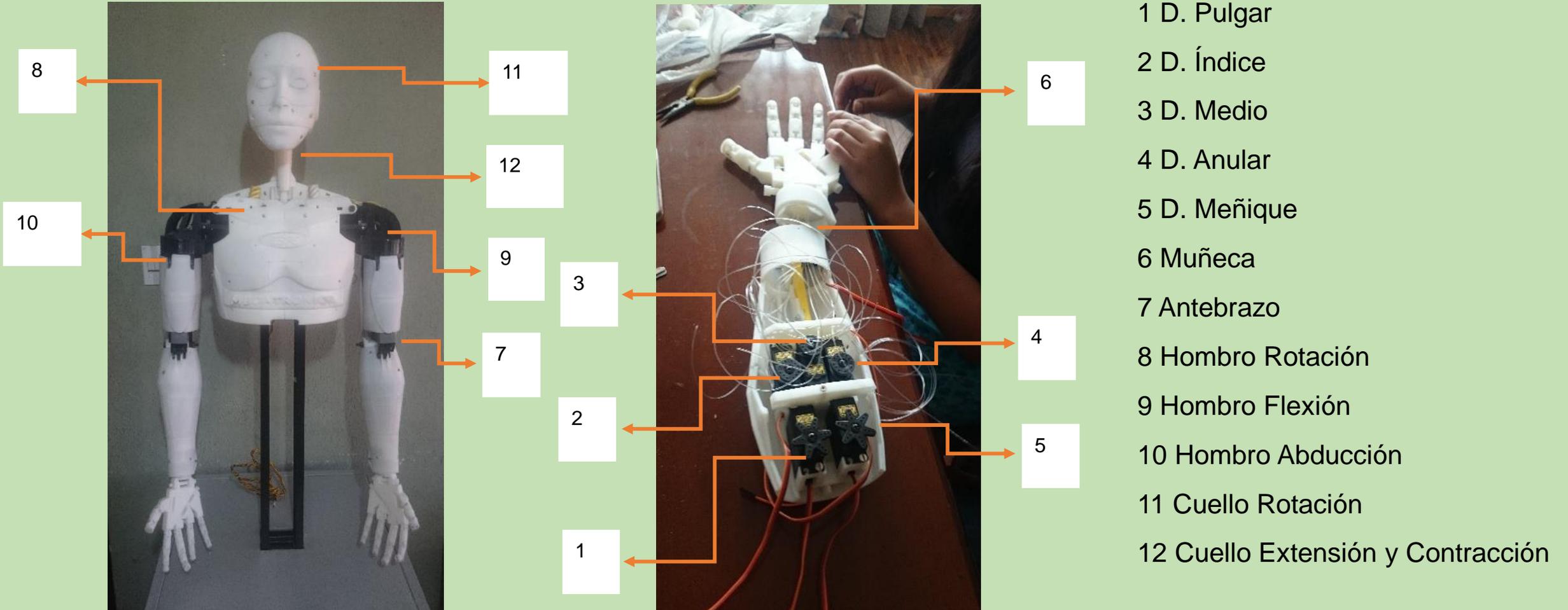
Capítulo III



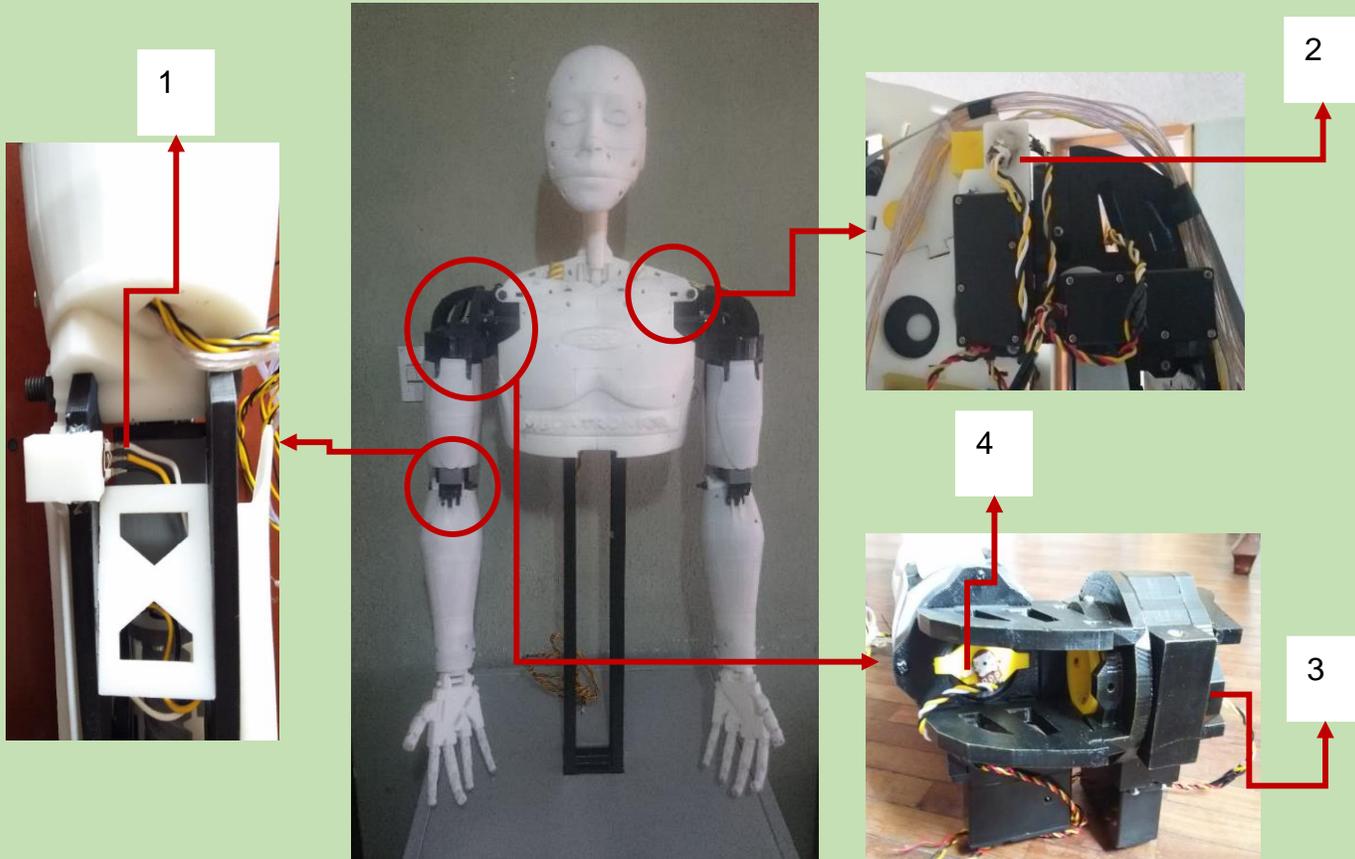
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación

MONTAJE DE SERVOMOTORES



MONTAJE DE SENSORES

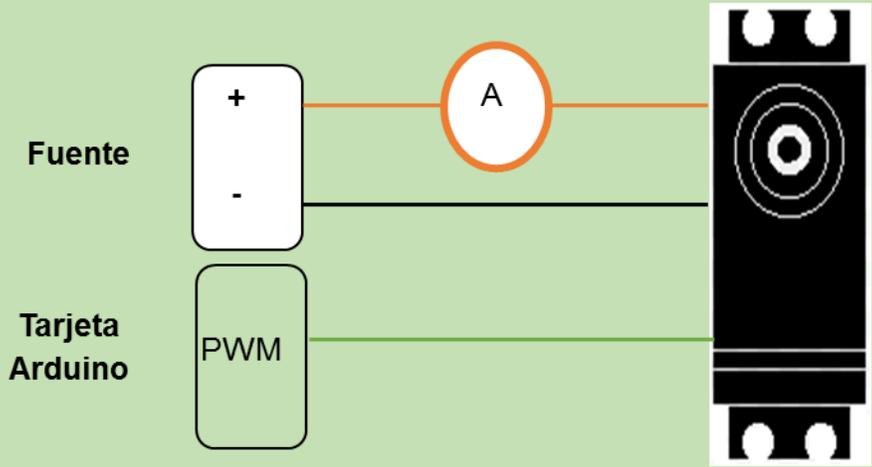


- 1 Articulación del antebrazo
- 2 Hombro abducción
- 3 Hombro flexión
- 4 Hombro rotación

Ciclo de trabajo del sensor



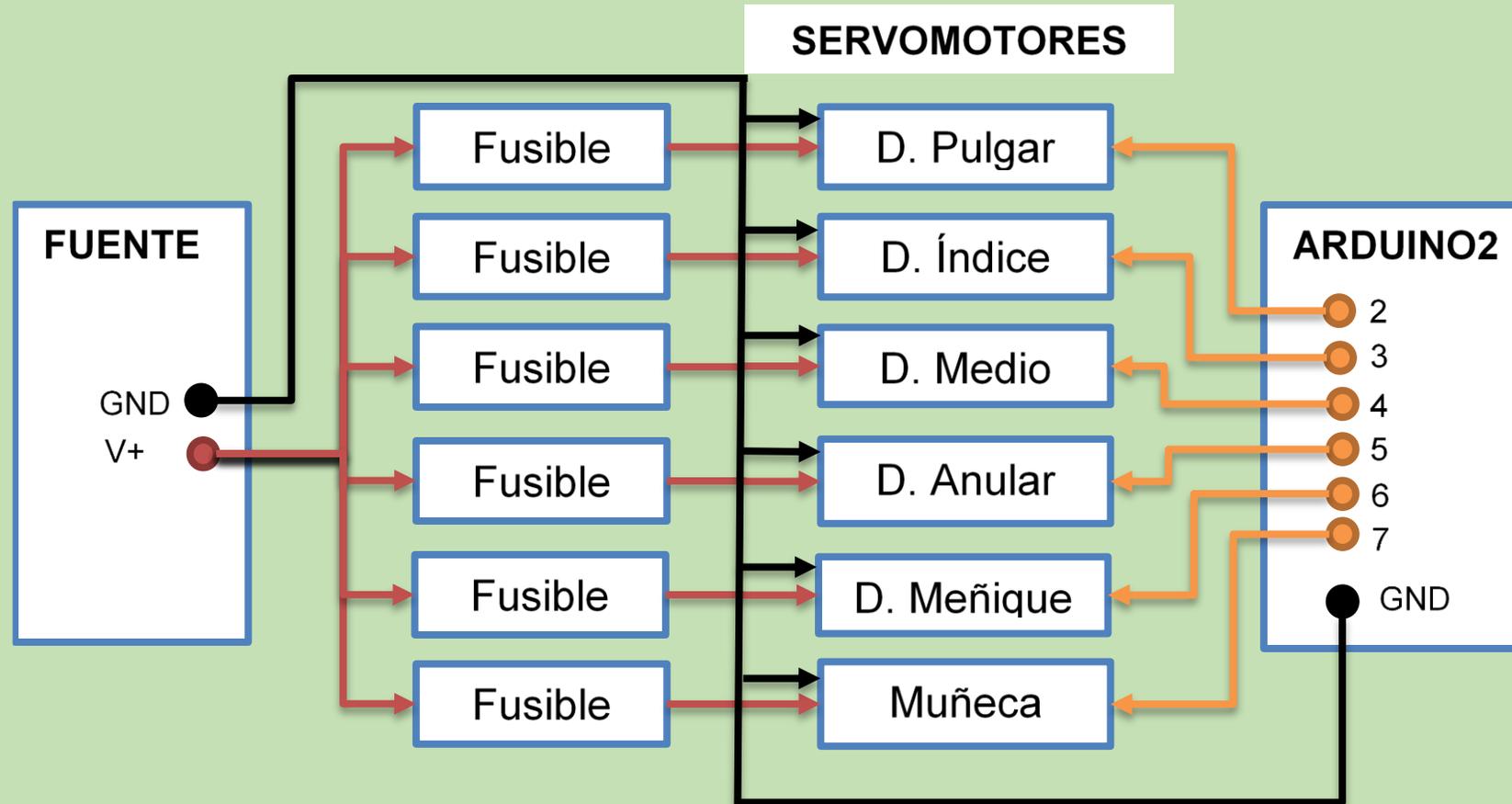
MONTAJE DE FUSIBLES



Medición de corriente máxima

Nº	Movimiento/ Articulación	I. Arranque [A]	I. Fusible [A]
1	D. Pulgar	0,35	0,50
2	D. índice	0,37	0,50
3	D. Medio	0,34	0,50
4	D. Anular	0,36	0,50
5	D. Meñique	0,38	0,50
6	Muñeca	0,36	0,50
7	Antebrazo	1,99	3,00
8	Hombro Rotación	0,90	2,00
9	Hombro Flexión	1,42	2,00
10	Hombro Abducción	1,75	2,00
11	Cuello Rotación	2,21	3,00
12	Cuello Extensión y Contracción	0,95	2,00

Acoplamiento de circuitos de alimentación



Circuito de la mano derecha

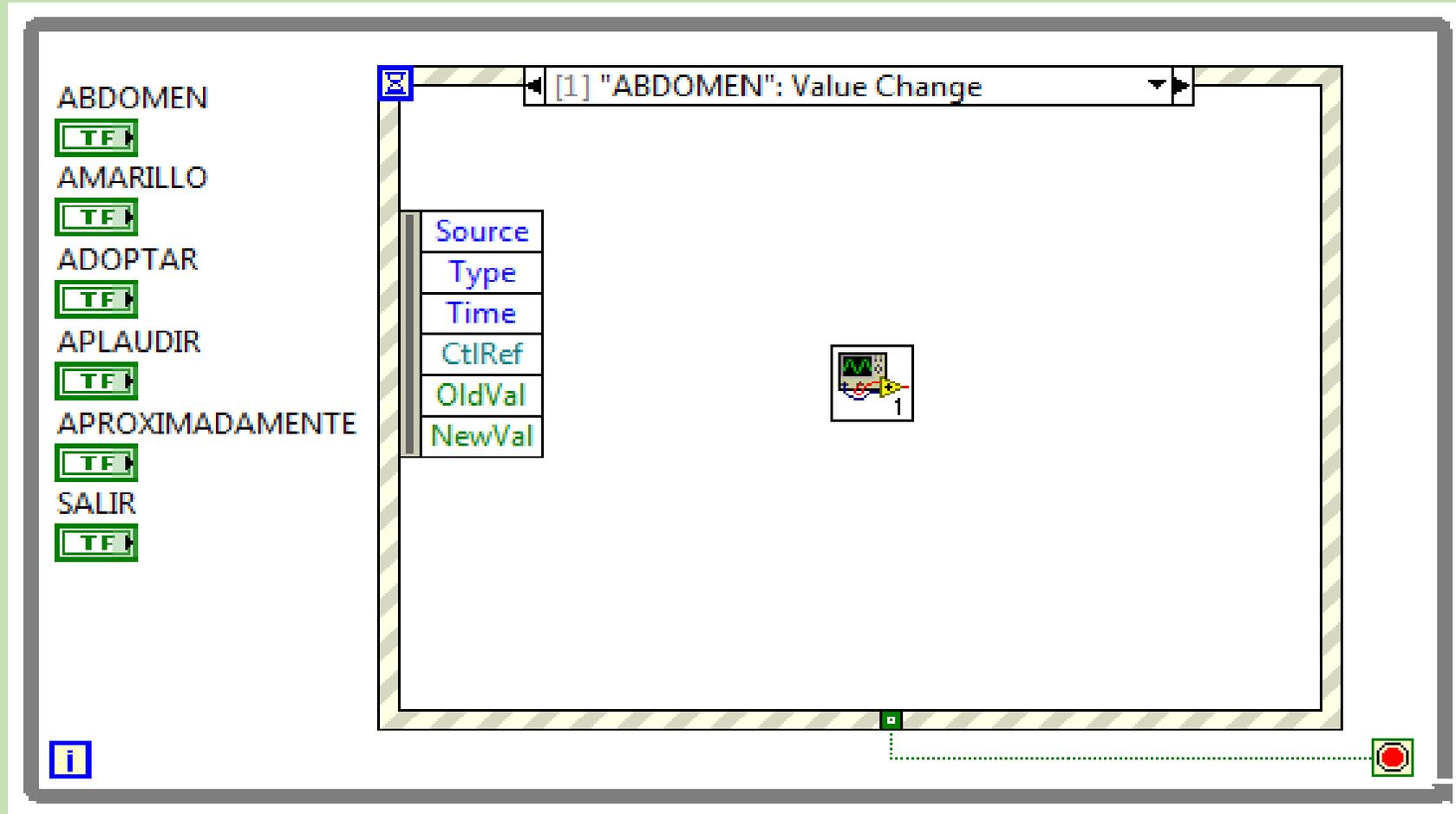
Secuencias de movimiento



Secuencia de ejecución señal APLAUDIR

Articulación	Secuencia de ejecución					
	Home	1	2	3	4	5
D. Pulgar	Der.	150°	-	-	-	-
	Izq.	150°	-	-	-	-
D. Índice	Der.	150°	-	-	-	-
	Izq.	150°	-	-	-	-
D. Medio	Der.	150°	-	-	-	-
	Izq.	150°	-	-	-	-
D. Anular	Der.	150°	-	-	-	-
	Izq.	150°	-	-	-	-
D. Meñique	Der.	150°	-	-	-	-
	Izq.	150°	-	-	-	-
Muñeca	Der.	10°	150°	10°	150°	10°
	Izq.	150°	10°	150°	10°	150°
Antebrazo	Der.	0°	65°	-	-	-
	Izq.	0°	65°	-	-	-
H. Rotación	Der.	70°	90°	-	-	-
	Izq.	70°	90°	-	-	-
H. Flexión	Der.	15°	85°	-	-	-
	Izq.	15°	100°	-	-	-
H. Abducción	Der.	0°	20°	-	-	-
	Izq.	8°	28°	-	-	-
Cuello Rotación	110°	-	-	-	-	
Cuello Flexión	90°	-	-	-	-	

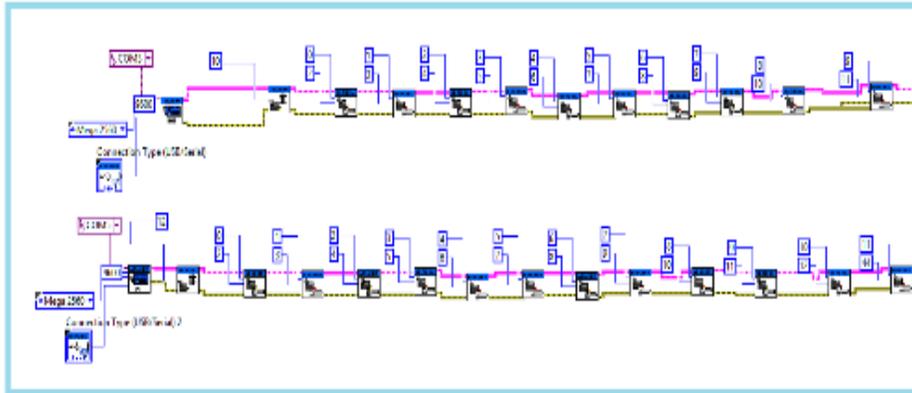
Ventanas múltiples



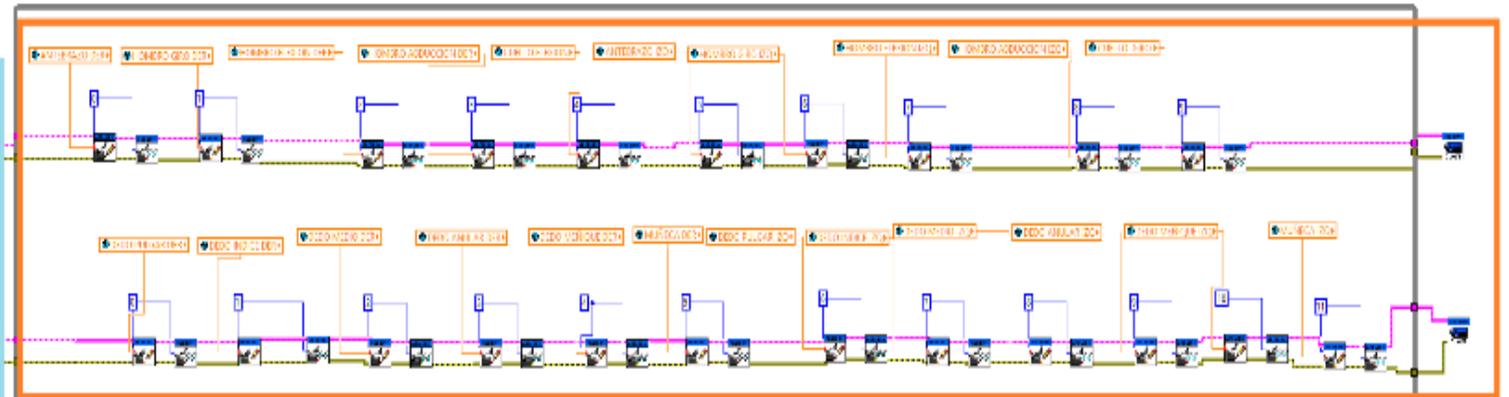


Implementación algoritmo de control

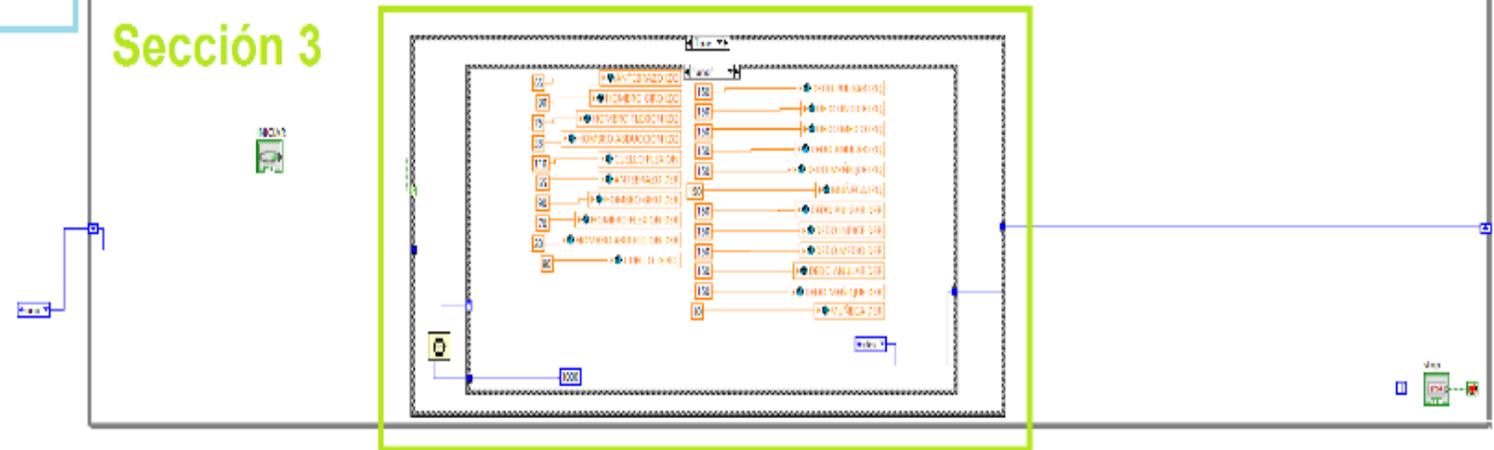
Sección 1



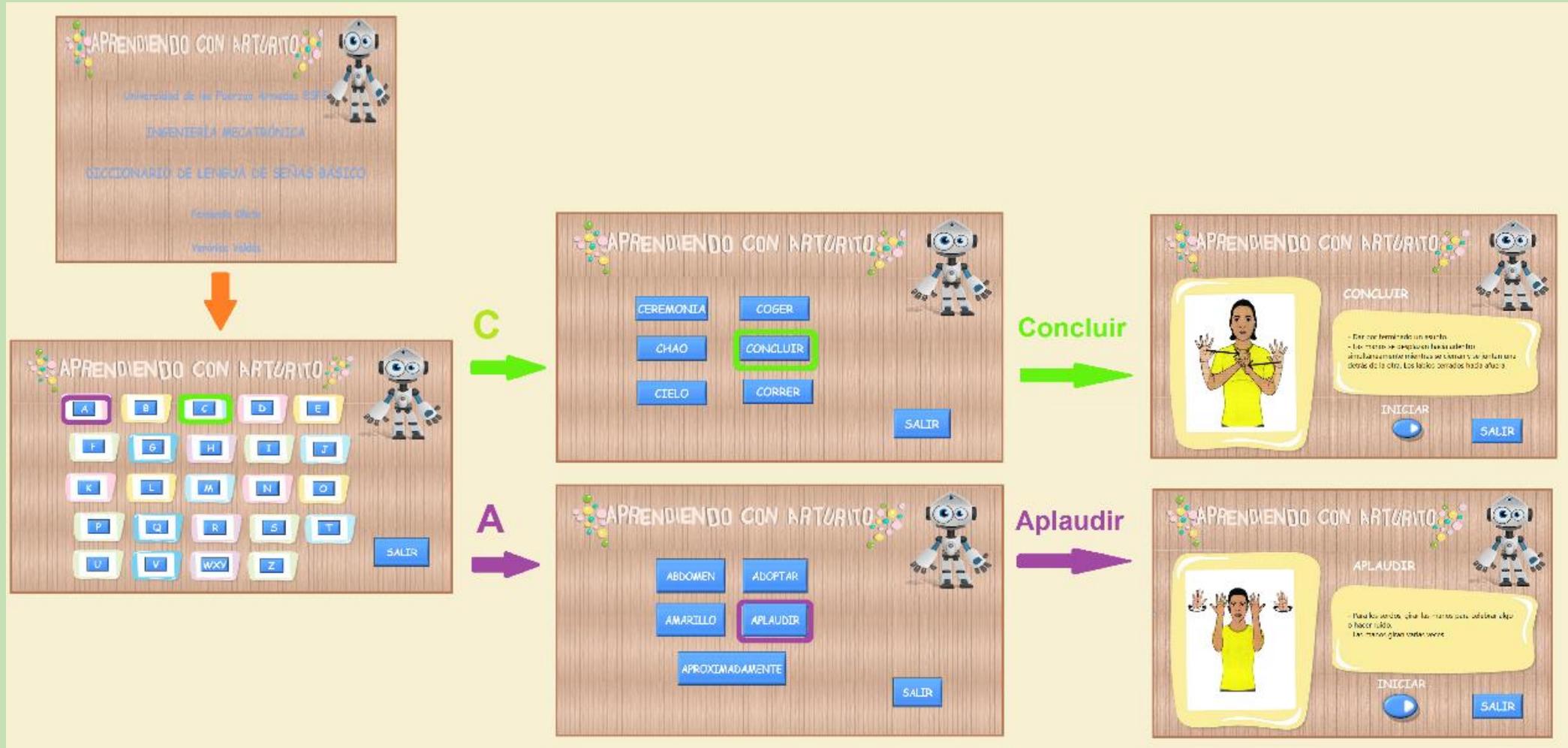
Sección 2



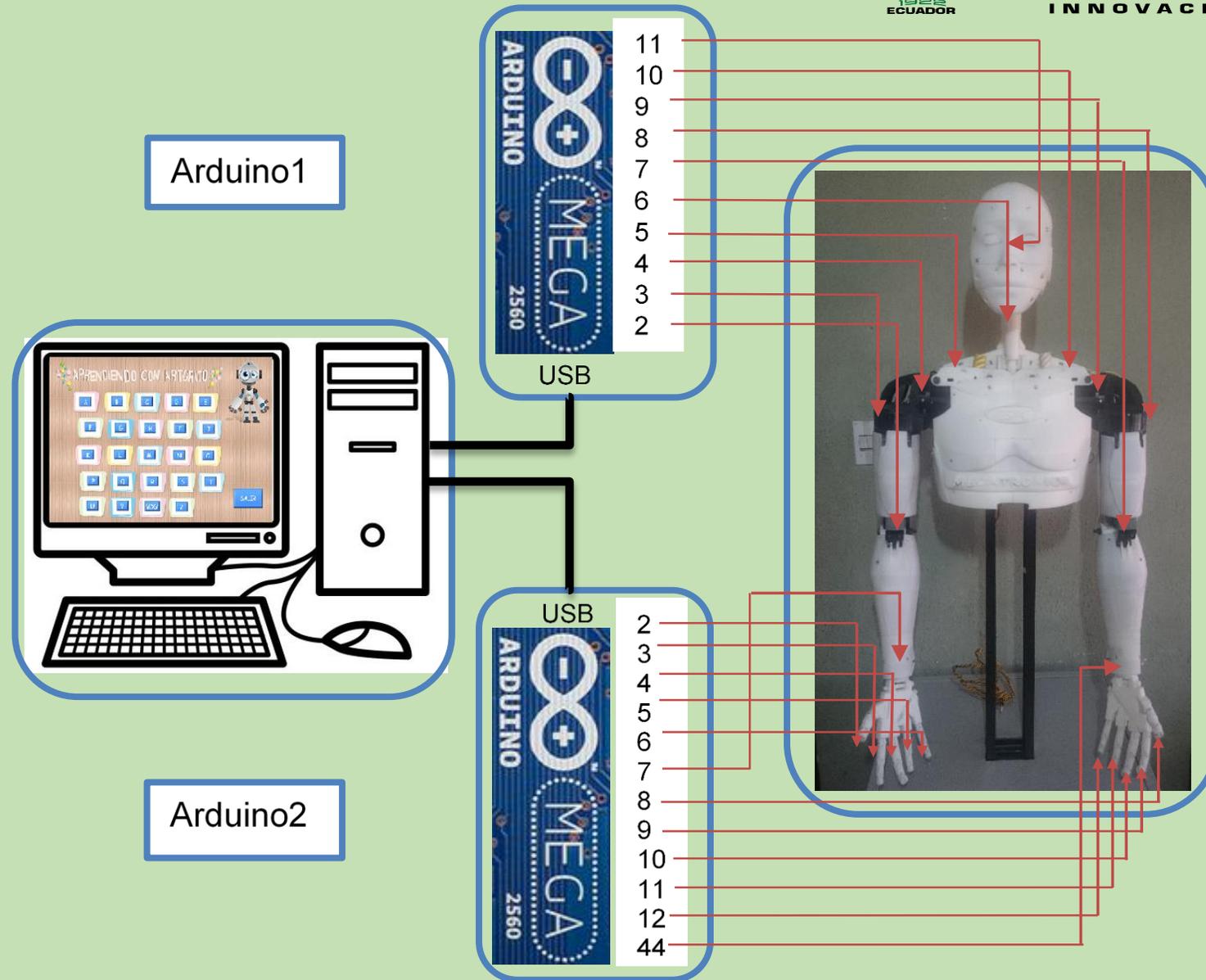
Sección 3



IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TOTAL



Capítulo IV



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas y Resultados

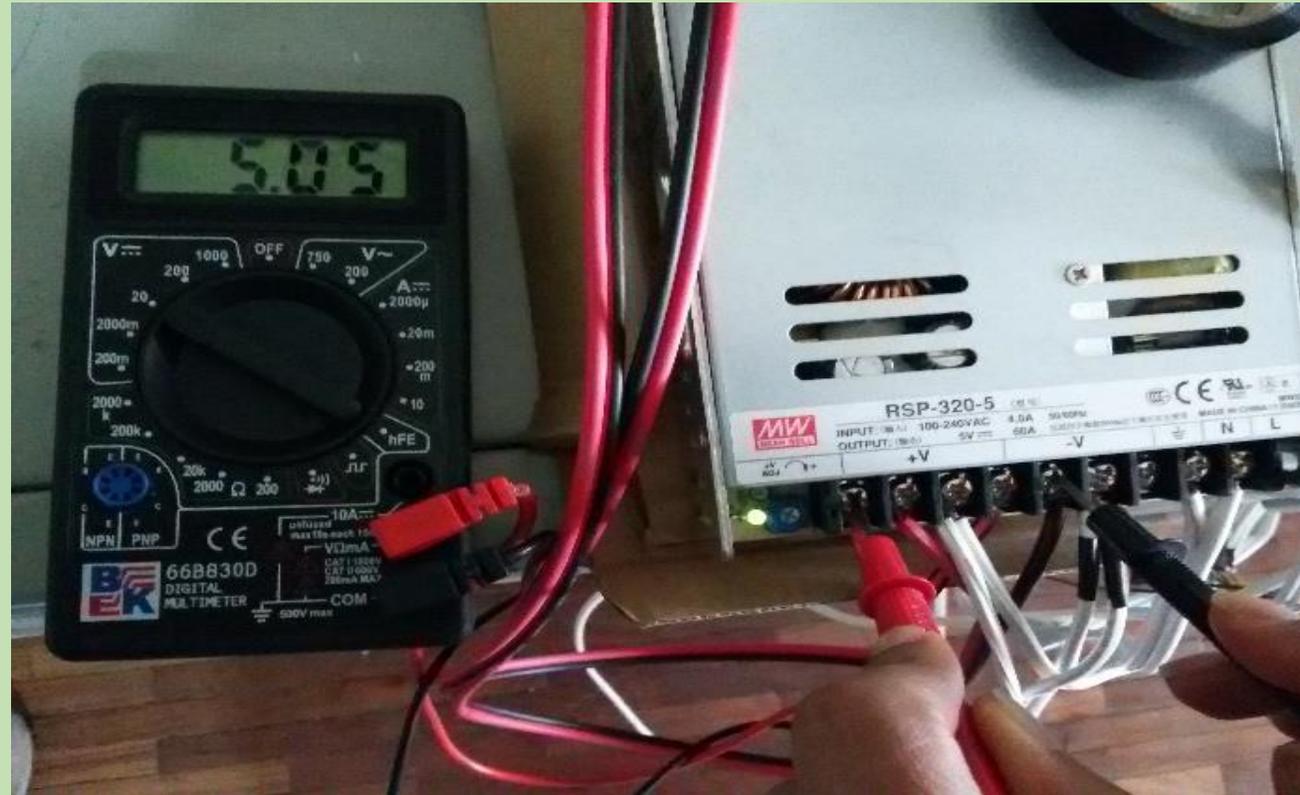
PRUEBAS DEL SISTEMA ELETRÓNICO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE

Prueba realizada con carga



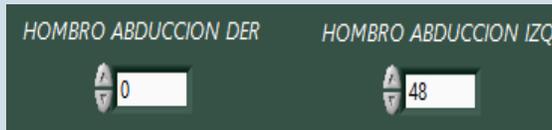
VERIFICACION DEL SISTEMA DE CONTROL EN ARTICULACIONES

OBJETIVOS

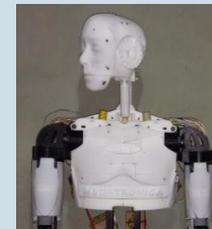
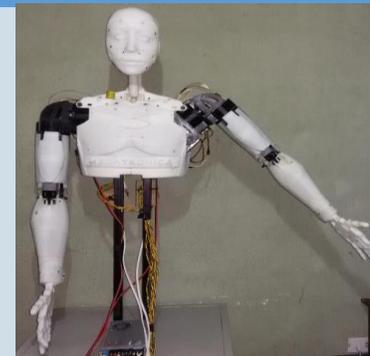
- Verificar que la señal PWM esta siendo enviada correctamente a las tarjetas de control.

PROCEDIMIENTO

- Se envían señales PWM desde LabVIEW para verificar el movimiento de la articulación.



RESULTADOS



CONCLUSION

- Como se observa en la figura, las señales PWM son recibidas por las tarjetas, las mismas que ejecutan el movimiento de los servomotores.

REPETIBILIDAD

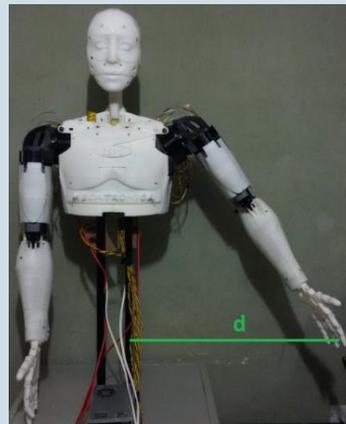
OBJETIVOS

- Se desea conocer cual es la repetibilidad del sistema.

PROCEDIMIENTO

- Ejecutar el movimiento de alguna articulación repetidas veces, hasta un punto determinado y tomar una distancia de referencia, y comparar la diferencia entre las diferentes iteraciones.

- **Abducción 40**



RESULTADOS

D esperada= 0,78 m

Iteraciones

d1= 0,79 m

d2= 0,82 m

d3= 0,77 m

d4= 0,75 m

CONCLUSION

- La distancia que se espera medir es de 0,78m, se han realizado 4 medidas en las diferentes iteraciones las mismas que dan un promedio de 0,76m, dando un error de 2,56% en la articulación de abducción.
- **NOTA:** todas las articulaciones han sido evaluadas de manera individual, dándonos un promedio de repetibilidad de 3,58%.

Muestras

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

$n =$ *Tamaño muestral*

$Z_{\alpha} =$ *Distribución de Gauss*

$N =$ *Población*

$p =$ *Prevalencia esperada del parametro a evaluar*

$q = 1 - p$

$i =$ *error que se prevé cometer*

Muestra de niños

$$n = \frac{(1,96)_{0,05}^2 * (22) * (0,7) * (0,3)}{(0,2)^2 * (22 - 1) + (1,96)_{0,05}^2 * (0,7) * (0,3)}$$

$n = 5,36$

Muestra de señas

$$n = \frac{(1,96)_{0,05}^2 * (80) * (0,7) * (0,3)}{(0,2)^2 * (80 - 1) + (1,96)_{0,05}^2 * (0,7) * (0,3)}$$

$n = 10,47$

PRUEBAS DE EJECUCIÓN DE LA SEÑAS

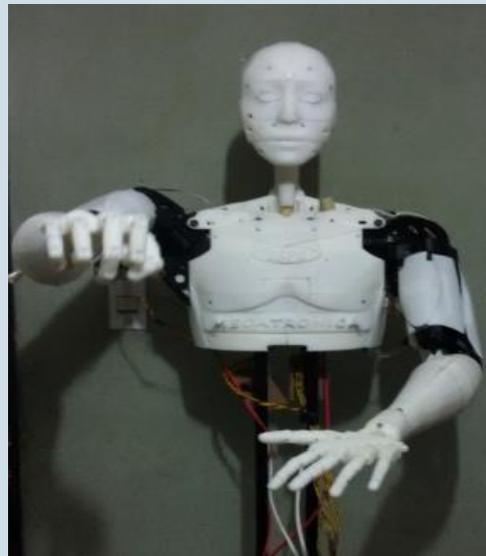


OBJETIVOS

- Se desea conocer cual es el error que posee el humanoide al ejecutar una seña

PROCEDIMIENTO

- Ejecutar el numero de señas obtenidas en la muestra, y calcular el error entre los ángulos enviados desde el computador con los ángulos que se mueve la estructura.



RESULTADOS

Enviados	Medidos
Antebrazo Der 30°	Antebrazo Der 28°
Muñeca Der. 90°	Muñeca Der. 94°
Error Absoluto	Error Relativo
2°	6,67%
4°	4,44%

CONCLUSIÓN

- Para esta seña se tiene un error en el antebrazo de 6,67% y en la muñeca de 4,44%.
- NOTA: todas las señas han sido evaluadas de manera individual, dándonos un error promedio de 4,32% el la ejecución de señas.

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS



¿La implementación de un intérprete humanoide en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi facilitará la enseñanza de la lengua en señas básica en los niños con discapacidad auditiva al iniciar su etapa escolar?

- **Variables Dependientes**

Facilitará la enseñanza de la Lengua de Señas

- **Variables Independientes**

Intérprete Humanoide

DISTRIBUCIÓN CHI-CUADRADO



El primer paso es establecer, la hipótesis nula y la hipótesis de trabajo:

Hipótesis Nula (H_0): El intérprete humanoide no facilitará la enseñanza de la lengua de señas de los niños con discapacidad auditiva.

Hipótesis de trabajo (H_1): El intérprete humanoide facilitará la enseñanza de la lengua de señas de los niños con discapacidad auditiva.

Frecuencia observada



Seña/ Ponderación	Alto	Medio	Bajo	Total
Aplaudir	5	0	0	5
Correr	3	0	2	5
Concluir	2	0	3	5
Jarra	2	3	0	5
Favor	3	1	1	5
Grado	3	0	2	5
Juicio	2	2	1	5
Medir	0	5	0	5
Paraguas	1	2	2	5
Sacar	3	0	2	5
Total	24	13	13	50

Se trabajó con 5 niños número que corresponde a la muestra calculada, los datos que se despliegan en la tabla.

Frecuencia Esperada



$$E_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O}$$

O_i : F. Observada
 E_{ij} : F. Esperada

Seña/ Ponderación	Alto	Medio	Bajo	Total
Aplaudir	2,4	1,3	1,3	3,7
Correr	2,4	1,3	1,3	3,7
Concluir	2,4	1,3	1,3	3,7
Jarra	2,4	1,3	1,3	3,7
Favor	2,4	1,3	1,3	3,7
Grado	2,4	1,3	1,3	3,7
Juicio	2,4	1,3	1,3	3,7
Medir	2,4	1,3	1,3	3,7
Paraguas	2,4	1,3	1,3	3,7
Sacar	2,4	1,3	1,3	3,7
Total	24	13	13	50

Valores calculados de Chi-Cuadrado



Señal/ Ponderación	Alto	Medio	Bajo
Aplaudir	2,817	1,300	1,300
Correr	0,150	1,300	0,377
Concluir	0,067	1,300	2,223
Jarra	0,067	2,223	1,300
Favor	0,150	0,069	0,069
Grado	0,150	1,300	0,377
Juicio	0,067	0,377	0,069
Medir	2,400	10,531	1,300
Paraguas	0,817	0,377	0,377
Sacar	0,150	1,300	0,377
Total	6,833	20,077	7,769
X2 Calculado			34,679

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

x_c^2 : Chi cuadrado calculado

I : Número de filas

J : Número de columnas

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

$$G_D = (I - 1) * (J - 1)$$

$$G_D = (10 - 1) * (3 - 1)$$

$$G_D = 18$$

El nivel de confianza que se ha estimado para el desarrollo del proyecto es 0,05

Si $x_c^2 > x_t^2$ se acepta la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula

$$**34,679 > 28,869**$$

Por lo tanto se verifica el cumplimiento de la hipótesis planteada ya que el intérprete humanoide si facilita la enseñanza de la lengua de señas de los niños con discapacidad auditiva.

ANÁLISIS DE COSTOS



Costo del proyecto

Descripción	Cantidad	Precio U.	Total
Servomotores MG995	12	21,5	258,00
Servomotores HS805BB	10	42,0	420,00
Arduino 2560R3	2	80,0	160,00
Fuente	1	80,0	80,00
Fusibles	22	0,1	2,20
Portafusibles	22	0,7	15,40
Cables	1	20,0	20,00
Material para placas electrónicas	1	20,0	20,00
TOTAL			975,60

Capítulo V



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones



- Se concluyó con éxito el diseño e implementación del sistema de control del torso de un intérprete humanoide de 22 grados de libertad para la enseñanza del lenguaje de señas básica para niños de discapacidad auditiva en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.
- Después de asistir al curso dictado por los docentes de la institución, Lic. Fabiola Cuzco y Lic. William Tasinchana, se logró familiarizar con la lengua de signos y así se pudo conocer las señas que se programaron.
- Se realizó la investigación de los principios de aprendizaje para niños con discapacidad auditiva, de esta manera se desarrolló la metodología de enseñanza del intérprete.
- Para generar los movimientos que requiere el desarrollo del lenguaje en señas se analizaron las señales enviadas y recibidas del humanoide, de esta forma se estableció que el número de salidas PWM deben ser 22.
- Se realizó un algoritmo de control capaz de enviar secuencias de movimiento al humanoide, a través de la tarjeta Arduino que se utilizó como interfaz de comunicación.
- El diseño de la interfaz gráfica se realizó considerando los parámetros de interfaces para niños, utilizando técnicas que permitan que la misma sea amigable y brinde una fácil interacción con el usuario.



- En base al estudio de la cinemática y de la dinámica, se obtuvieron los parámetros D-H, los cuales permiten determinar la posición y orientación del extremo final del robot.
- Mediante la utilización del software Matlab y la herramienta Simmechanics, se verifico el funcionamiento correcto del mecanismo con los parámetros de torque, masa y dimensionamiento adecuados.
- El desarrollo del interprete humanoide, como tecnología de aprendizaje de lengua de señas para personas discapacitadas, brinda un realce a las nuevas metodologías frente a las convencionales.
- La tarjeta de comunicación utilizada brinda las prestaciones requeridas en lo concerniente a la velocidad de transmisión, y también proporciona los valores adecuados en el control de las 22 salidas PWM utilizadas.
- La correcta utilización del software LabVIEW permite la realización de una interfaz gráfica con ventanas desplegadas, esto se logró mediante la utilización de la estructura de eventos y también un registro de movimiento que permite controlar la secuencia de los mismos.
- El dimensionamiento de la fuente de energía fue el correcto, ya que en el momento del arranque no existe ningún faltante de corriente, y tampoco se presenta perdida de voltaje a plena carga.
- La selección de los servomotores fue la adecuada, puesto que se pueden ejecutar los movimientos requeridos para cada articulación verificando de esta manera el valor de torques.
- Una vez realizado el análisis de los campos de operación del robot humanoide, se determinan valores adecuados para el trabajo considerando que estos valores son los óptimos para que los servomotores no se sobrecarguen.

Recomendaciones



- Después de haber obtenido un resultado exitoso, para continuar con este proyecto se recomienda la implementación de gestos articulados del rostro del interprete, para tener una mejor ejecución de la lengua de señas.
- Es necesario un acercamiento, para poder analizar de la manera más adecuada el problema, ya que en este proyecto existió esta familiarización con el problema se pudo realizar el mismo con más facilidad y se obtuvieron excelentes resultados.
- Es importante verificar todas las conexiones realizadas, debido a que los elementos están en constante movimiento y se podrían producir cortocircuitos o daño en los cables y conexiones.
- Para una correcta utilización de la tarjeta Arduino Mega 2560R3, se debe verificar las especificaciones técnicas de la misma ya que los algunos de los pines de salida PWM poseen funciones compartidas.



- Para facilitar la utilización de la aplicación se debe generar un archivo .EXE, puesto que de esta manera no se necesita tener instalado el software.
- Es importante aclarar que para poder utilizar la tarjeta Arduino Mega 2560R3, y que la misma funcione como interfaz de comunicación se debe cargar el código que se generara en la instalación de la misma en LabVIEW.
- Para mejorar este proyecto se recomienda verificar las técnicas de barrido de los puertos al utilizar Arduino con el software LabVIEW.
- Los resultados obtenidos del presente proyecto han sido satisfactorios, por lo que se recomienda continuar con la investigación para poder mejorar la técnica de enseñanza de la lengua de señas.
- El desarrollo del proyecto puede tener un enfoque diferente, y podría ser utilizado para diferentes aplicaciones como por ejemplo en el campo de la educación terapias de atención a niños con síndrome de atención dispersa y también en la industria para la manipulación de objetos y publicidad.