

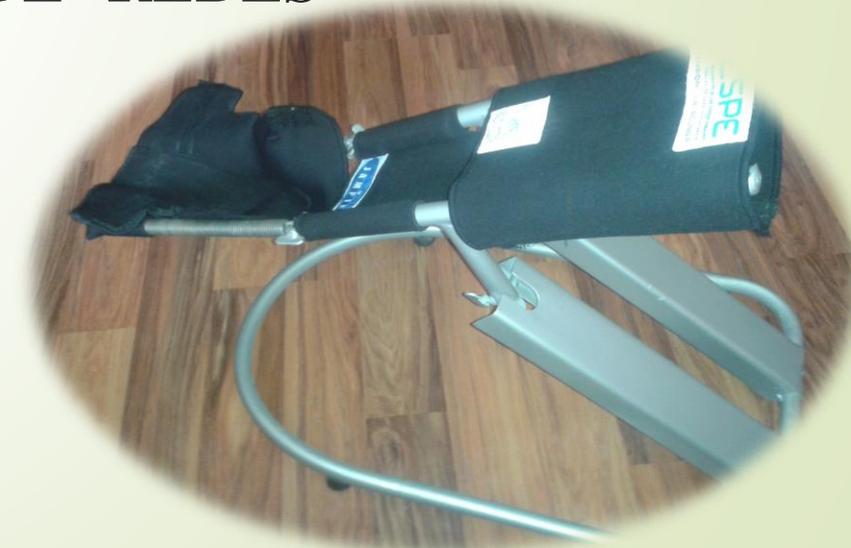


**“ANÁLISIS DE LAS SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS PARA IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO DE REHABILITACIÓN DE LA ARTICULACIÓN TIBIOPERONEOASTRAGALINA A TRAVÉS DE UN CLASIFICADOR DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES”**

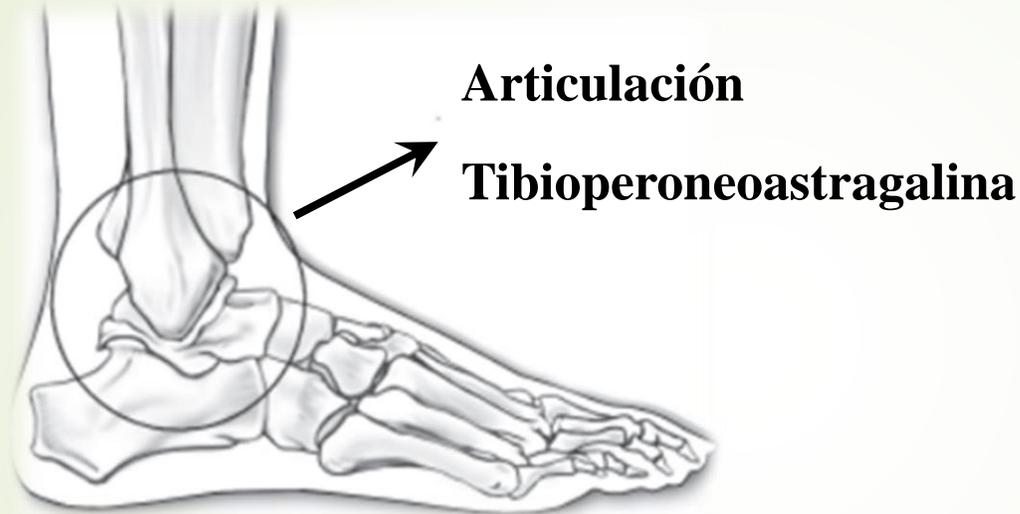
**AUTOR:** Luis Fernando Marín Quevedo

Elías Iván Vera Narváez

**DIRECTOR:** Ing. Patricia Constante M, Sc



## Antecedentes



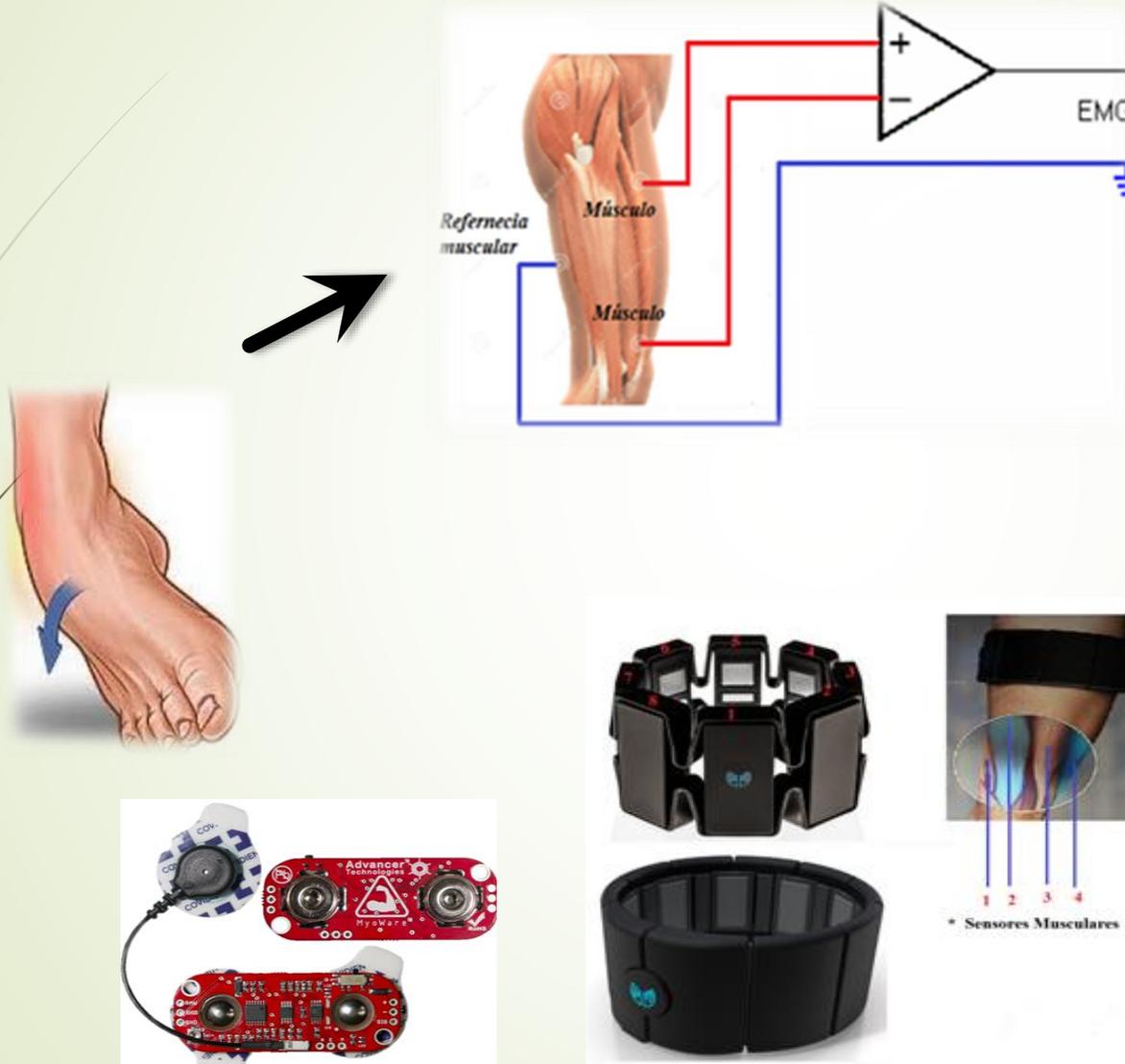
**Esguince:** Desviación, sobre esfuerzo en los ligamentos ocasionando inflamación sobre los ligamentos superiores

**Tibia:** hueso largo situado en la región medial de la pierna en el que se pueden diferenciar 3 caras y 3 bordes

**Astrágalo o talo:** hueso corto y denso, irregularmente cuboideo, no tiene inserción muscular y por ello recibe escasa o insuficiente vascularización.

**Peroné:** hueso más pequeño que la tibia que se localiza en la región lateral de la pierna, paralelo a la tibia, en el que se pueden diferenciar 3 caras y 3 bordes

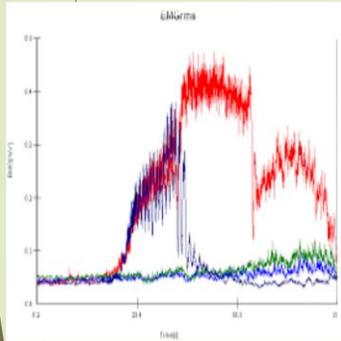
# ANTECEDENTES



*Señales electromiográficas: son impulsos eléctricos impulsados por una red de estímulos eléctricos del sistema nervios central hacia los músculos para ejercer una actividad, tomadas de ahí para ser transformadas en señales eléctricas.*

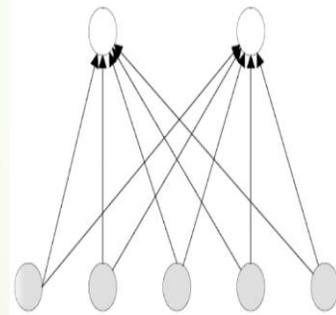
*Sensor electromiográfico: recibe los estímulos a través de electrodos para convertirlos en pulsos eléctricos útiles para reconocer el esfuerzo aplicado por el músculo*

# SOLUCIÓN

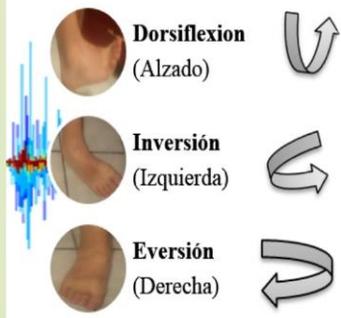


EMG

Redes  
Neuronales  
artificiales



Identificar  
movimientos



USANDO REDES  
NEURONALES  
IDENTIFICAMOS  
LOS MOVIMIENTOS

POR SESIÓN

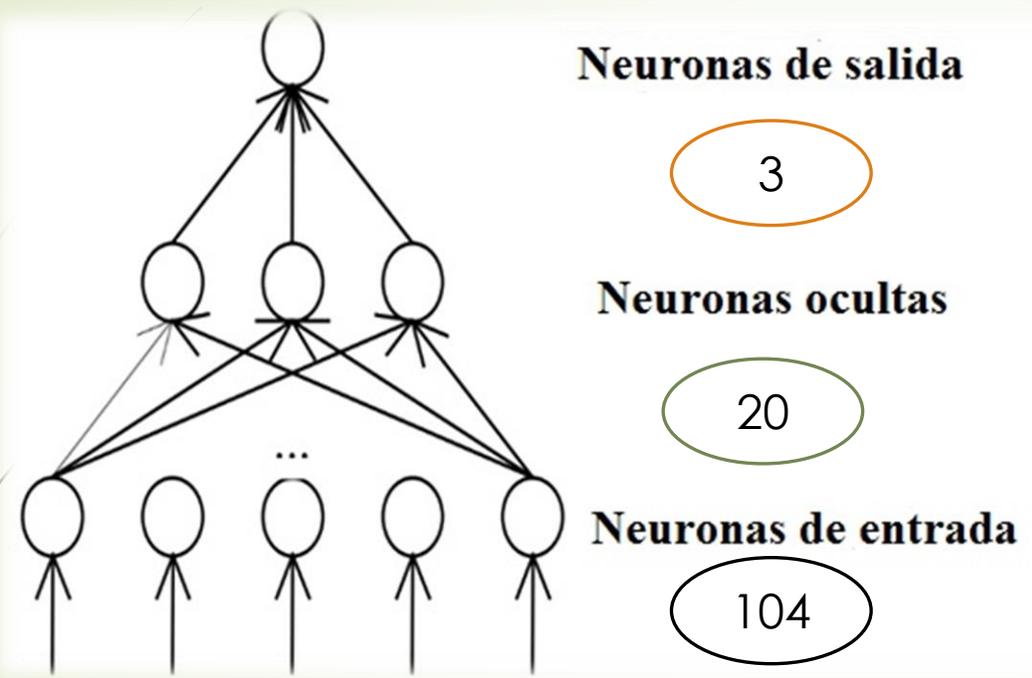




## OBJETIVOS

- Analizar los sensores para recibir señales electromiográficas (EMG) y ayuden a diseñar un prototipo para rehabilitación
- Investigar las señales electromiográficas de la articulación tibioperoneo-astragalina.
- Caracterizar las señales EMG obtenidas.
- Diseñar un prototipo estructural.
- Diseñar una RED NEURONAL ARTIFICIAL (RNA).

# Redes neuronales artificiales (RNA)

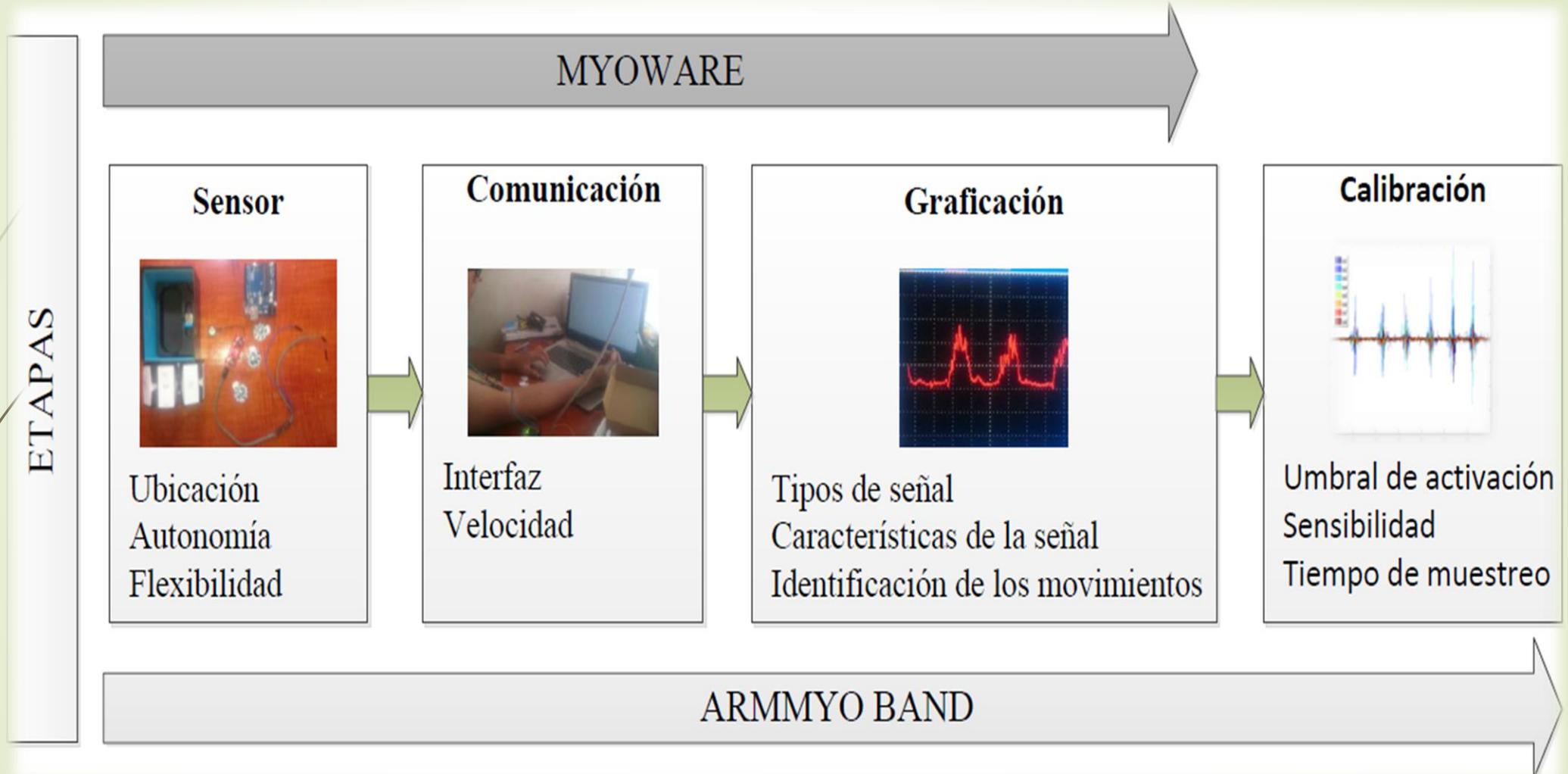


Es un método computacional basado en el aprendizaje por características y la forma estructural de la red neuronal biológica que puede asegurar altas tasas de reconocimiento para la generalización y la capacidad de aprender de la experiencia

<b>Sigmoidea</b>	$y = \begin{cases} -1, & \text{si } x < -l \\ x, & \text{si } +l \leq x \leq -l \\ +1, & \text{si } x > +l \end{cases}$	[0, +1] [-1, +1]	
------------------	---	---------------------	--

Sin capa oculta	Hiperplano (dos regiones)			
Arquitectura	Regiones Polinomiales convexas			
Arquitectura	Regiones arbitrarias			

# Procesamiento de señales electromiográficas



# UBICACIÓN DE LOS SENSORES ELECTROMIOGRÁFICOS

## VENTAJAS POR UBICACIÓN

### Sensor ARMMYO



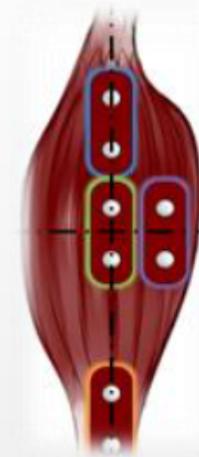
- Con 8 sensores distribuidos
- Flexibilidad en la colocación
- Fácil detección de los puntos de interés

Sensores

Movimientos

Flexibilidad

### Sensor MYOWARE



- Solo tiene un par de electrodos
- Electrodo adhesivos
- Puntos de interés diferentes para cada movimiento

## COMPATIBILIDAD DE SENSORES EMG

Sensor	Tipo de comunicación	Velocidad de comunicación	Compatibilidad	
			Software	Hardware
<b>Myoware</b>	RS-232	9600 baudios	Arduino	Tarjetas desarrolladoras que soportan C++
<b>ArmMYO</b>	Bluetooth	32 Megabaudios	IOS MAC WINDOWS	Tarjetas desarrolladoras con procesador de 2.4 GHZ dual core

# Pseudocódigo de adquisición de señales miográficas

## Adquisición de señales Arduino

Habilitar la entrada analógica

Asignar la librería

Inicio del bucle

Habilitar pin de comunicación serial

Asignar a una variable el valor recibido

Fin del ciclo

Presentar el valor

Fin

## Adquisición de señales con Matlab

Se declara las librerías:  
De adquisición del sistema de Windows  
reconocimiento del sensor ARMMYO

Inicio del bucle de graficación

Inicio del bucle de lectura de las señales

Lectura del vector de señales adquiridas  
Asignar el valor adquirido a un vector  
Asignar la escala y el tiempo de muestreo

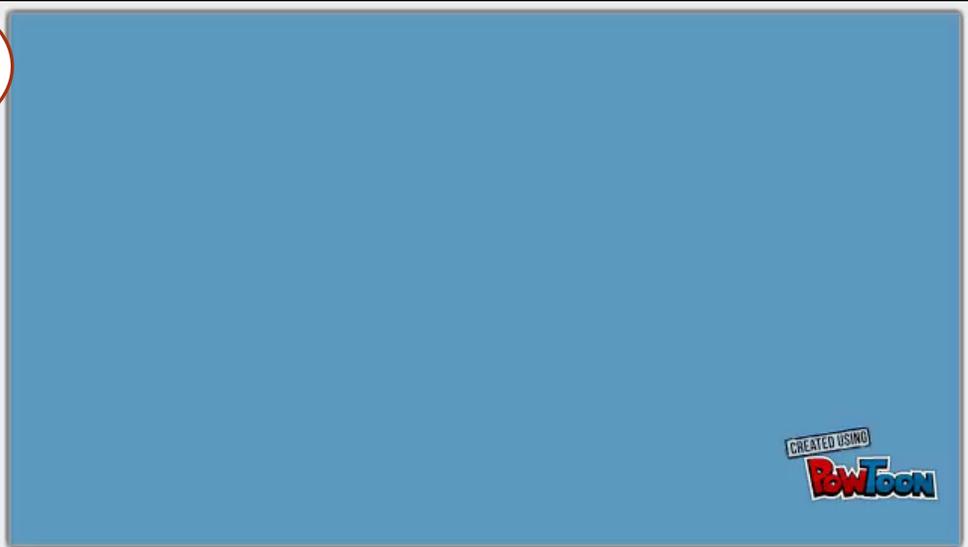
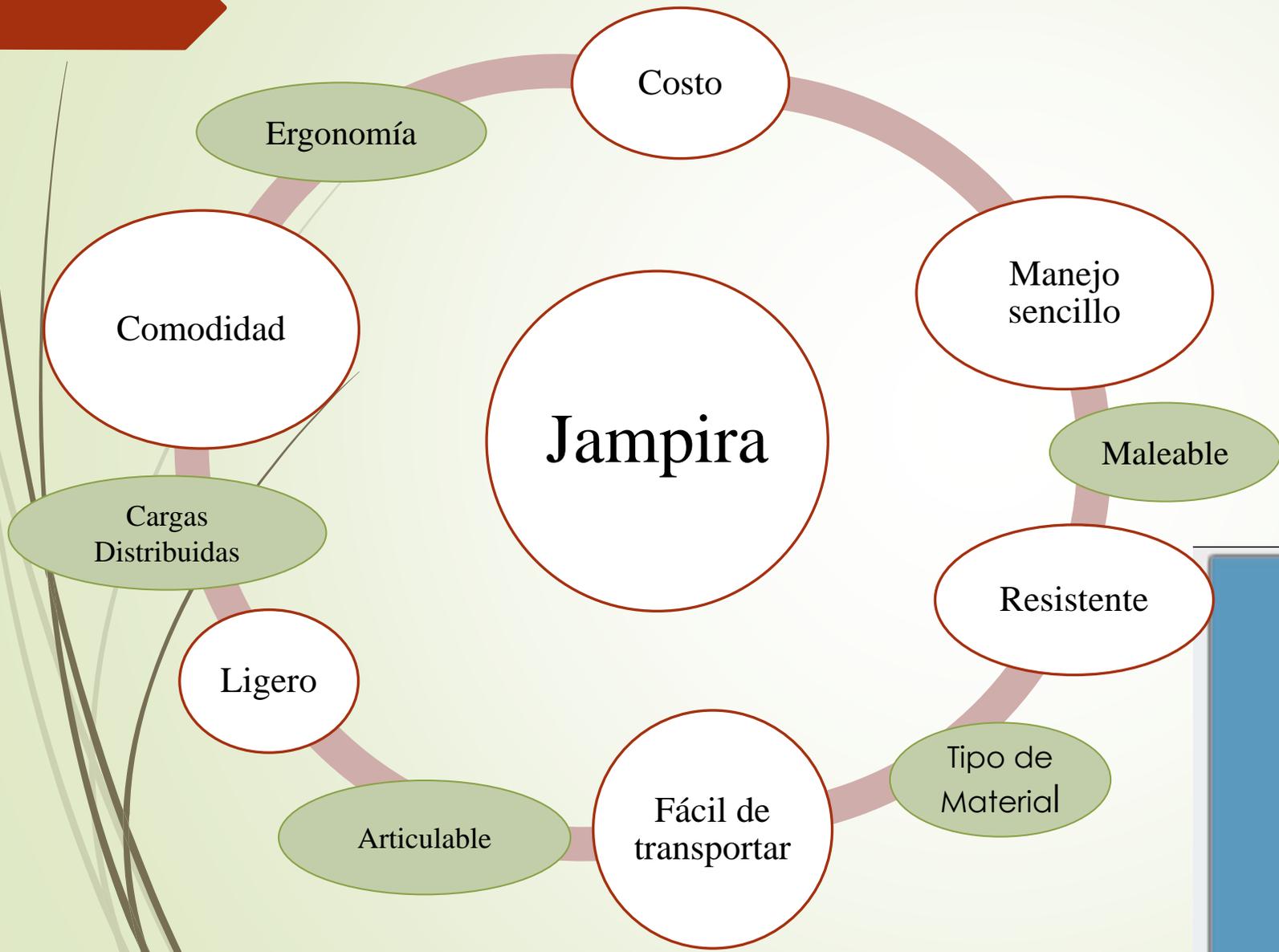
Graficar el vector

Cierre del bucle de lectura de señales

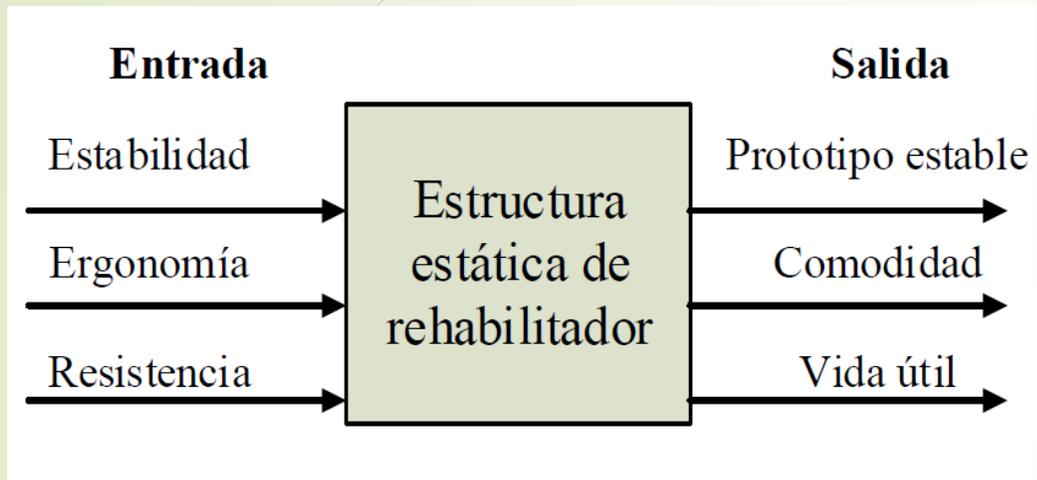
Cierre del bucle de Graficación

FIN

# CASA DE LA CALIDAD



# MEJOR OPCIÓN



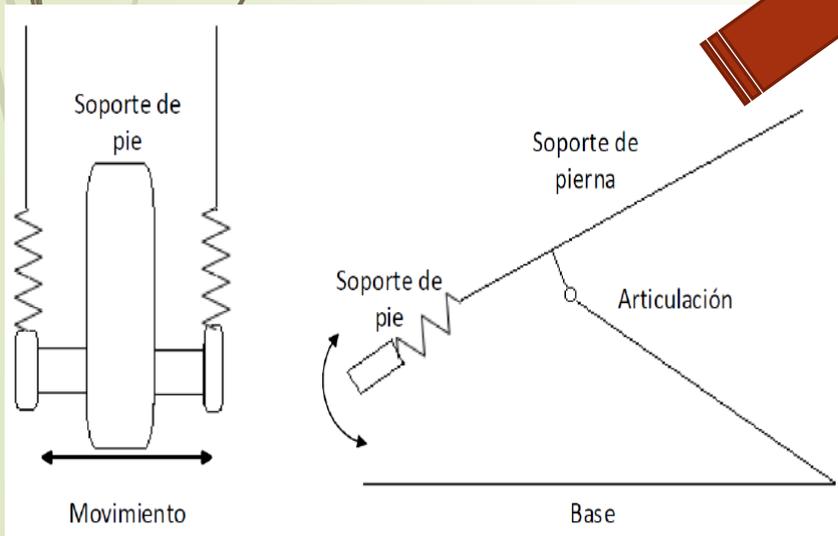
Soporte el peso de la extremidad inferior	Evitar movimiento innecesarios	Permite movimiento de dorsiflexión
Estructura fijación columna	Unión por soldadura	Por bandas
Estructura fijación al piso	Unión por tornillos	Por resorte
Estructura móvil		Por mecanismo

- **Rehabilitación Activa**
- **IMC máximo 26  $\approx$  826 N**
- **Norma DIN 33402**

# MEJOR OPCIÓN

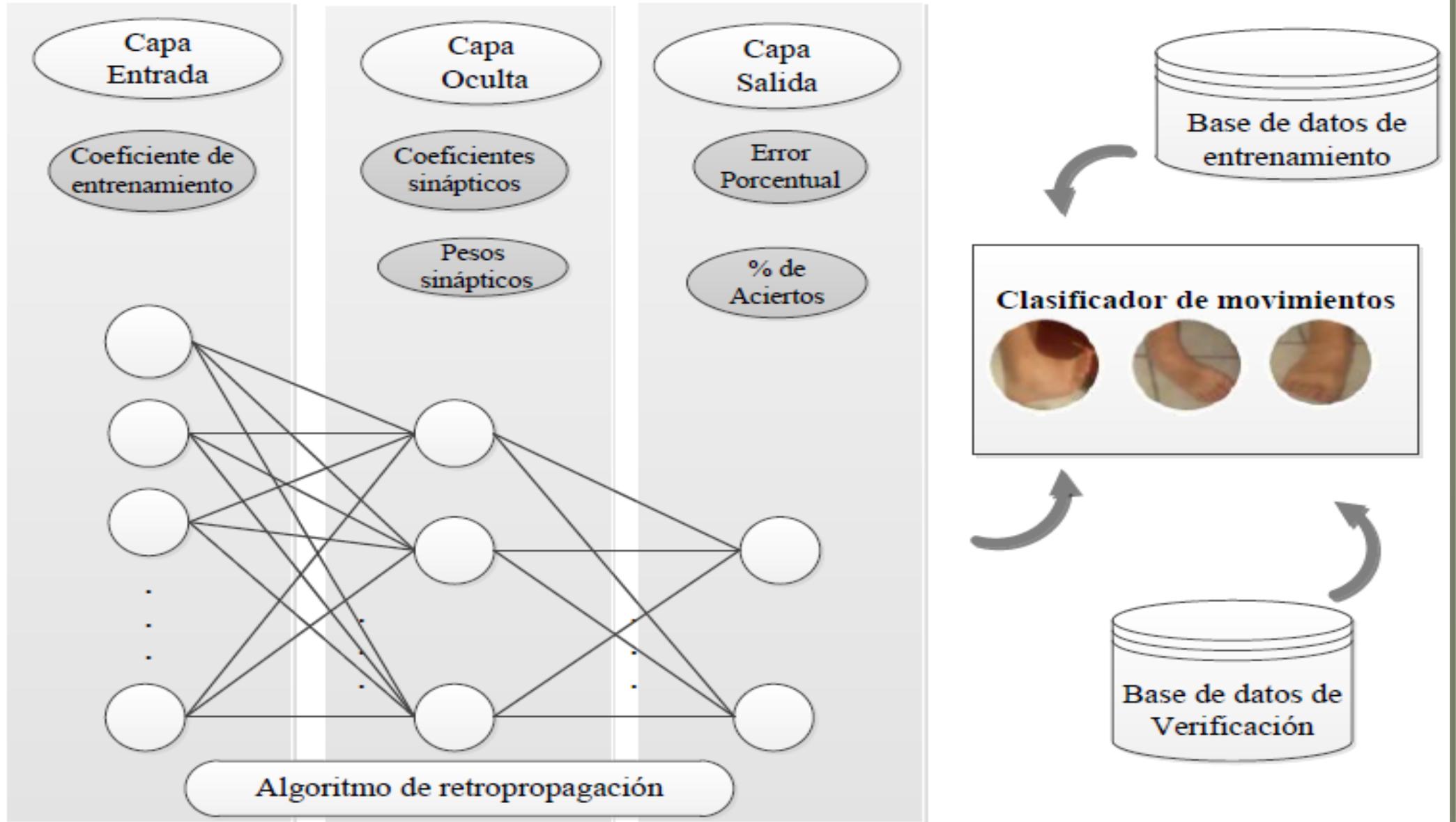
## Materiales:

- ASTM A36
- Neopreno

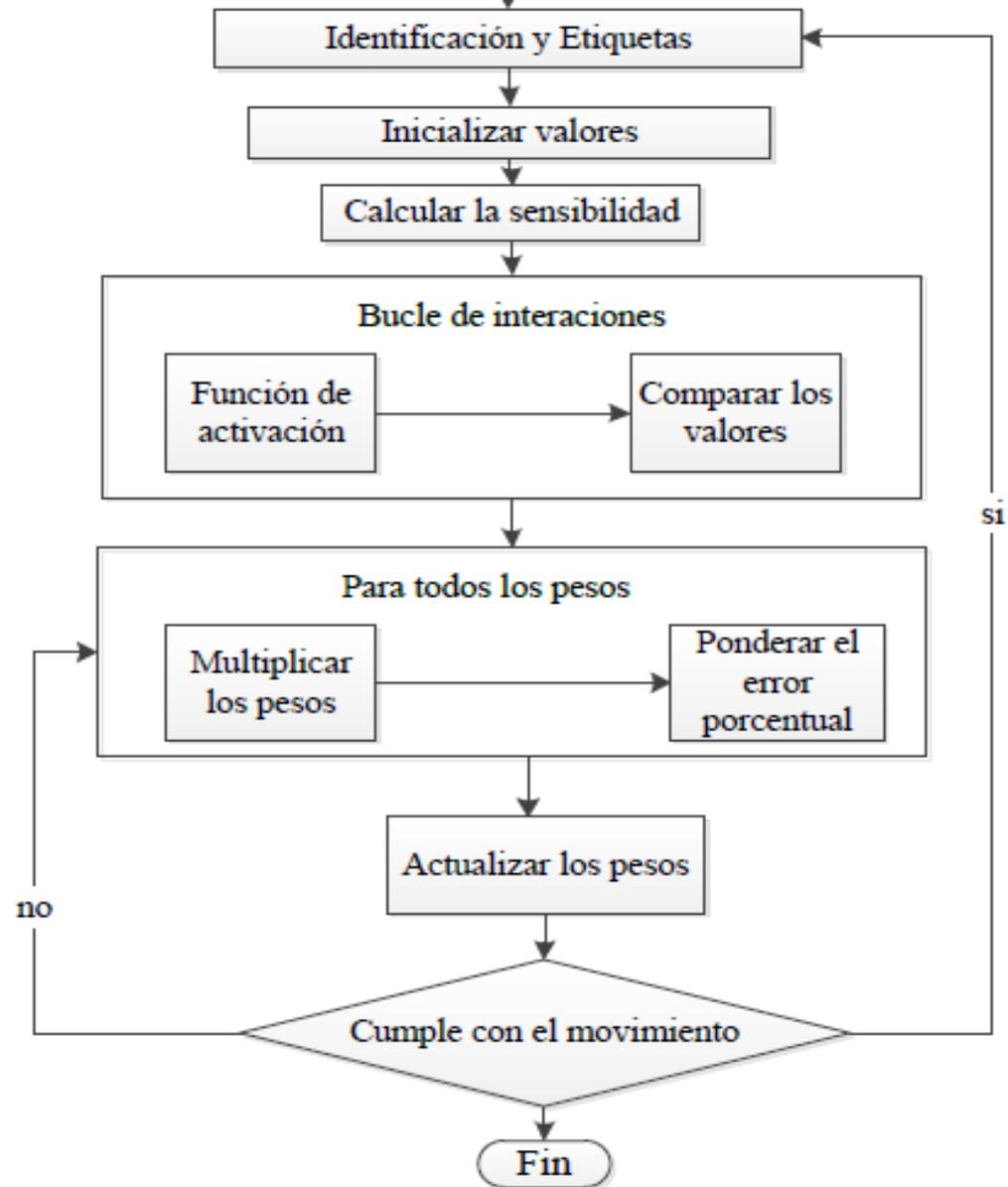


- a) barra de soporte.
- b) columna.
- c) base.
- d) resorte.
- e) bota de pie.
- f) soporte de pierna.

# Componentes del clasificador de patrones de movimiento

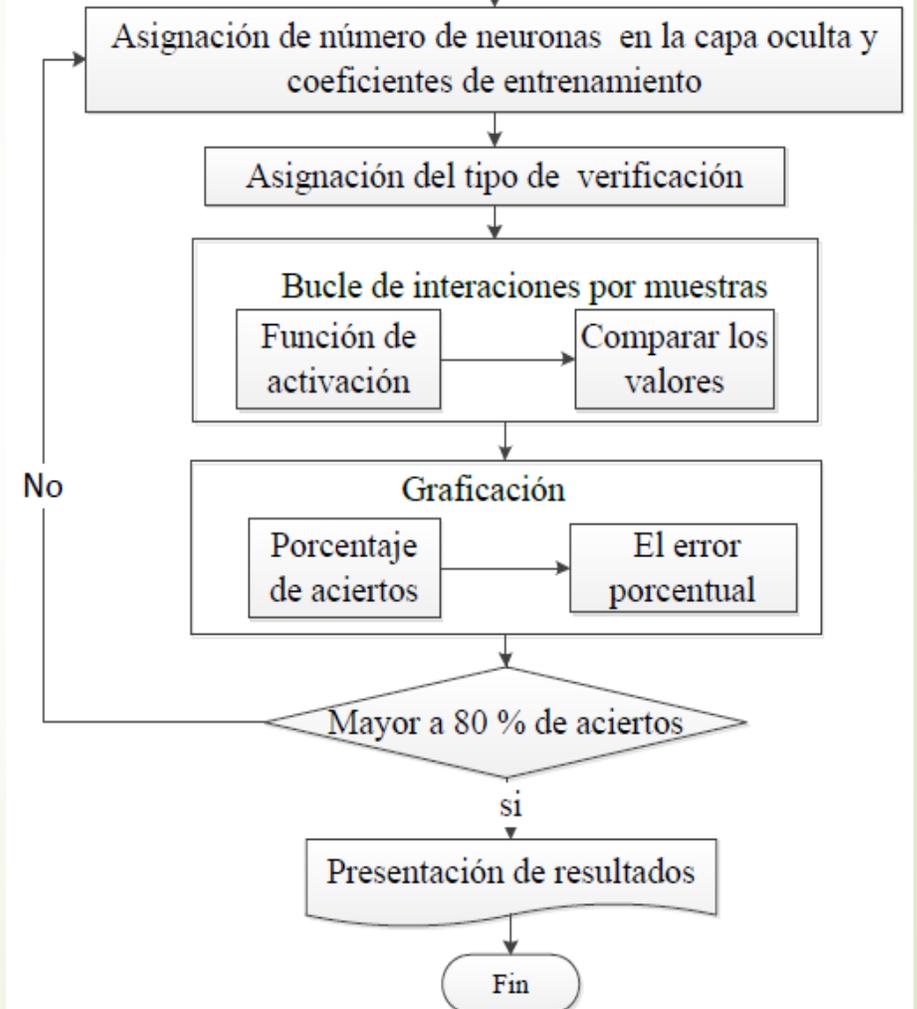


## ALGORITMO DE ENTRENAMIENTO



## ALGORITMOS DE LA RNA

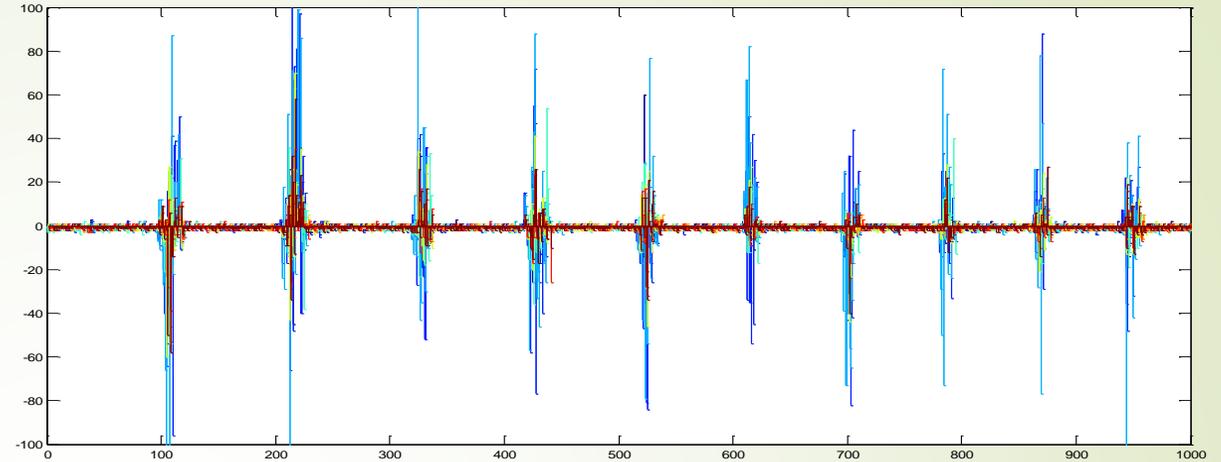
### ALGORITMO DE VERIFICACIÓN



# PRUEBAS

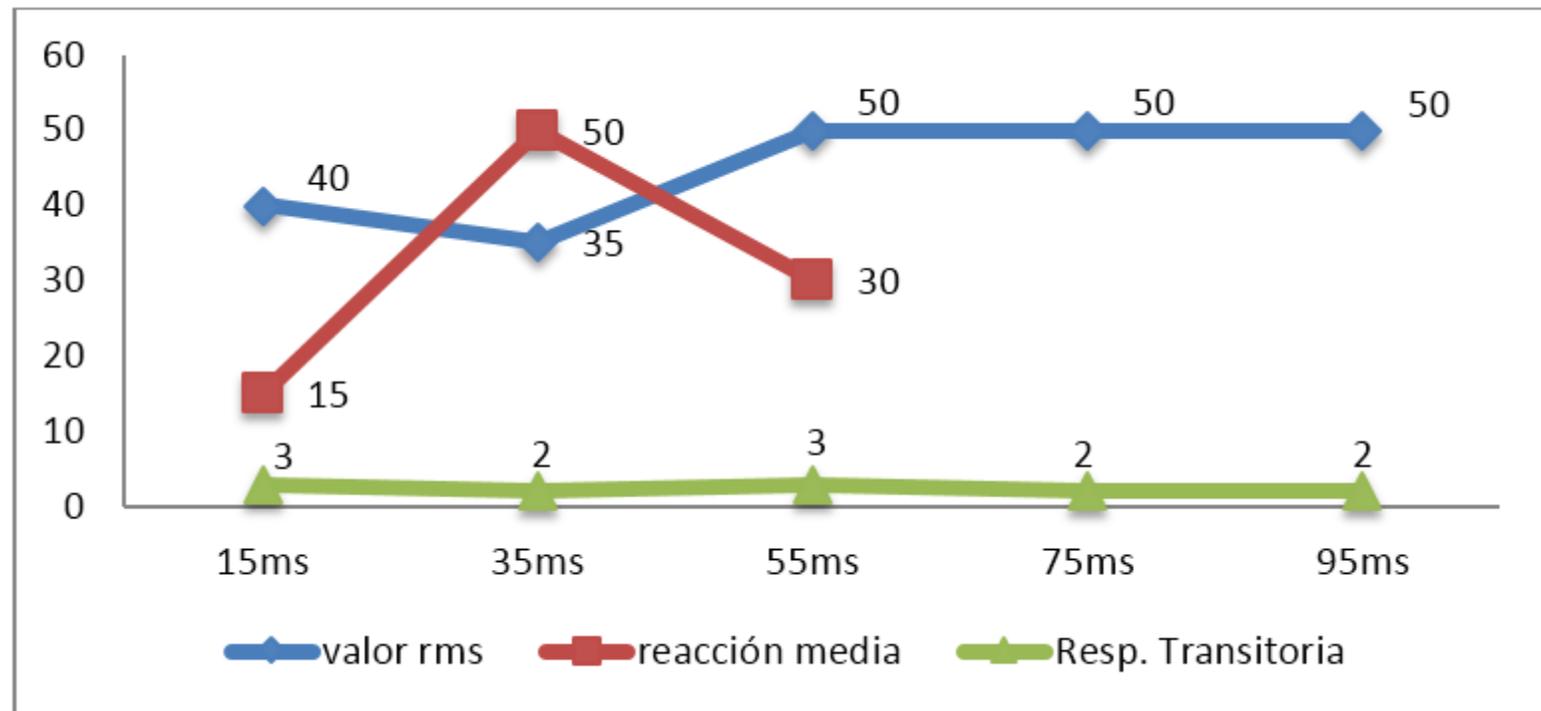
## Prueba #1

La adquisición de señales con el sensor Armmyo



### Sentado:

inclinación del pie  
a 20° desde la línea  
de acción hasta el  
suelo



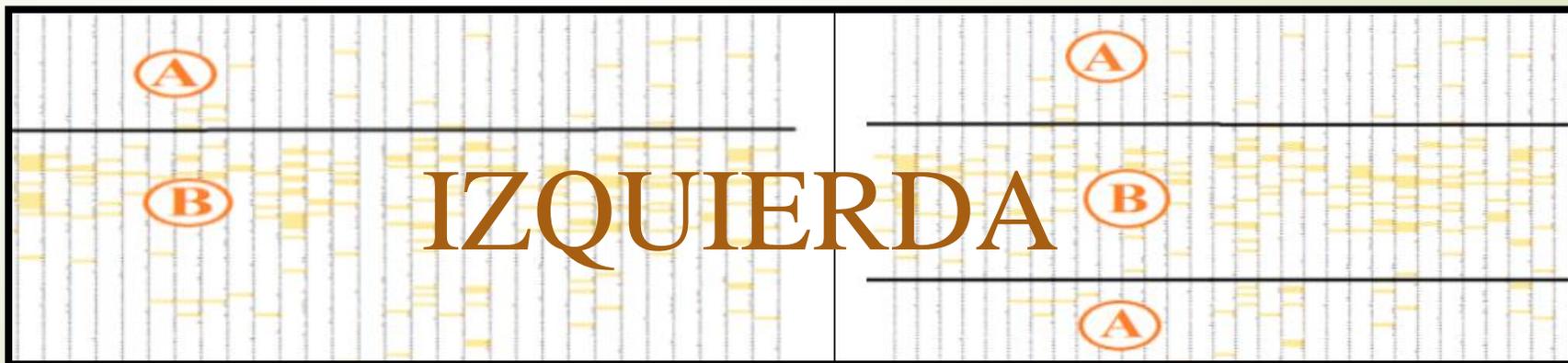
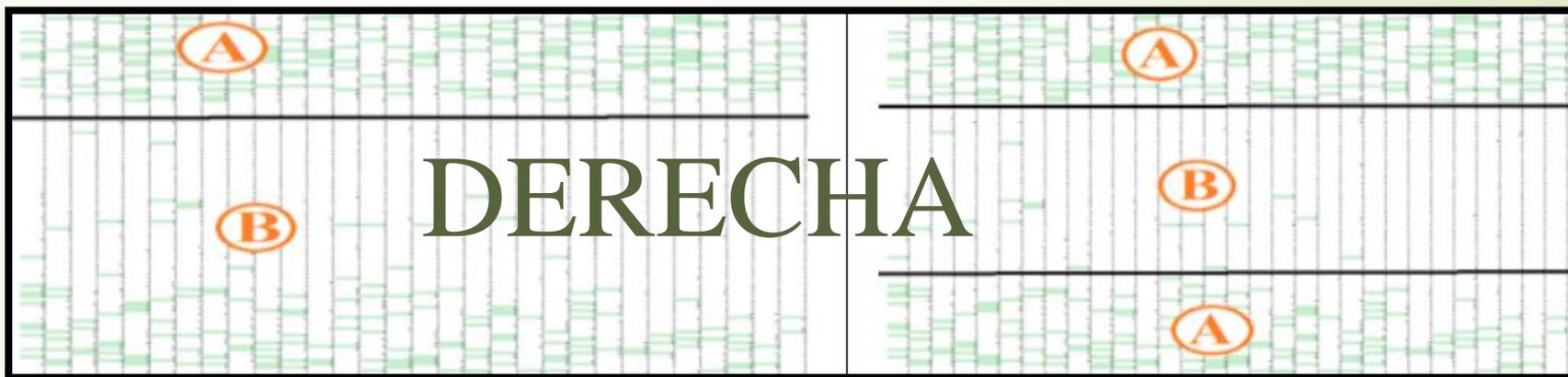
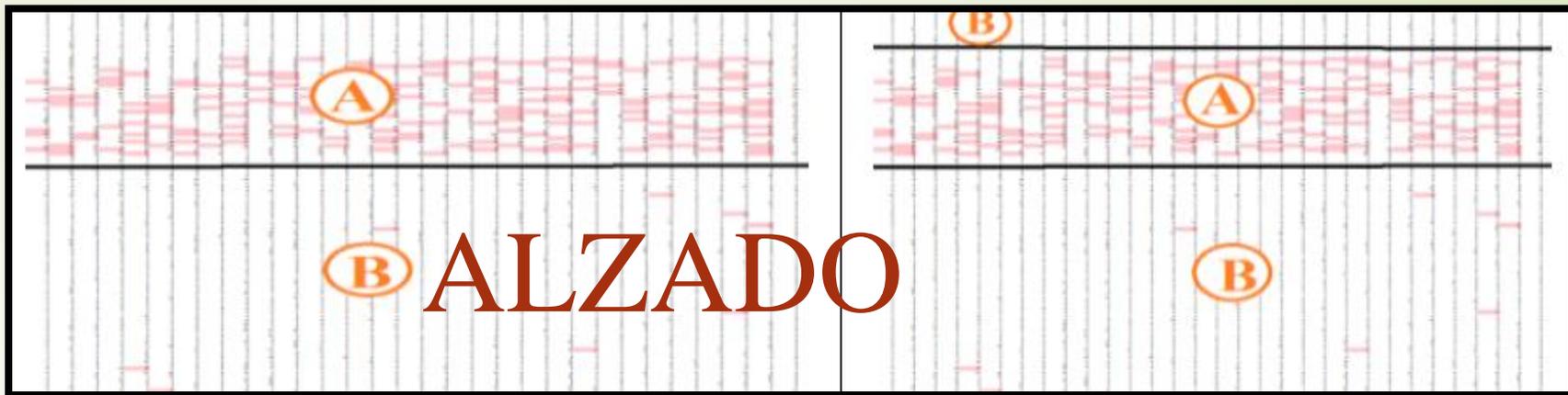
**Prueba #2:**

**Patrones**

**de movimiento**

**en la región**

**de interés.**

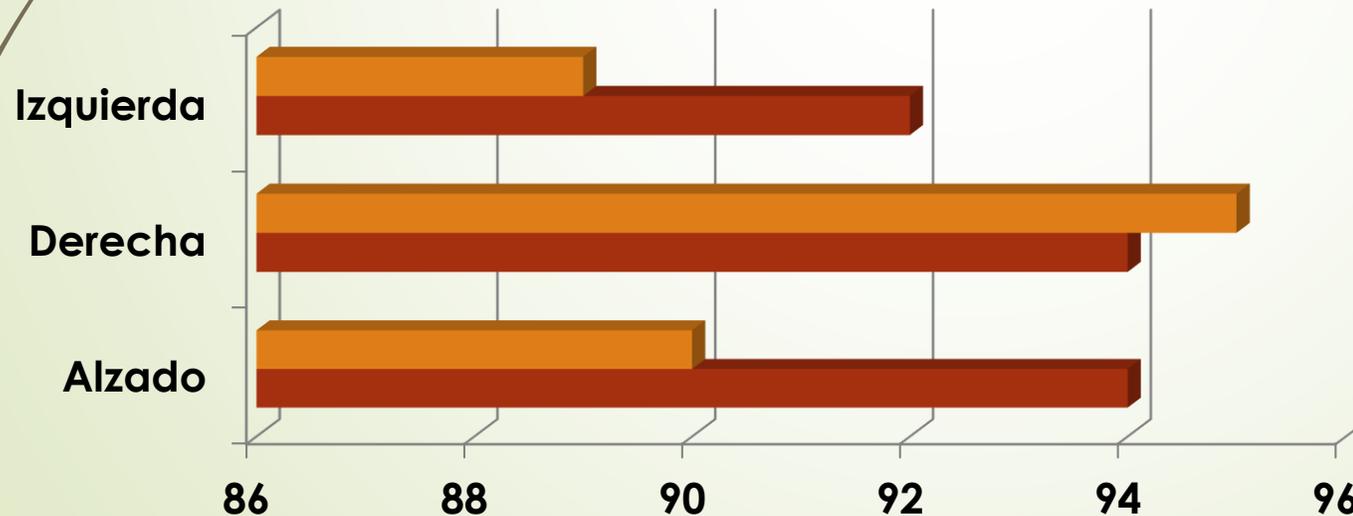


### Prueba #3:

#### Éxito del entrenamiento entre verificación real vs simulada

Movimientos	Éxito a través del Error cuadrático medio simulado	Éxito de la rutina tiempo real
Alzado	94	90
Derecha	94	95
Izquierda	92	89

%5 de variación

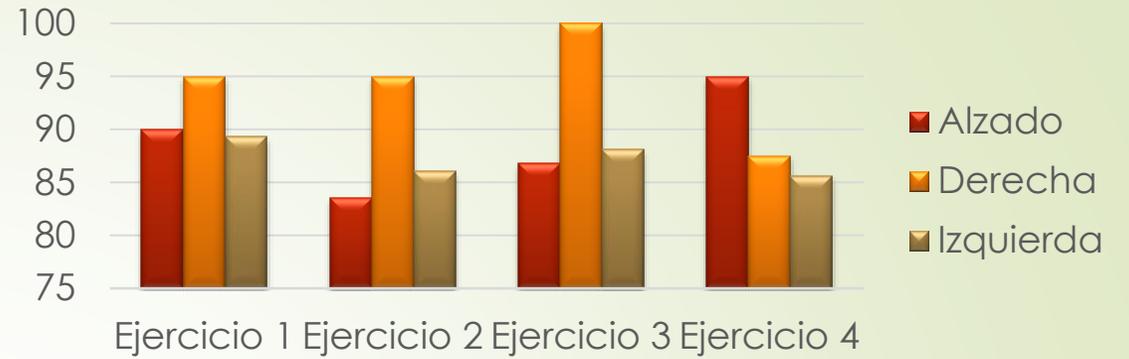


■ Éxito de la rutina tiempo real

■ Error cuadrático medio simulado

## Prueba #4:

### Acierto de movimientos del clasificador RNA



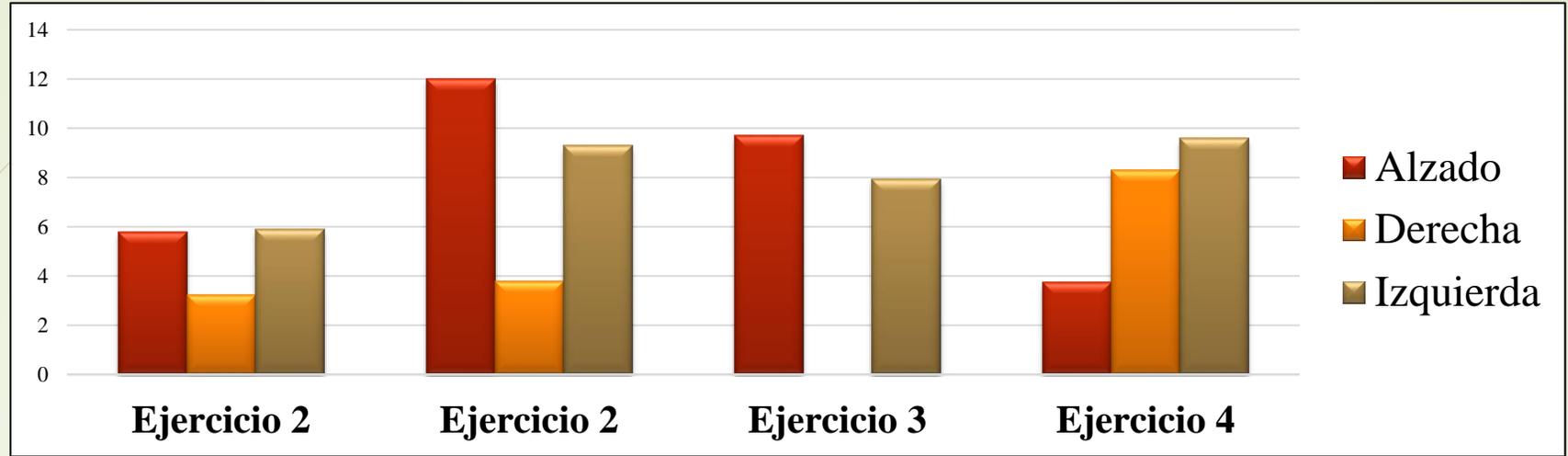
ACIERTOS EN LA IDENTIFICACIÓN									
	Alzado			Derecha			Izquierda		
	Éxito	Error	Fallos	Éxito	Error	Fallos	Éxito	Error	Fallos
Ejercicio 1	90 %	5,8%	4,2%	95 %	3,25%	1,75	89,3 %	5,9%	4,8%
Ejercicio 2	83,5 %	12%	4,5%	95 %	3,8%	1,20%	86,05 %	9,3%	4,65%
Ejercicio 3	86,8 %	9,7%	3,5%	100 %	0%	0%	88,1 %	7,94%	3,96%
Ejercicio 4	95 %	3,75%	1,25%	87,5 %	8,3%	4,16%	85,6 %	9,6%	4,8%

**Éxito:** es el porcentaje de acierto a la identificación de los patrones presentados

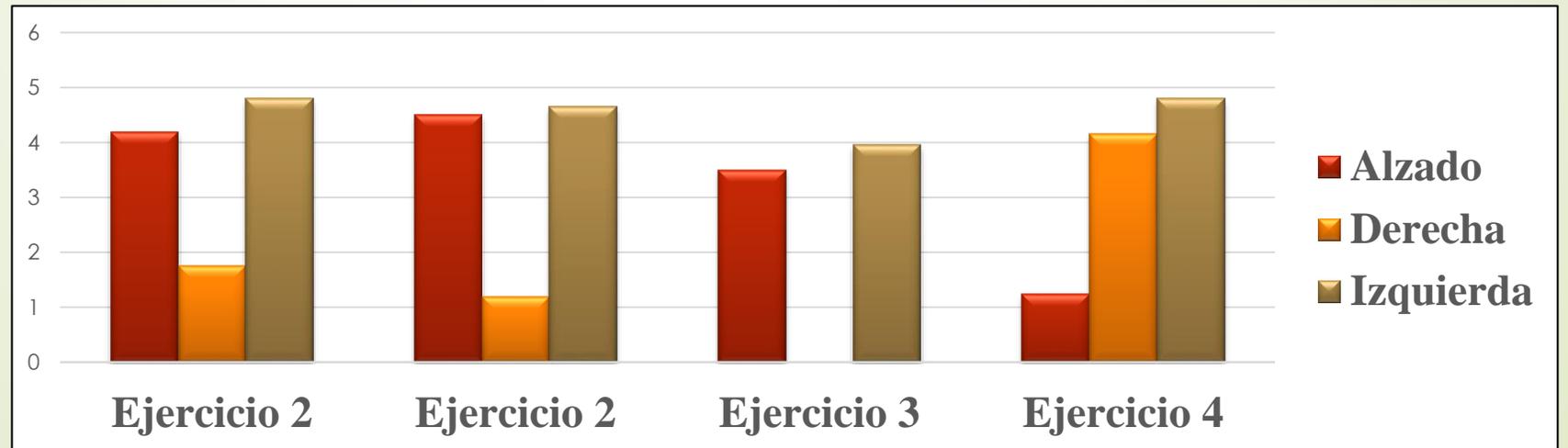
**Error:** es el porcentaje de movimientos confundidos

**Fallos:** es el porcentaje interacciones que no detecto ningún movimiento

# ERRORES



# FALLOS



# CRITERIOS

CRITERIOS	Cumple			Resultado	Observación
	SI	PARCIAL	NO		
<b>Fisioterapia</b>					
Son Cinco movimientos para la rehabilitación			X	-	Puede mejorar
El sobreesfuerzo recupera la movilidad	X			-	
Los principales dorsiflexión, inversión y eversión	X			-	-
El tiempo de recuperación depende de la lesión			X	-	Depende de la lesión sufrida
El esfuerzo es proporcional al tipo de lesión			X	-	
El auto supervisión debe ser a conciencia	X			-	
Hay dos formas de recuperación activa y pasiva		X		50%	Añadir la pasiva
<b>Inteligencia artificial</b>					
Sintonizar el número de neuronas y coeficientes	X			20 neuronas	Sintonizable
Exceso de datos ocasiona sobresaturación	X			500 datos	Puede mejorar
Error de entrenamiento igual al de verificación		X		80%	Puede mejorar
Error cuadrático medio menor al 10 %	X			9,4%	-
<b>Si=1 punto    Casi=0.5 puntos    No =0 puntos</b>					
<b>Resultado</b>		<b>Cumple= 7 puntos</b>		<b>No cumple= 3 puntos</b>	

# HIPÓTESIS

$$Z^2 \geq \alpha = H_a$$

$$3,92 \geq 3,79$$

Con un 85% de confianza en relación con las variables de movimiento, afirma que Jampira satisface la identificación en dorsiflexión, inversión y eversión

$H_a \therefore$  La confianza de los aciertos cumple para satisfacer la identificación de movimientos.

**“El prototipo de rehabilitación de la articulación tibioperoneoastragalina con clasificación de señales electromiográficas en una red neuronal ayudara a que cumplan terapias de rehabilitación exitosas”**

Identificación de movimientos					
Movimientos	% Aciertos	(E)	% Desaciertos	(E)	totales
Dorsiflexión	95	92,70	3,75	6,05	98,75
Inversión	87,5	86,04	4,16	5,62	91,66
Eversión	85,6	89,36	9,6	5,84	95,2
Totales	268,1		17,51		285,61

# CONCLUSIONES

- Esfuerzo acumulado sobre el musculo caracterizándolos por sus valores de -20 RMS y +20 RMS que son la base del entrenamiento
- La red neuronal artificial en común, dando como resultado 20 neuronas en la capa oculta ,104 neuronas en la capa de entrada y 3 neuronas en la capa de salida en la capa de entrada para dar facilidad al reconocimiento de regiones de interés
- Un diseño concurrente basado en la comodidad ligereza y resistencia al movimiento cumple con la protección del área tibioperoneoastragalina
- El valor de confianza demostrado para la identificación de movimientos es de un 85 % en relación a el 80 % planteado para dar de exitoso el prototipo clasificador a través de una red



# RECOMENDACIONES

- El esfuerzo muscular radica en la acción voluntaria del cerebro que estas cambian su comportamiento habitual cuando el sistema nervioso involucra sensaciones de dolor muscular
- Cuando la lesión ocurre sobre una fractura o luxación es adecuado realizar una evaluación del área afectada ya que pueden considerarse movimientos combinados
- Tomar en cuenta que si se desea incrementar más movimientos se pueda aumentar una capa intermedia más tener un interés inferencial sobre las matrices de entrenamiento
- se recomienda que el número de muestras sea por lo menos una quinta parte del número de neuronas de lo contrario sufre de memorización mas no de inferencia de resultados



# ALCANCE

SISTEMA DE DIAGNOSTICO MOVIL A  
TRAVES DE SENALES  
ELECTROMIOGRAFICAS



CREATED USING  
**PowToon**