

Mejora en la estimación de fuerzas musculares mediante el uso de medidas de electromiografía (EMG)

Alumno: Eduardo A. González Ruiz

Tutores: Urbano Lugrís Armesto, Florian G. B. Michaud

Septiembre, 2017



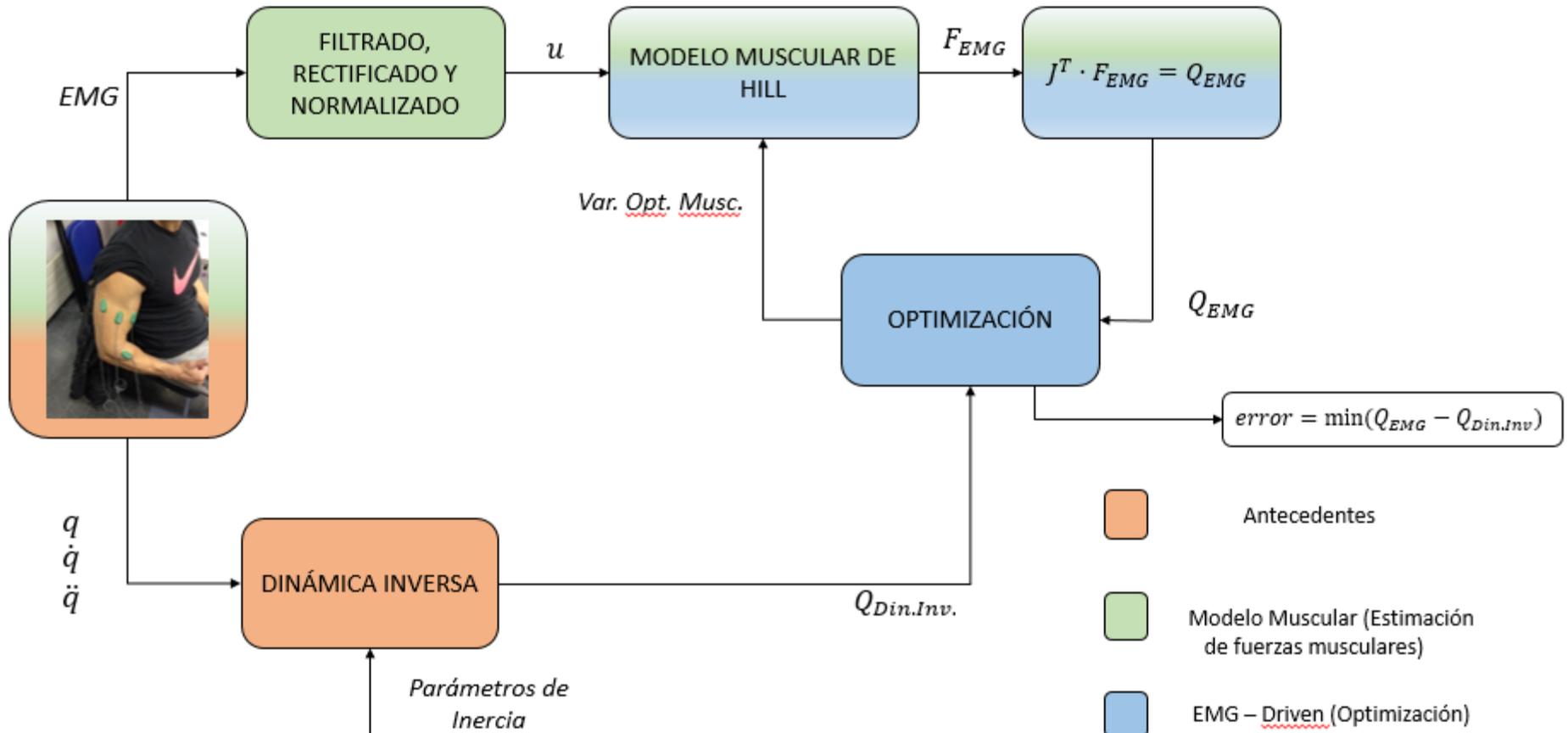
Laboratorio de Ingeniería Mecánica
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>

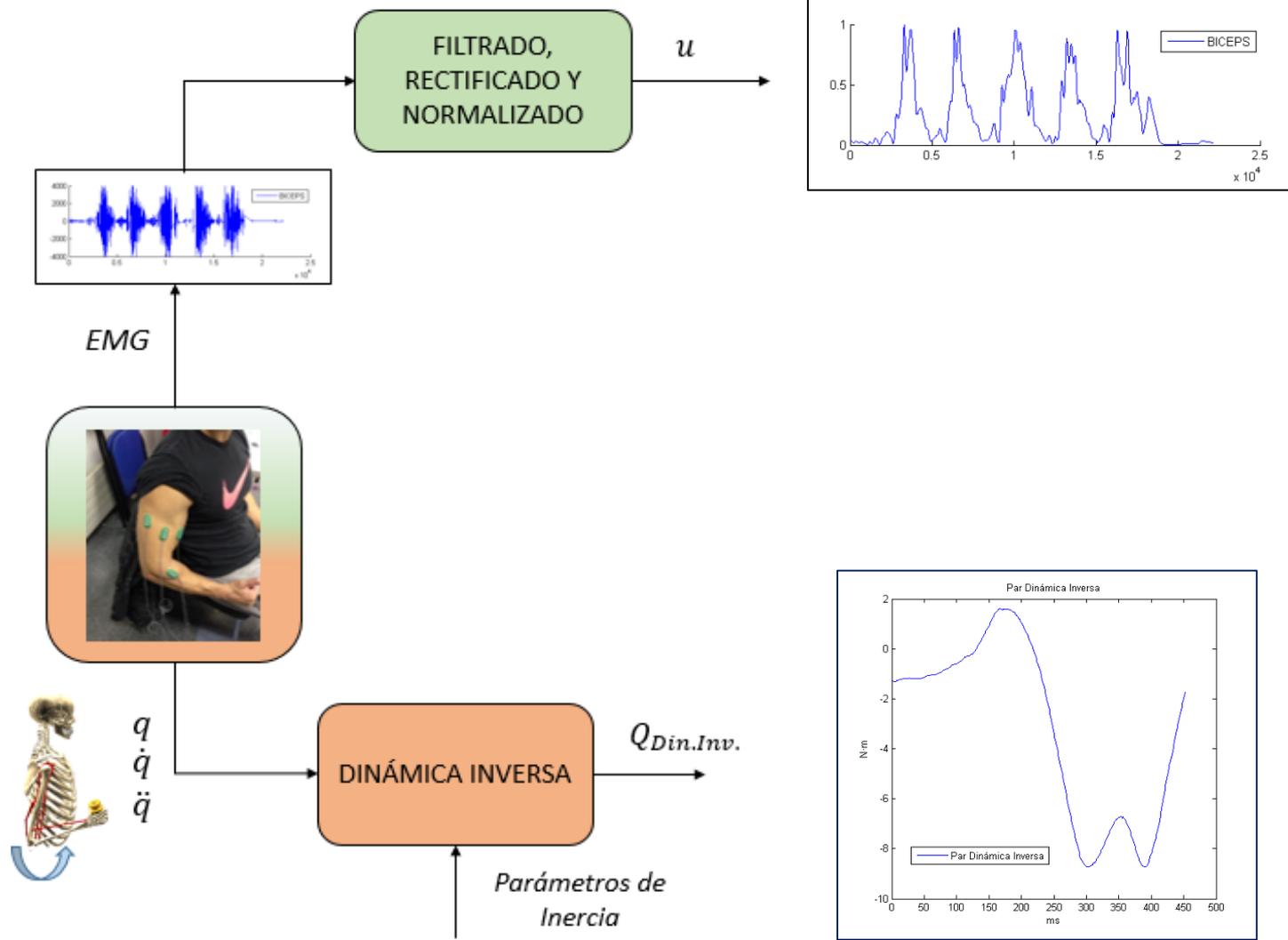


1. Introducción
2. Modelos y experimento
3. Cálculo de fuerzas musculares
4. EMG Driven
5. Resultados
6. Conclusiones

1. Introducción

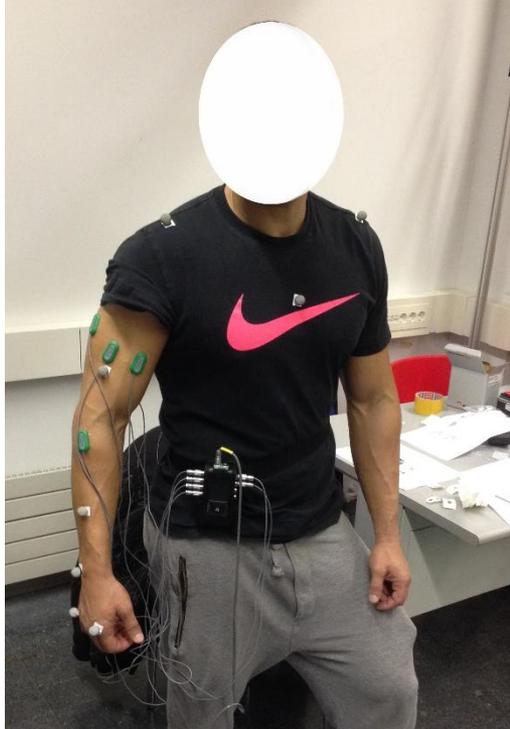


2. Experimentos y Modelos

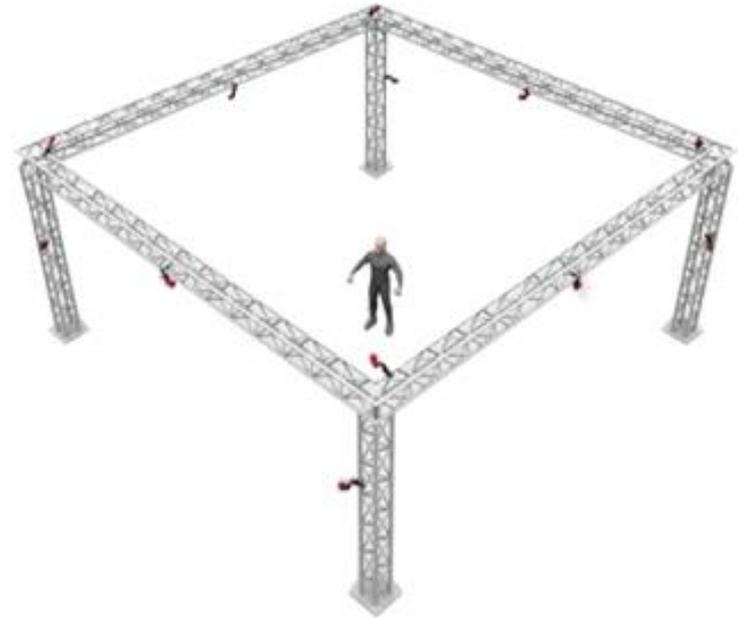


2. Experimentos y Modelos

Captura del movimiento



9 Markers Pasivos

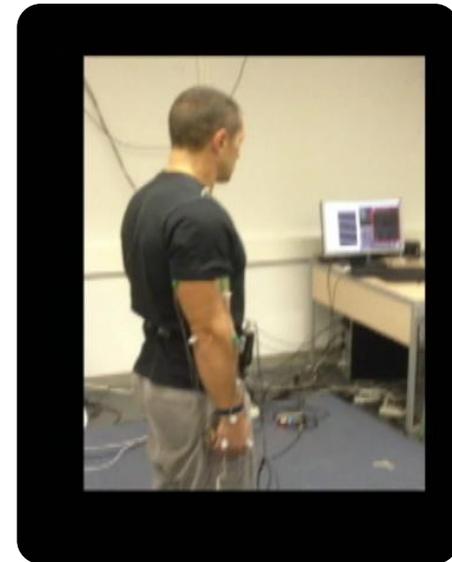
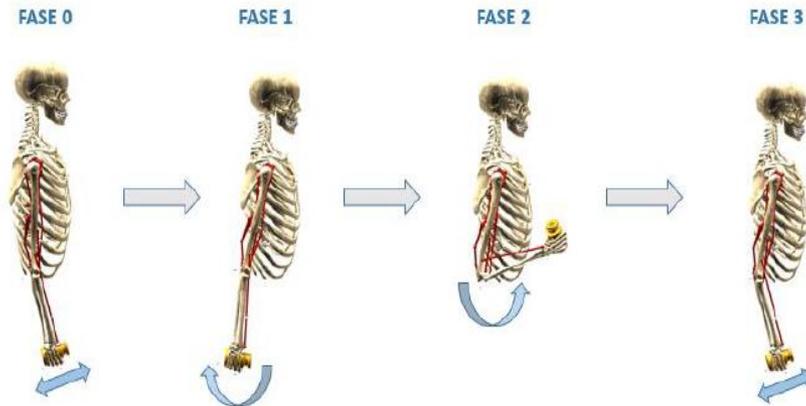


12 Cámaras Infrarrojas

2. Experimentos y Modelos

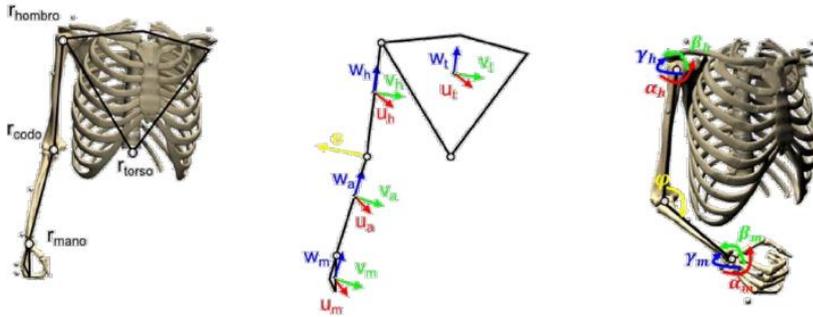
Movimiento Estudiado

- Flexión y Extensión del codo

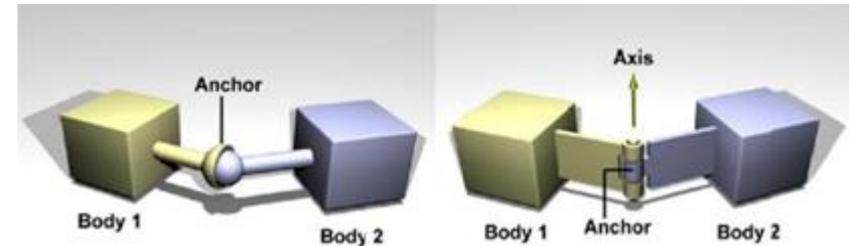


2. Experimentos y Modelos

Modelo Esquelético



■ Articulaciones consideradas

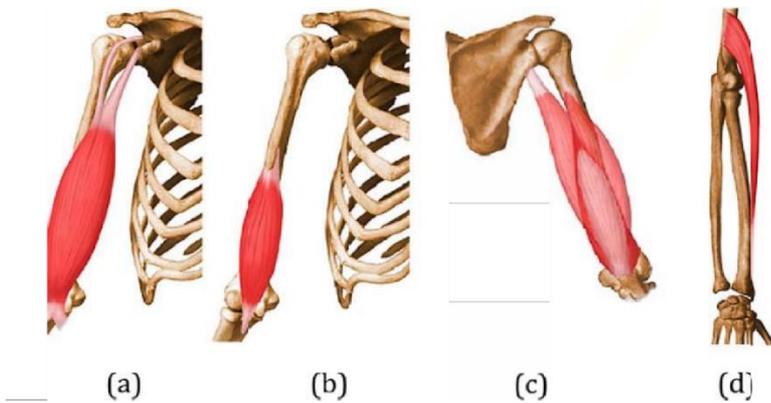


- 5 segmentos anatomicos rigidos unidos por articulaciones esféricas y de revolución
- 13 grados de libertad (GDL).
- Cálculo de los pares cinemático → Formulación de la Matriz-R

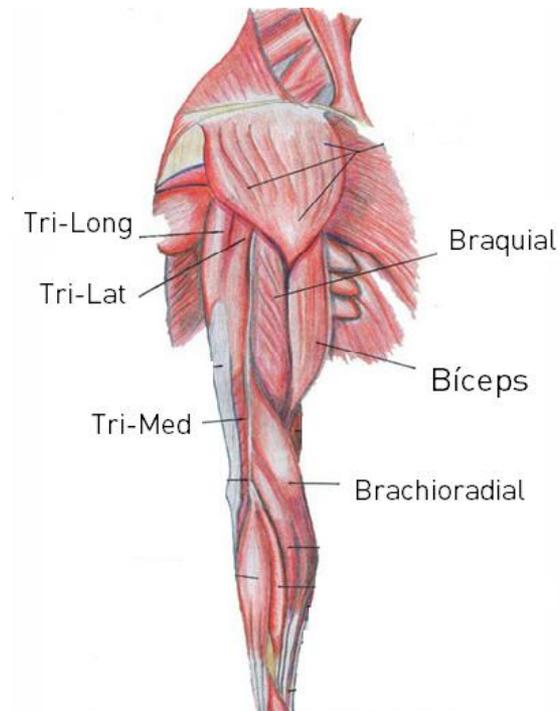
2. Experimentos y Modelos

Modelo Músculo-Esquelético

- 7 Músculos implicados



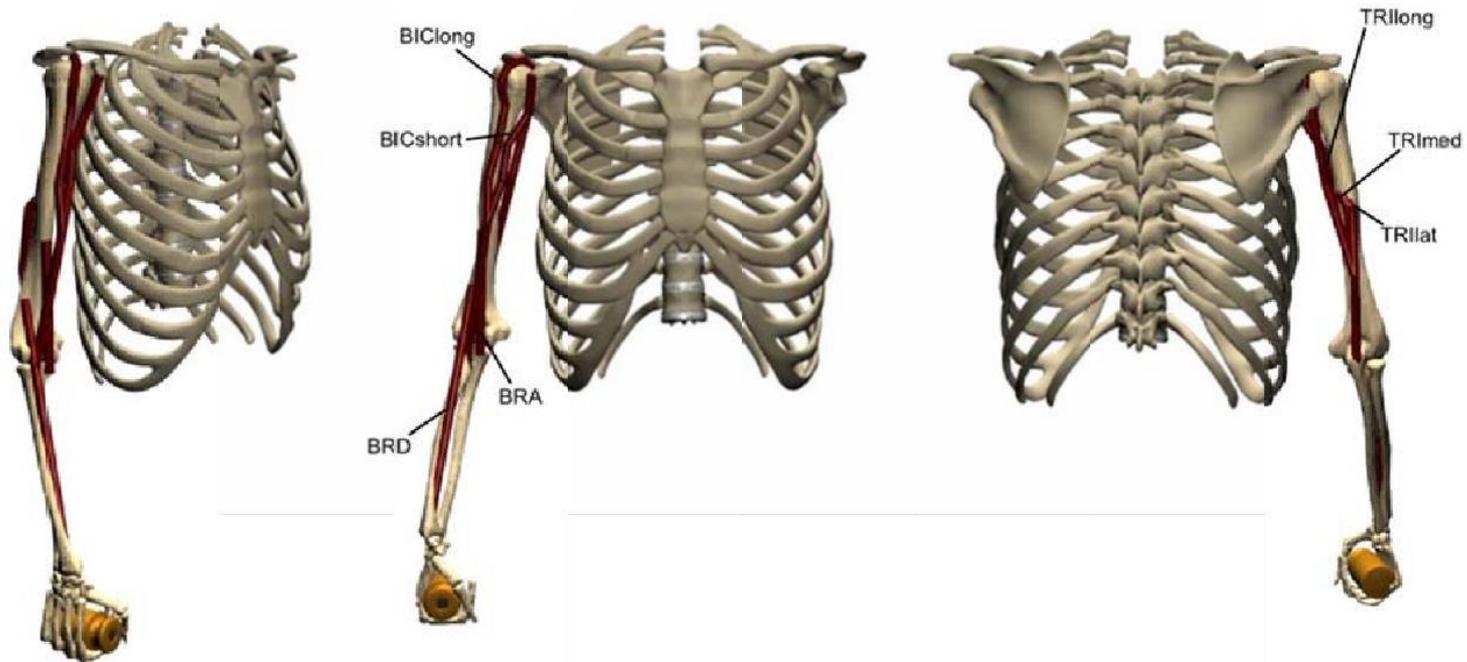
- a) Grupo muscular Bíceps (Flexor)
- b) Músculo Braquial (Flexor)
- c) Grupo muscular Tríceps (Extensor)
- d) Músculo Braquiorradial (Flexor)



2. Experimentos y Modelos

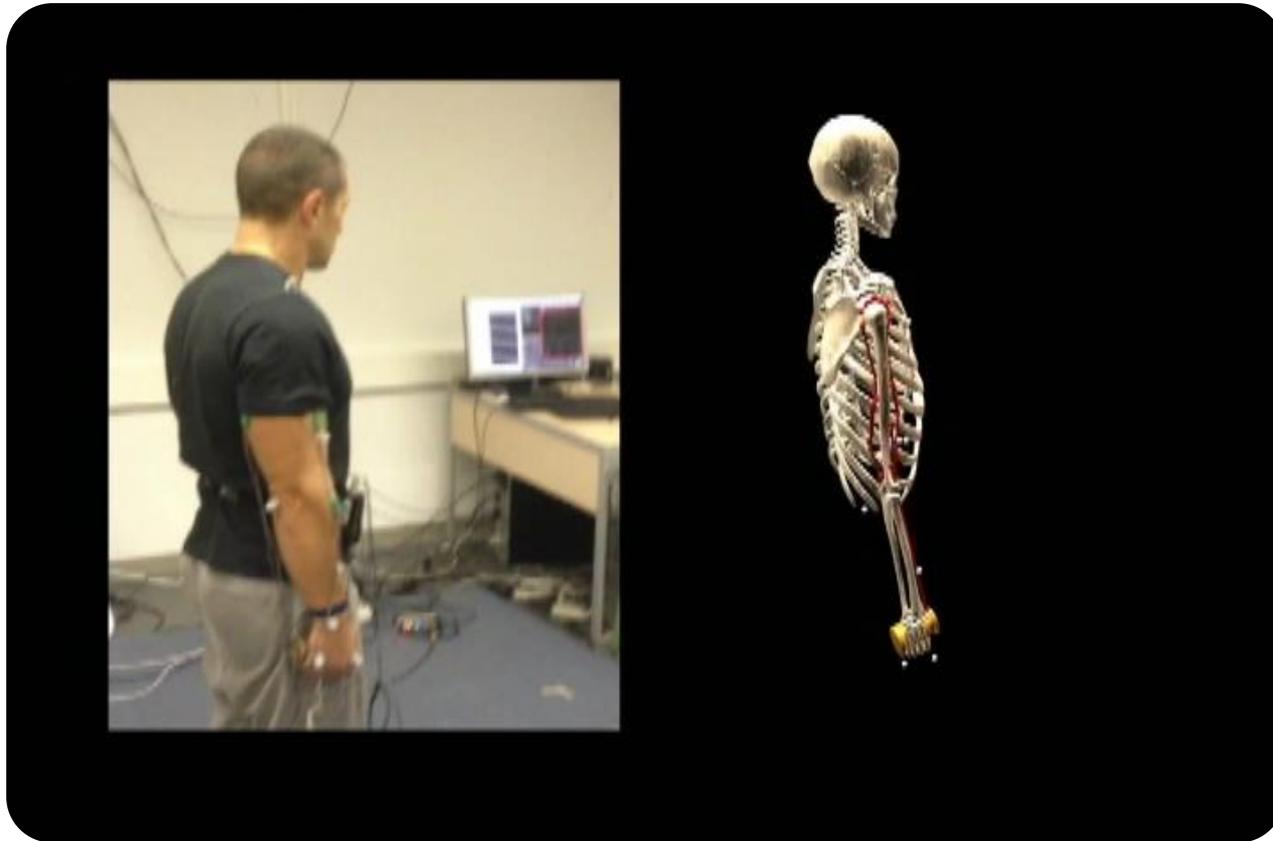
Modelo Musculo-Esquelético

- Modelo completo (OpenSim – Stanford University)



2. Experimentos y Modelos

Movimiento con el modelo músculo-esquelético



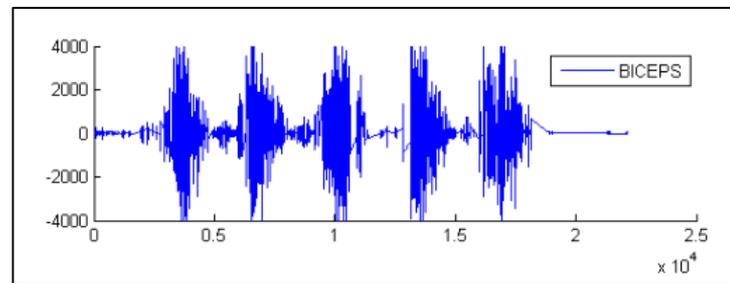
2. Experimentos y Modelos

Medición EMG



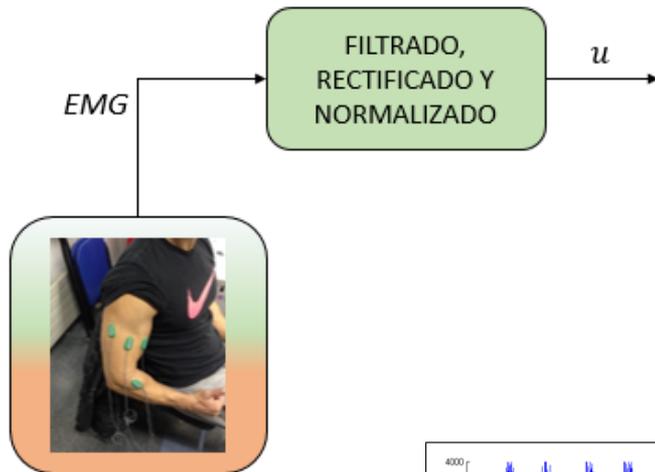
MÚSCULO IMPLICADO	Nº ELECTRODOS
BIC-short	1
BIC-long	
TRI-long	1
TRI-lat	1
TRI-med	1
BRA	1
BRD	1

- Fueron utilizados **6 electrodos** para los 7 músculos considerados
- Las señales mioeléctricas obtenidas presentaban perturbaciones (ruido) → **TRATAMIENTO DE SEÑALES**

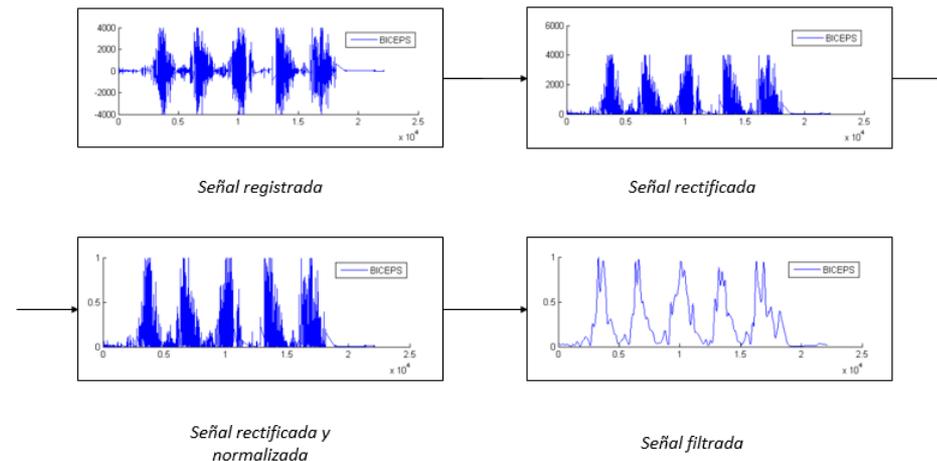


2. Modelos y Experimentos

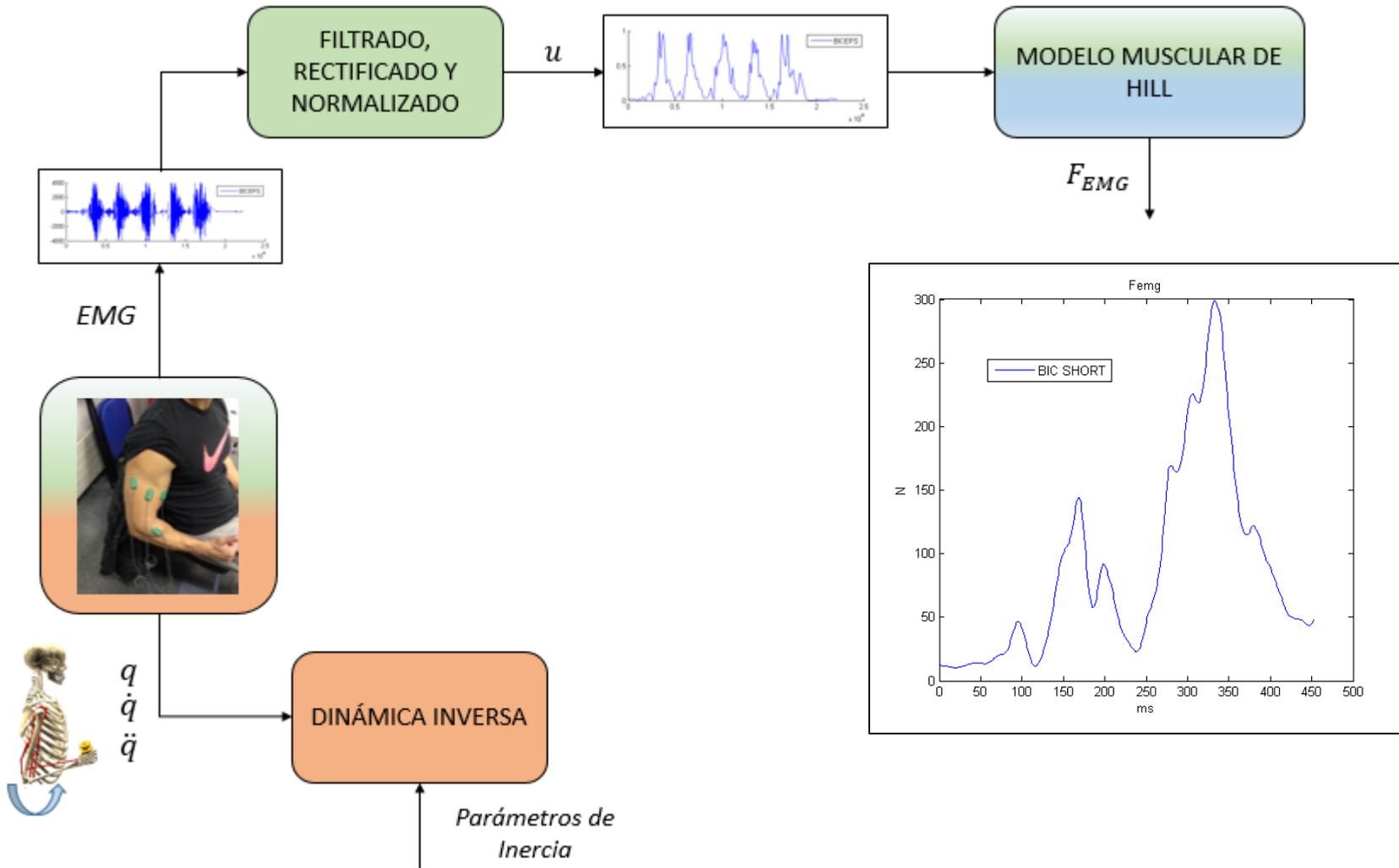
Tratamiento de las señales



1. **RECTIFICADO.** Eliminar valores negativos de la medición
2. **NORMALIZADO.** Obtener valores entre 0 y 1
3. **FILTRADO.** Utilizando un filtro SSA (Singular Spectrum Analysis)

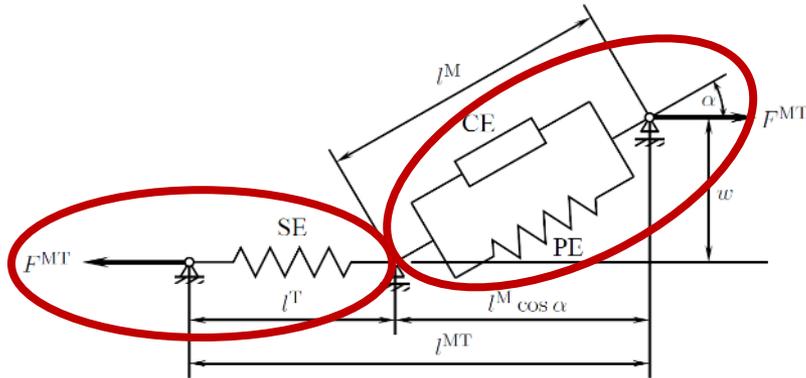


3. Cálculo de fuerzas musculares



3. Cálculo de fuerzas musculares

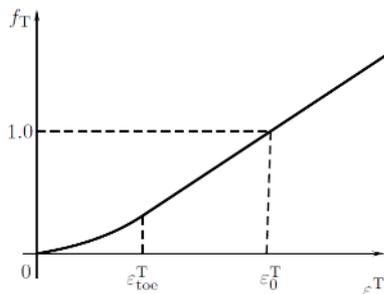
Modelo Muscular de Hill



Músculo
Tendón

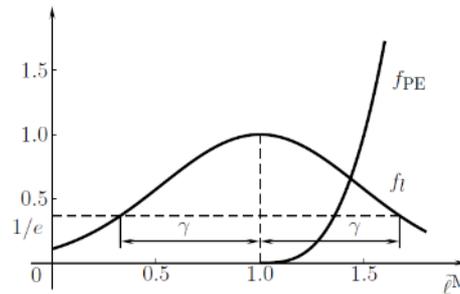
$$F^{MT} = (F_{CE}^M + F_{PE}^M) \cdot \cos(\alpha) = F_0^M \cdot f_T(\epsilon^T)$$

$$F^{MT} = F_0^M \cdot f_T(\epsilon^T)$$



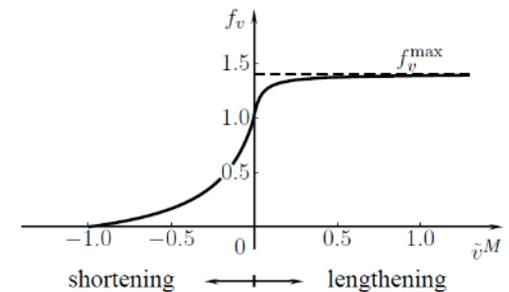
Curva fuerza-longitud del tendón

$$F_{PE}^{MT} = F_0^M \cdot f_{PE}(\tilde{l}^M)$$



Curva fuerza-longitud del elemento contráctil y pasivo

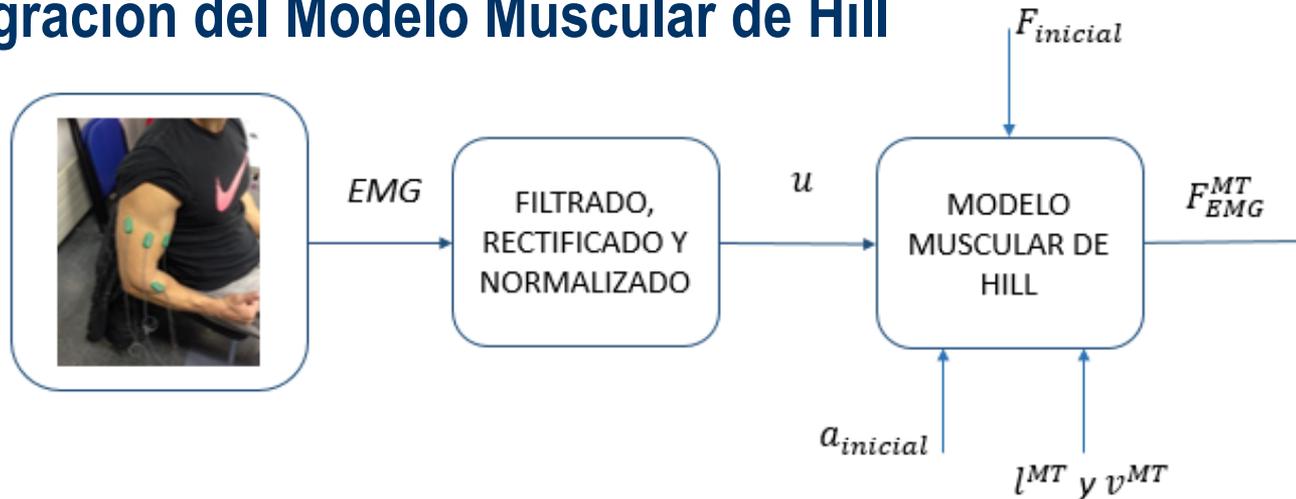
$$F_{CE}^{MT} = F_0^M \cdot a \cdot f_l(\tilde{l}^M) \cdot f_v(\tilde{v}^M)$$



Curva fuerza-velocidad del element contráctil

3. Cálculo de fuerzas musculares

Integración del Modelo Muscular de Hill



$$\dot{a} = f_{act_Hill}(a, u) = (u - a) \cdot \frac{u}{\tau_{act}} + [u - (a - a_{min}) - (u - a) \cdot u] \cdot \frac{1}{\tau_{deact}}$$

$$\dot{F}^{MT} = k^T \cdot \left[v^{MT} - \frac{v^M}{\cos \alpha} \right] = k^T \cdot \left[v^{MT} - \frac{v_{max}}{\cos \alpha} \cdot f_v^{-1} \left(\frac{\frac{F^{MT}}{F_0^M} - F_{PE}^M(\bar{l}^M)}{F_0^M \cdot a \cdot f_L(\bar{l}^M)} \right) \right]$$

$$\mathbf{x} = \begin{Bmatrix} a \\ F \end{Bmatrix}$$

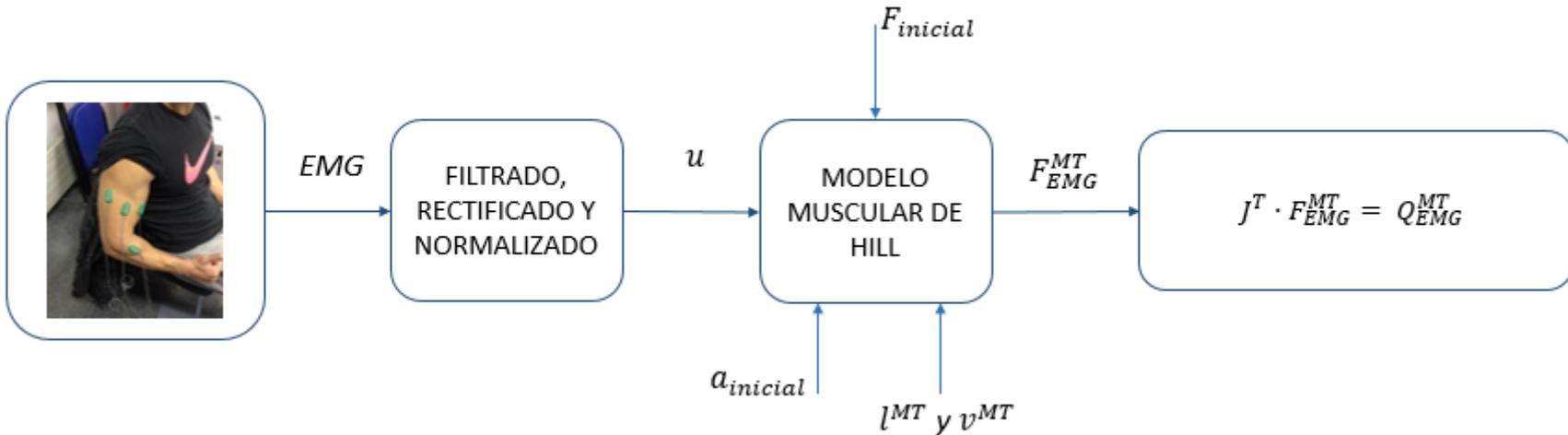


$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{Bmatrix} \dot{a} \\ \dot{F} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1(a, u) \\ f_2(a, F, l, v) \end{Bmatrix} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, u, l, v)$$

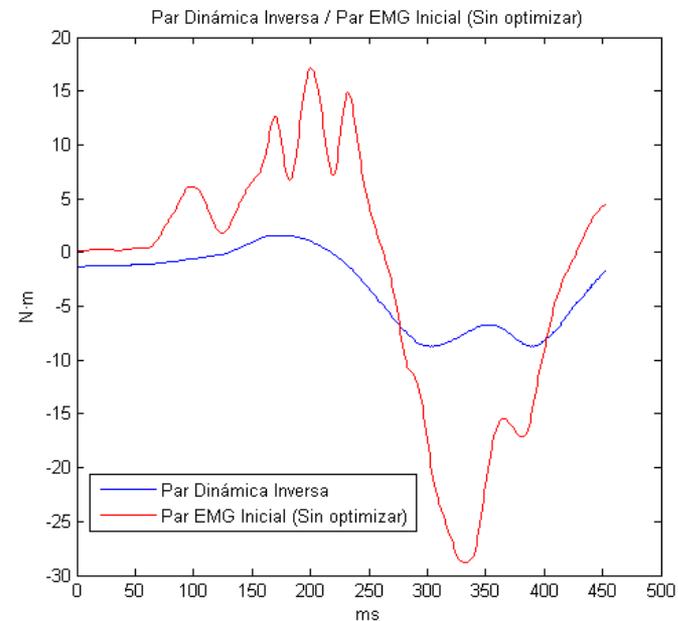
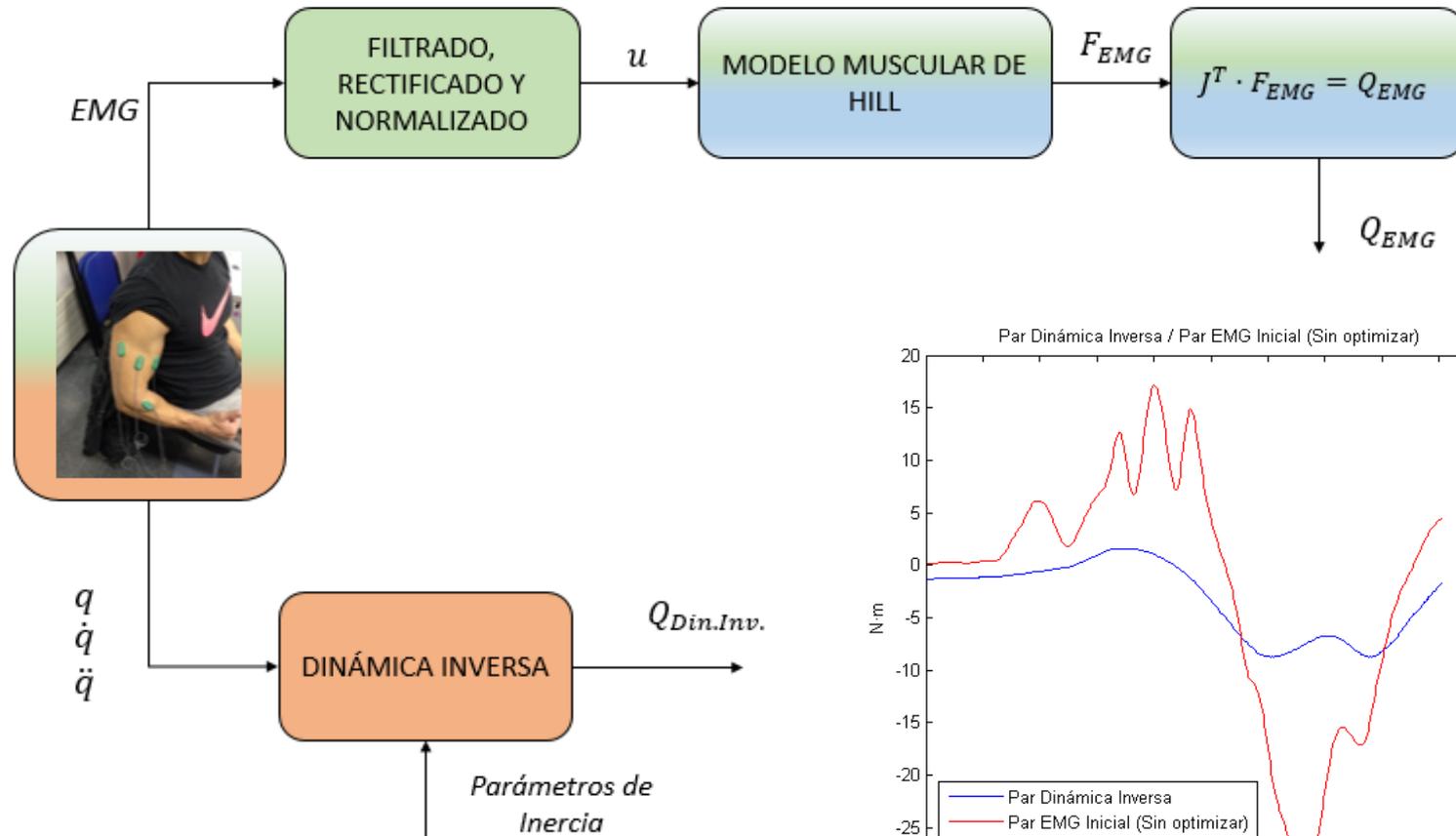
3. Cálculo de fuerzas musculares

- Cálculo del par a partir de las fuerzas musculares

F_{EMG}^{MT} → $J^T \cdot F_{EMG}^{MT} = Q_{EMG}^{MT}$

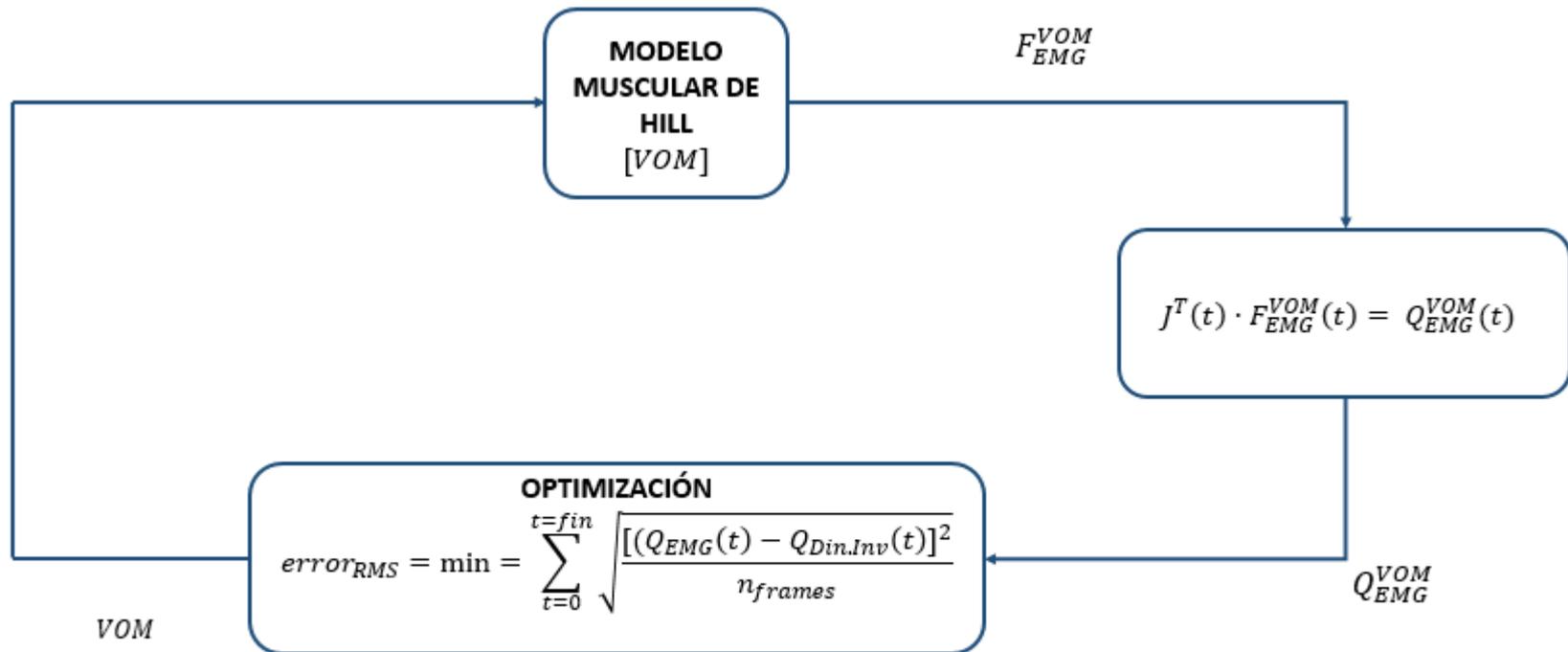


4. EMG - Driven



4. EMG - Driven

Optimización → Proceso Iterativo



VOM : Variables de Optimización Muscular, $[k, \Delta]$

4. EMG - Driven

■ Criterios de Optimización

EMG – Driven 1
(Raison et al. 2011)

$$0.5 \leq k^{flex} \leq 1.5$$

$$0.5 \leq \Delta^{ext} \leq 1.5$$

EMG – Driven 2
(Lloyd and Besier, 2003)

$$0.5 \leq k^{flex} \leq 1.5$$

$$0.5 \leq \Delta^{ext} \leq 1.5$$

$$0.5 \leq l_{s,m}^T \leq 1.5 \quad m = 1, \dots, 7$$

EMG – Driven 3
(Langenderfer et al. 2005)

$$0.5 \leq k^m \leq 1.5$$

$$m = 1, \dots, 7$$

EMG – Driven 4
(LIM UDC)

$$0.5 \leq k^m \leq 1.5 \quad m = 1, \dots, 7$$

$$0.5 \leq l_{s,m}^T \leq 1.5 \quad m = 1, \dots, 7$$

EMG – Driven 5
(Sartori, Farina and Lloyd, 2014)

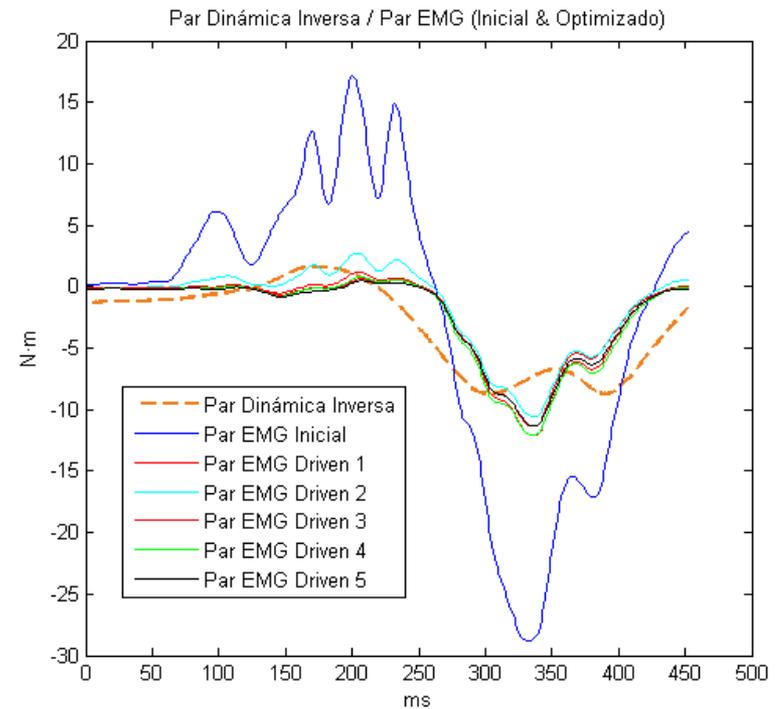
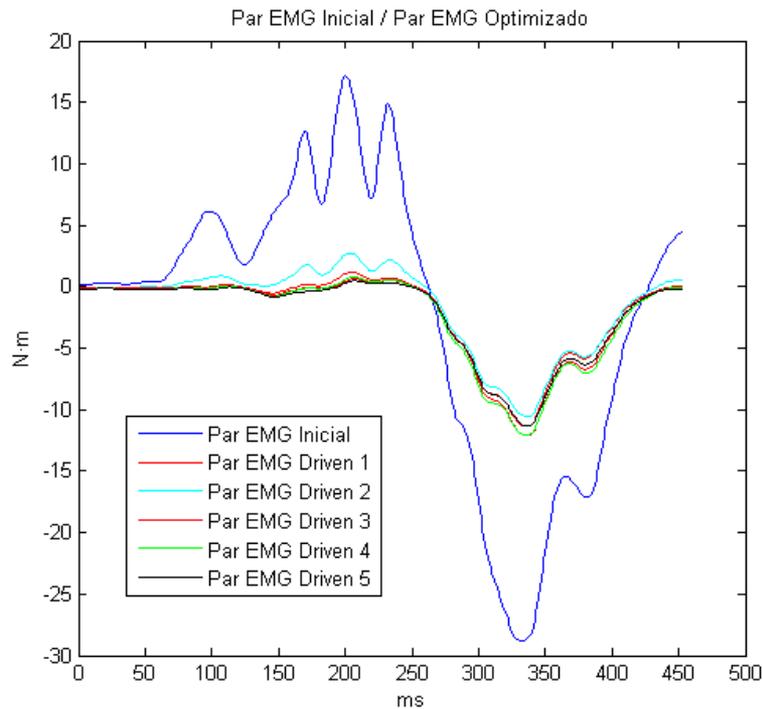
$$0.5 \leq k^{flex} \leq 1.5$$

$$0.5 \leq \Delta^{ext} \leq 1.5$$

$$0.5 \leq u_m \leq 1.5 \quad m = 1, \dots, 7$$

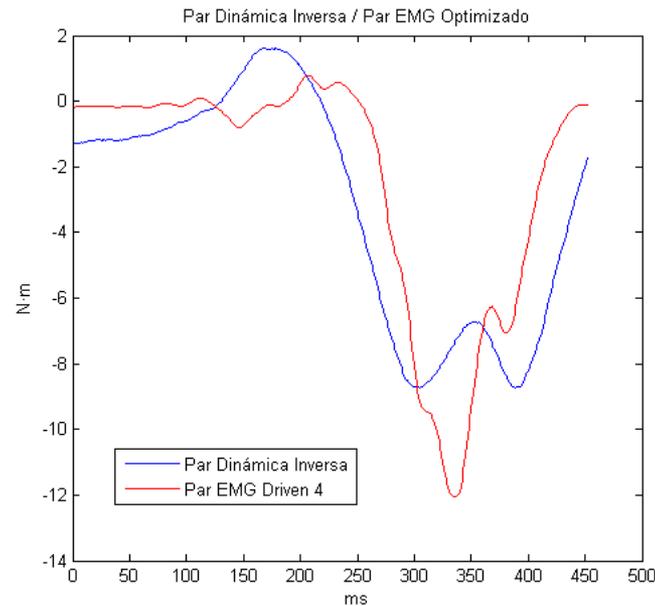
5. Resultados

CRITERIO	ERROR [N·m]
EMG Inicial (Sin optimizar)	8.8934
EMG Driven 1	2.4391
EMG Driven 2	2.5906
EMG Driven 3	2.3969
EMG Driven 4	2.3054
EMG Driven 5	2.3526

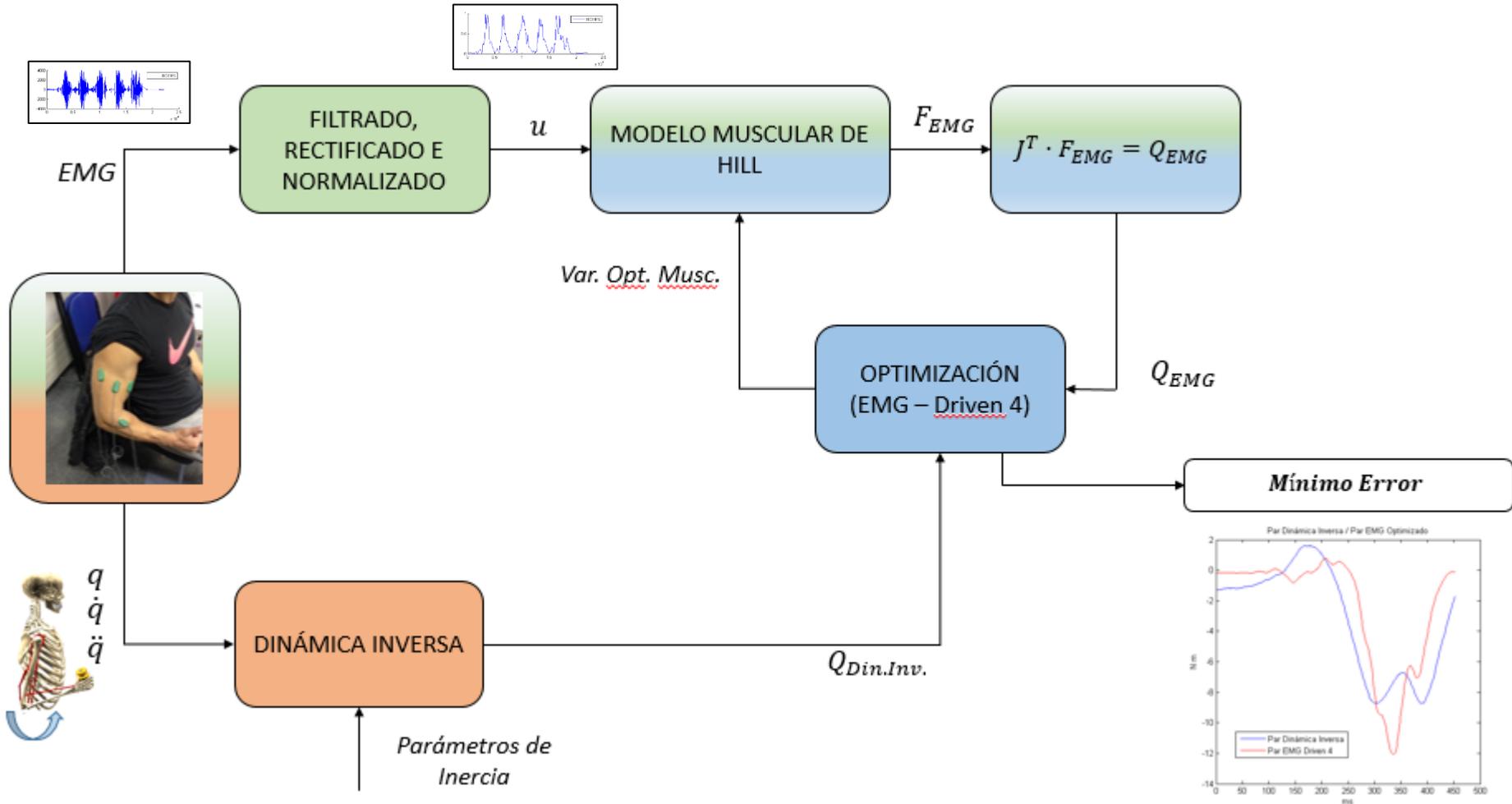


5. Resultados

- Mediante el proceso de optimización se ha **MEJORADO** la aproximación al par mecánico calculado por dinámica inversa, respecto al par obtenido con los parámetros musculares por defecto.
- Criterio **EMG – Driven 4**, ha proporcionado un **MENOR ERROR** en comparación con el resto de criterios.
- A pesar de haber disminuido el error existente, sigue existiendo una diferencia entre las curvas de los diferentes pares (EMG-Driven4 – ParDI).



6. Conclusiones



Gracias por su atención.



Mejora en la estimación de fuerzas musculares mediante el uso de medidas de electromiografía (EMG)

Alumno: Eduardo A. González Ruiz

Tutores: Urbano Lugrís Armesto, Florian G. B. Michaud

Septiembre, 2017



Laboratorio de Ingeniería Mecánica
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>

