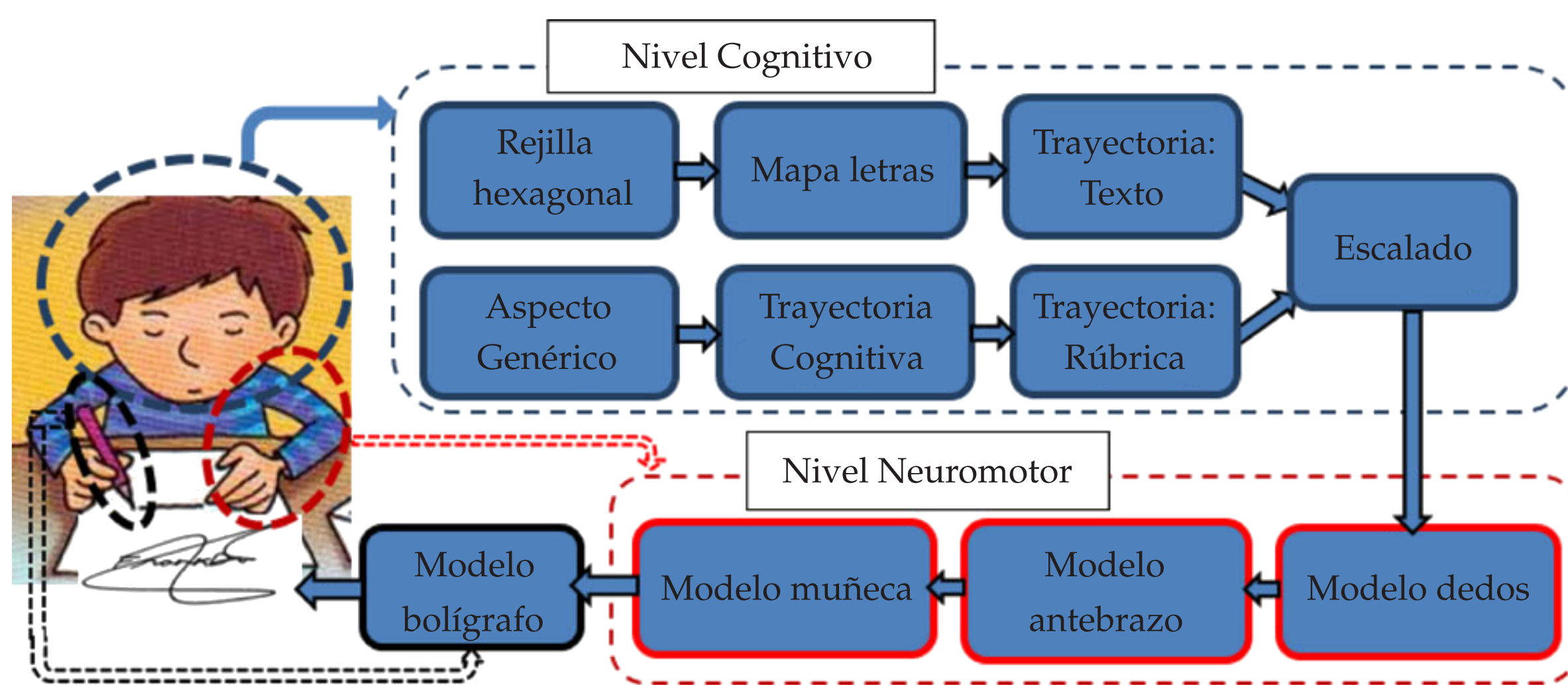


RESUMEN

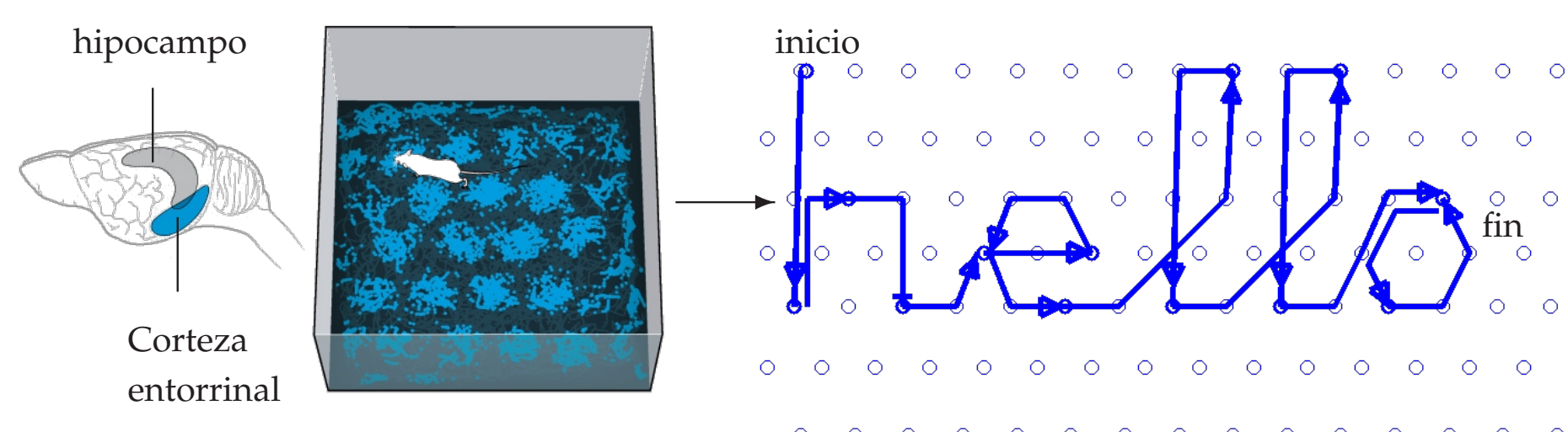
El propósito de esta tesis es imitar el comportamiento rápido humano durante la escritura manuscrita. La teoría que define el sistema motor equivalente estudia la actividad del sistema nervioso central, el cual controla la postura, el movimiento y se centra en las propiedades cinemáticas desde un punto de vista esqueleto-músculo. En esta tesis se proponen modelos matemáticos novedosos inspirados en el proceso cognitivo y neuromotor para generar artificialmente tanto imágenes de firmas manuscritas como señales dinámicas de firmas. En este contexto la hipótesis de esta tesis evalúa la capacidad de: **1) Generación y modelado de nuevas identidades en diferentes escrituras (variabilidad inter-clase) y 2) Generación y modelado de duplicados de firma a partir de una firma dada (variabilidad intra-clase).** Dicha hipótesis se evalúa a través de test de Turing visuales y a través de la verificación automática de firmas con clasificadores del estado del arte. Se estima que estos modelos matemáticos pueden ser de utilidad para distintas disciplinas sensibles con la firma manuscrita como la pedagogía, la medicina, los estudios grafológicos, las aplicaciones de seguridad y salud, entre otras.

MAPA CONCEPTUAL: GENERACIÓN DE LA ESCRITURA MANUSCRITA



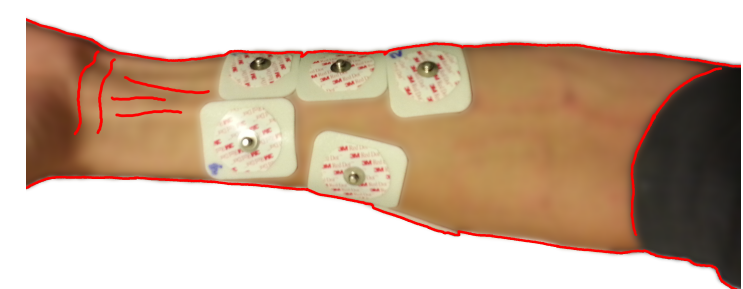
NIVEL COGNITIVO

Inspirado en el Premio Nobel de Medicina y Fisiología 2014: Representación espacial hexagonal del cerebro en ratones



NIVEL NEUROMOTOR

Estudio de señales Electromiográficas (EMG)



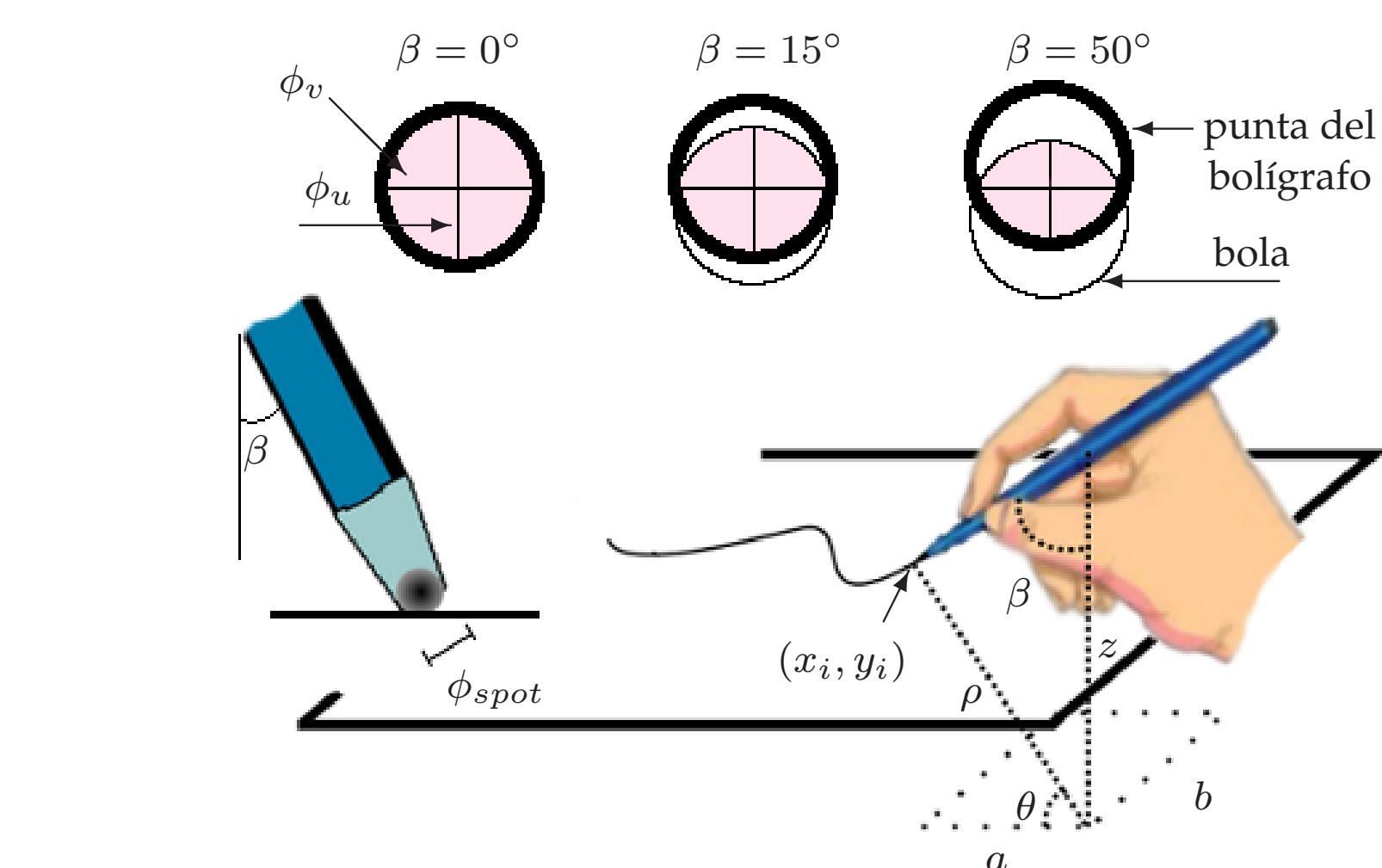
Trayectoria balística final

Filtro de Kaiser

$$h(n) = \begin{cases} \frac{I_0(\pi\beta\sqrt{1-(2n/M-1)^2})}{I_0(\pi\beta)} & \text{si } 0 \leq n \leq M \\ 0 & \text{Resto} \end{cases}$$

MODELO DE IMÁGENES DE ESCRITURA

Modelo matemático: 18 bolígrafos virtuales de bola de distintas tintas y modelado de la rugosidad del papel

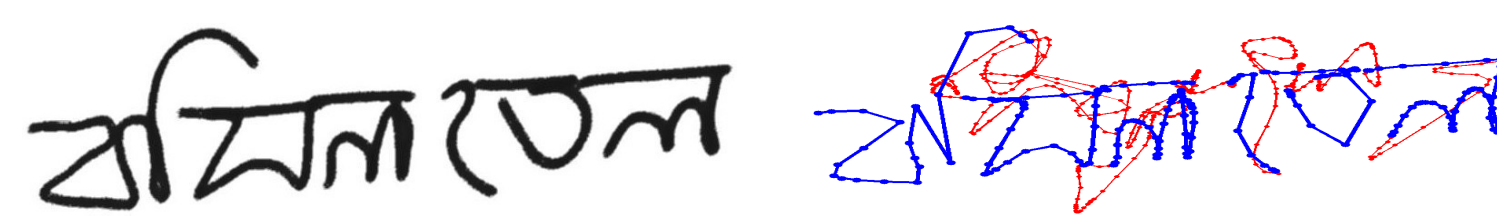


MODELO DE ESCRITURA DINÁMICA

- ✓ Teoría cinemática de los movimientos rápidos de la mano.
- ✓ Modelo Sigma-Lognormal ($\Sigma\Lambda$), R. Plamondon, 1995

$$|\vec{v}_i(t)| = \frac{D_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_i(t-t_{0_i})} \exp\left(-\frac{(\ln(t-t_{0_i})-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

$$\phi_i(t) = \theta_{s_i} + \frac{\theta_{e_i} - \theta_{s_i}}{D_i} \int_0^t |\vec{v}_i(\tau)| d\tau$$



TEST DE TURING VISUAL

- ✓ Evaluación perceptual del realismo de las firmas artificiales
- ✓ >100 participantes
- ✓ Alta confusión en reconocer firmas reales y artificiales

TCFR	TCFS	TCP
51.56 %	51.59 %	51.57 %
P = 0.098	P = 0.017	

*50 % es el valor de la máxima confusión
TCFR: Tasa de Confusión de Firmas Reales
TCFS: Tasa de Confusión de Firmas Sintéticas
TCP: Tasa de Confusión Promedio

EVALUACIÓN NUMÉRICA

- ✓ Análisis de estabilidad en la escritura
- ✓ Análisis del rendimiento en verificación automática de firmas
- ✓ Clasificadores del Estado del Arte: DTW, LS-SVM, HMM, etc
- ✓ Flujo óptico en imágenes: Horn & Shunck, 1980.

$$E = \iint [(I_x u + I_y v + I_t)^2 + \alpha^2 (\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2)] dx dy$$



REFERENCIAS RELEVANTES GENERADAS

- [1] M. Ferrer, M. Diaz-Cabrera and A. Morales, Static Signature Synthesis: A Neuromotor Inspired Approach for Biometrics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.37, no.3, pp.667-680, 2015. **Q1**
- [2] M. Diaz-Cabrera, M. Ferrer and A. Morales, Modeling the Lexical Morphology of Western Handwritten Signatures. *PLoS ONE*, 10(4): e0123254, 2015. **Q1**
- [3] J. Galbally, M. Diaz-Cabrera, M. Ferrer *et al.* On-Line Signature Recognition through the Combination of Real Dynamic Data and Synthetically Generated Static Data. *Pattern Recognition*, vol.48, pp.2921-2934, 2015. **Q1**
- [4] M. Diaz, A. Fischer, R. Plamondon *et al.* Towards an Automatic On-Line Signature Verifier Using Only One Reference Per Signer. *IEEE Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, pp. 631-635, 2015, **Best Student Paper Award**.
- [5] M. Diaz-Cabrera, M. Ferrer, A. Morales, Cognitive Inspired Model to Generate Duplicated Static Signature Images *IEEE Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, pp. 61-66, 2014, **Best Student Paper Award**.

Más referencias relacionadas con la tesis:



JUEGO: ¿REAL O ARTIFICIAL?

¿Qué firma es real y cuál es artificial?



RECURSOS HUMANOS

TUTORES:

Prof. Miguel A. Ferrer Ballester (ULPGC), Dr. Aythami Morales Moreno (UPM, Madrid), Prof. Rafael Pérez Jiménez (ULPGC)

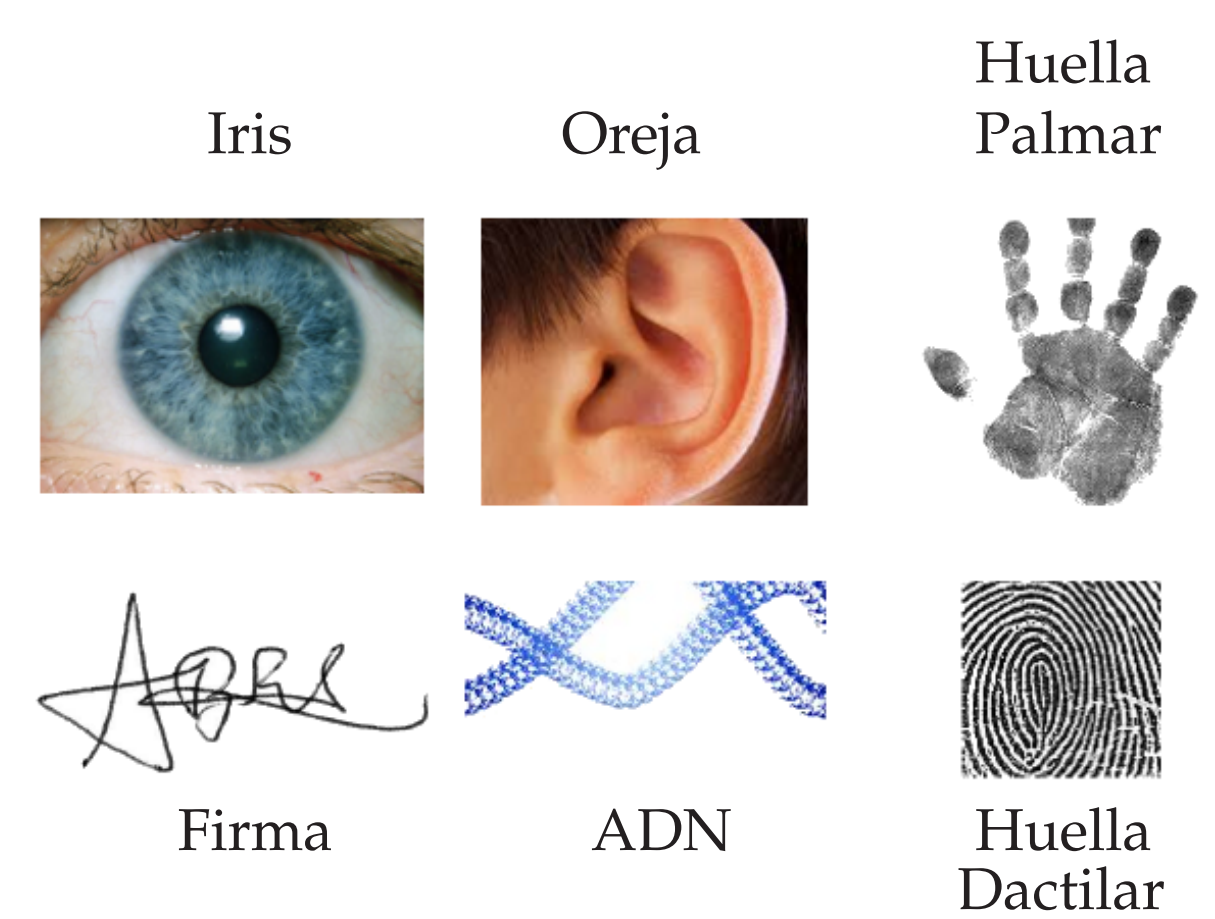
COLABORADORES:

Canadá: Prof. Réjean Plamondon, Prof. Robert Sabourin; **USA:** Dr. George Eskander; **España:** Prof. Julian Fierrez, Dña. Marta Gomez, Dra. Cristina Carmona, Dra. Patricia Henríquez; **Polonia:** Prof. Kanstantsin Miatliuk; **Italia:** Prof. Giuseppe Pirlo, Prof. Donato Impedovo, Dr. Javier Galbally; **Suiza:** Dr. Andreas Fischer; **UK:** Dr. Gordon Thomas; **India:** Prof. Uma-pada Pal, Dr. Sukalpa Chanda; **Australia:** Prof. Michael Blumenstein.

TRASFERENCIAS INNOVATIVAS

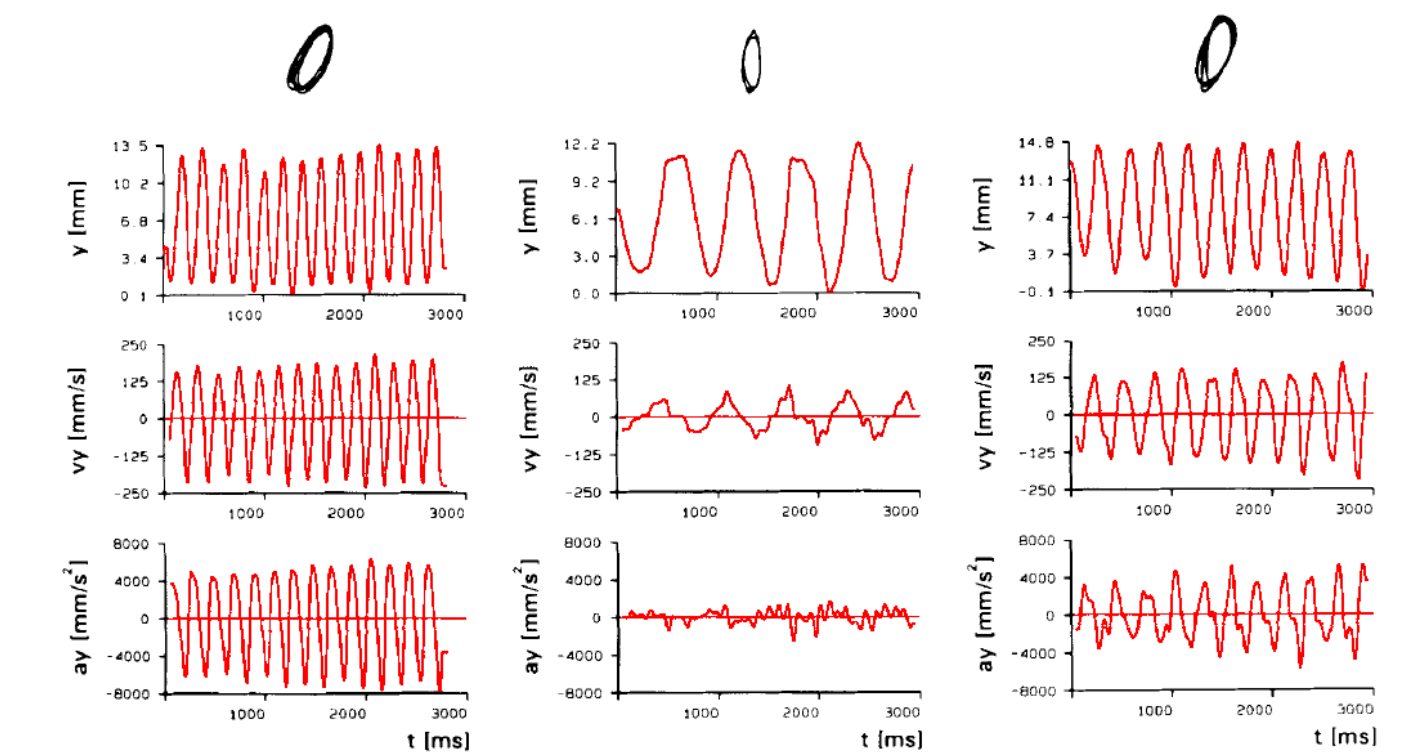
1. BIOMETRÍA

- ✓ Mejora a la precisión de los sistemas de reconocimiento biométrico
- ✓ Aprendizaje automático con menos molestias al usuario
- ✓ Canal dinámico y estático al mismo tiempo
- ✓ Datos artificiales creados desde la perspectiva cognitiva



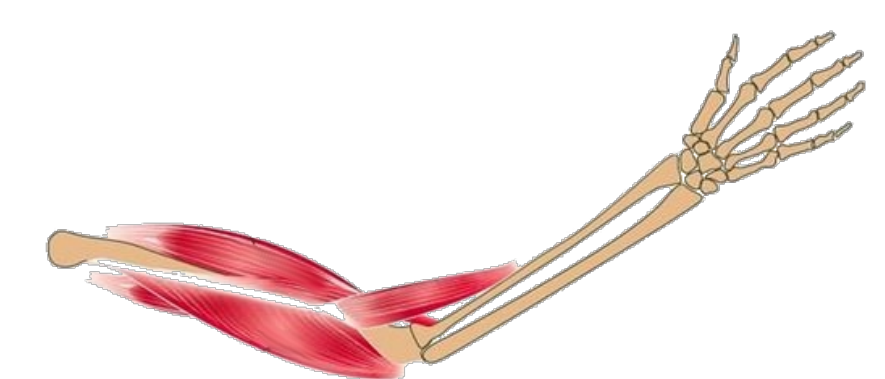
2. NEUROLOGÍA

- ✓ Detección de desórdenes en el movimiento
- ✓ Primeros screenings
- ✓ Enfermedad del Parkinson



3. TERAPIA

- ✓ Rehabilitación
- ✓ Medidas objetivas para el desarrollo visual-muscular-esquelético
- ✓ Ejercicios de escritura
- ✓ Ayuda en la parálisis cerebral



4. EDUCACIÓN

- ✓ Evaluación de los procesos motores y desórdenes de coordinación
- ✓ Ejercicio de escritura para niños
- ✓ Desarrollo del proceso motor



5. FORENSE

- ✓ Peritaje caligráfico
- ✓ Generación artificial de manuscrito equivalente
- ✓ Análisis de documentos dinámicos y escaneados

