



Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

**LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS**

Electiva: Ingeniería Biomédica

Fabian Rodrigo Castro Forero
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Escuela Ingeniería Electrónica
fabian.castro@uptc.edu.co

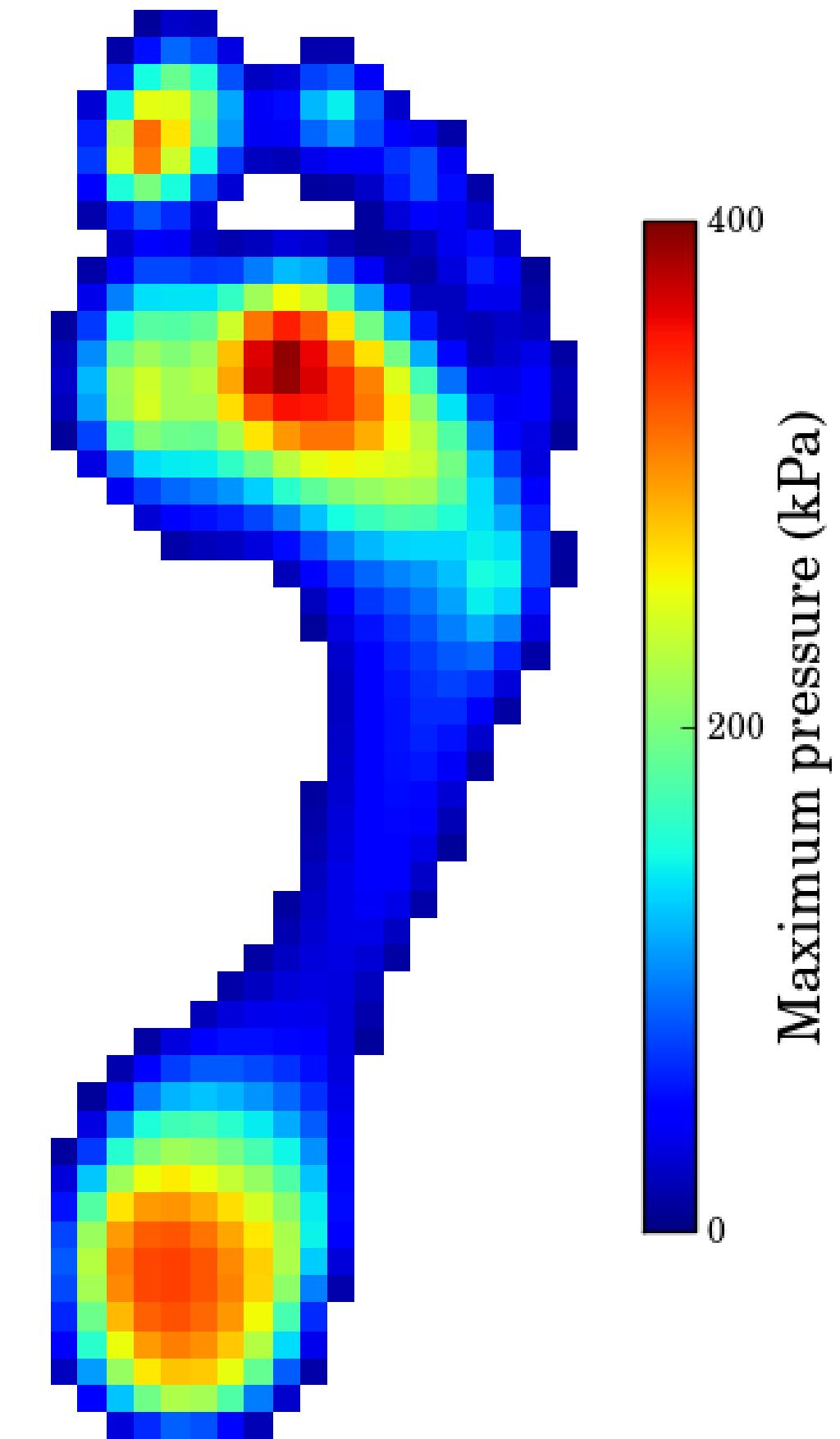
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

www.uptc.edu.co



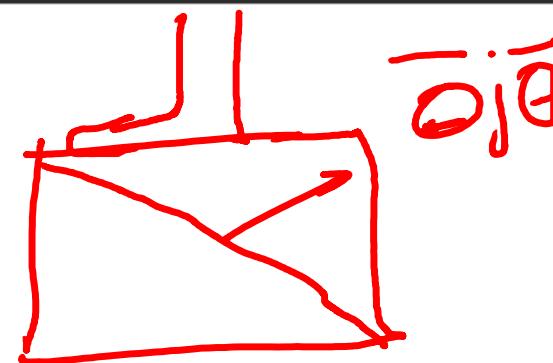
Unidad 2.2: Baropodometro

- Baropodometro
- Sensores Utilizados
- Matrices de Sensores
- Circuito Baropodometro
- Caracterización Sensores





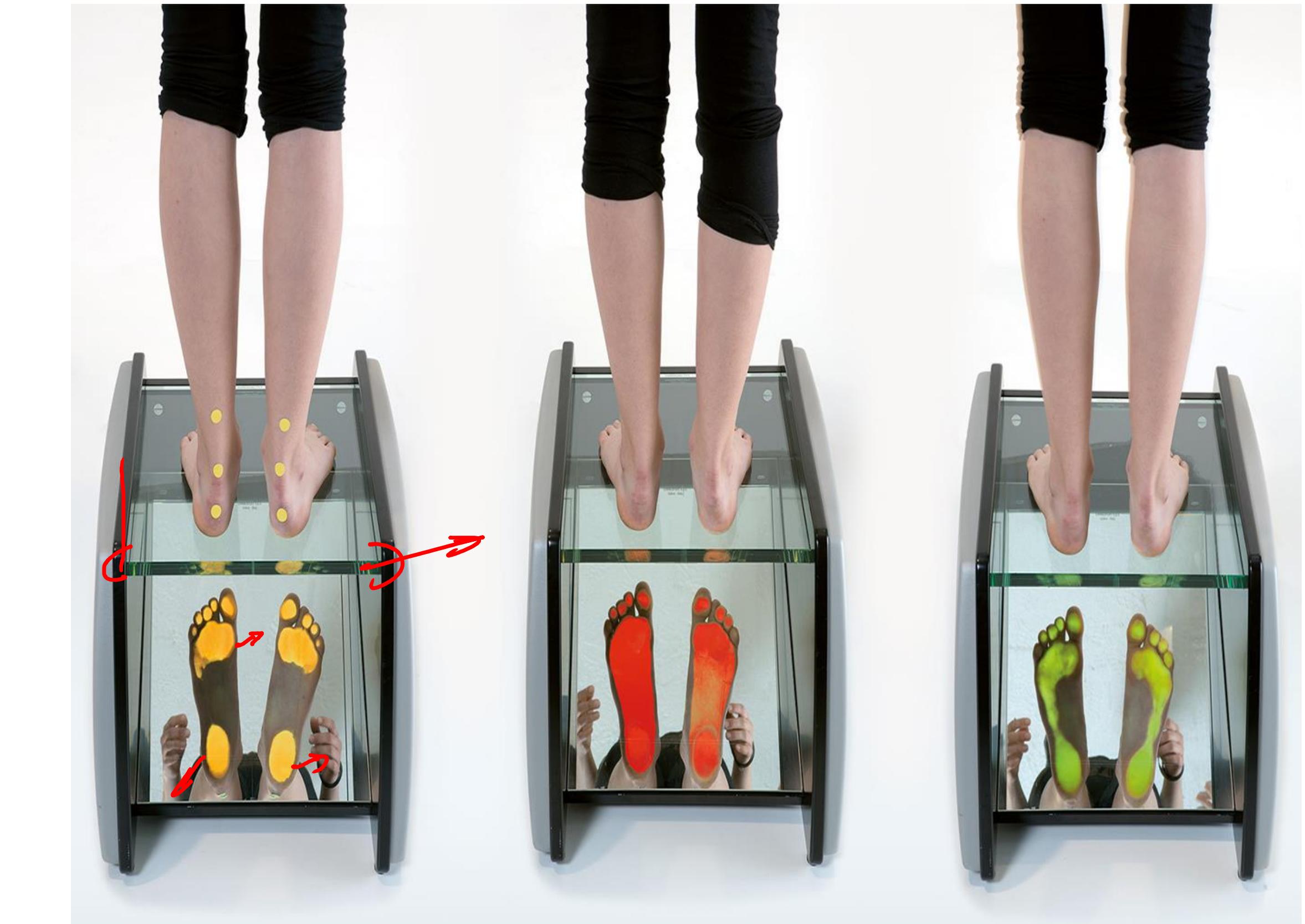
Distribuciones de presión en la región plantar



Pedigrafía



Podoscopio





Baropodometría

Baro = presión ----- Podo = pie ----- Metria = medida

- Utilizado para medir las distribuciones de presión en la región plantar.
- Plantar Pressure Measurement System – PPM System





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS
VIGILADA MINEDUCACIÓN

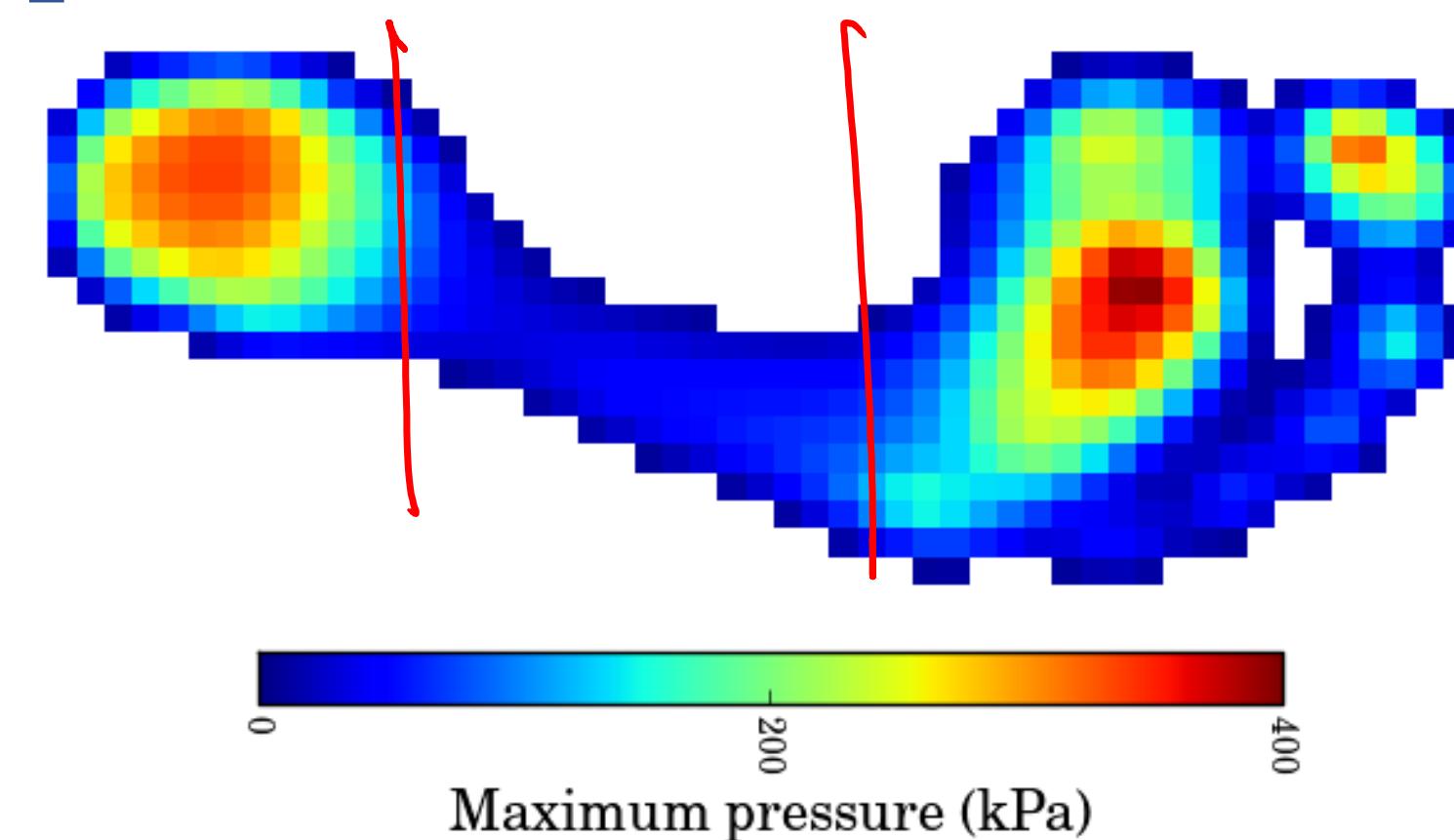
LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Plataformas de medición de presión plantar



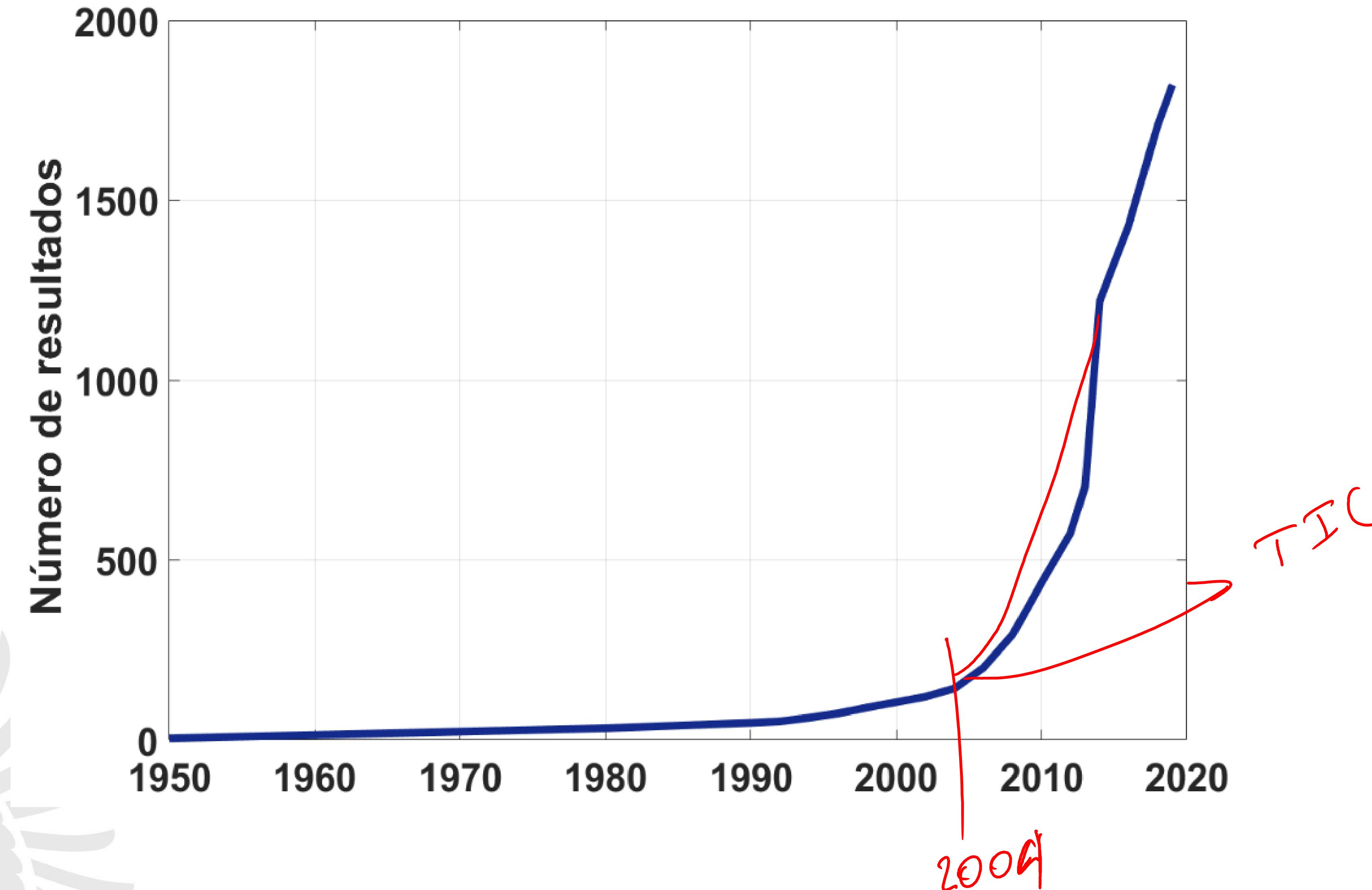
Baropodometro

- Evaluar la postura del paciente en la posición ortostática, o sea, en pie;
- Disfunciones del equilibrio y la estabilidad;
- División de cargas en condiciones ortostáticas;
- Análisis dinámico de la marcha y su distribución de carga durante el paso;
- Picos de presión y tiempos de contacto con el suelo.





Baropodometro





Baropodometro

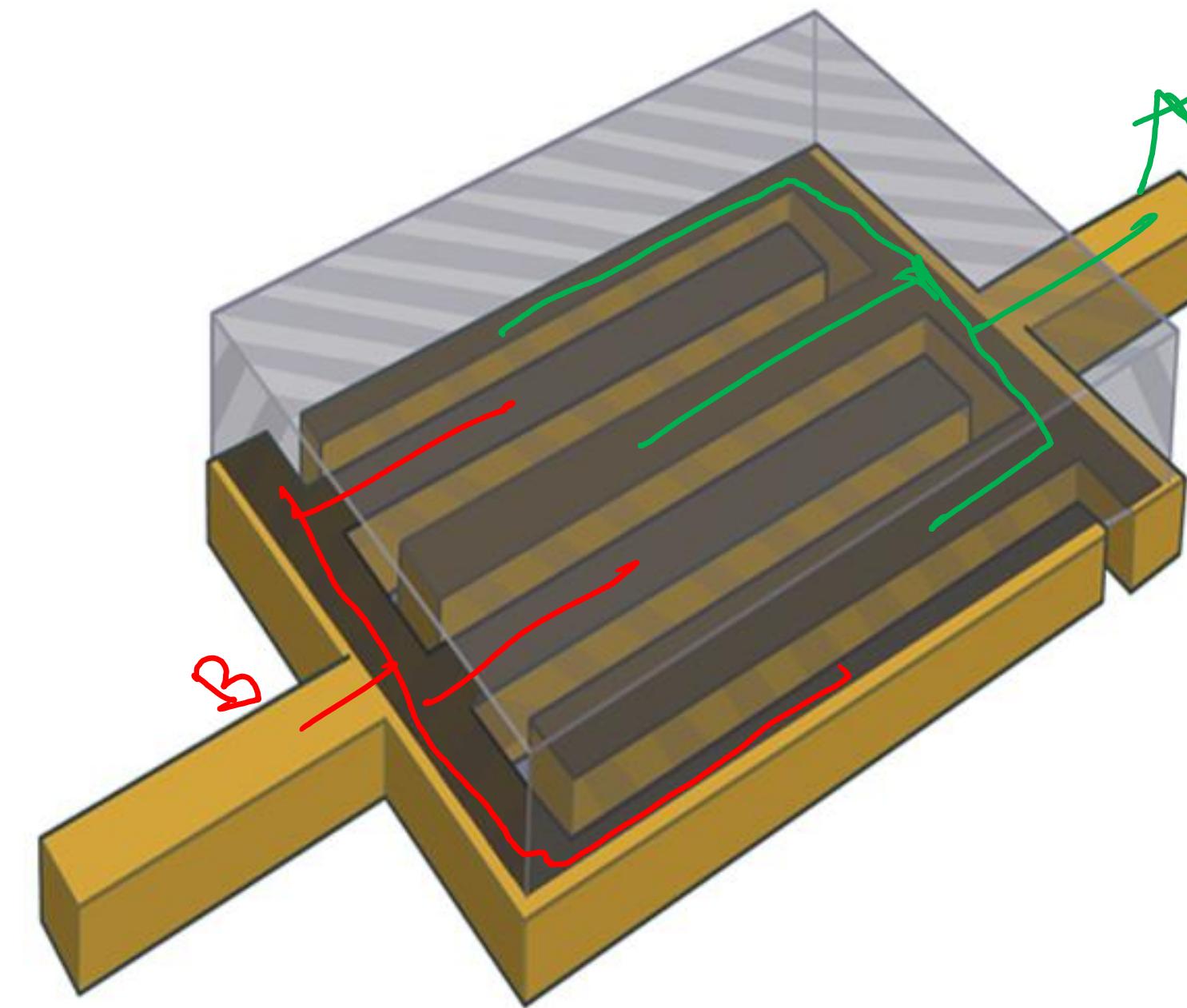
Sensores Piezoresistivos, Piezoeléctricos y Capacitivos

Tekson

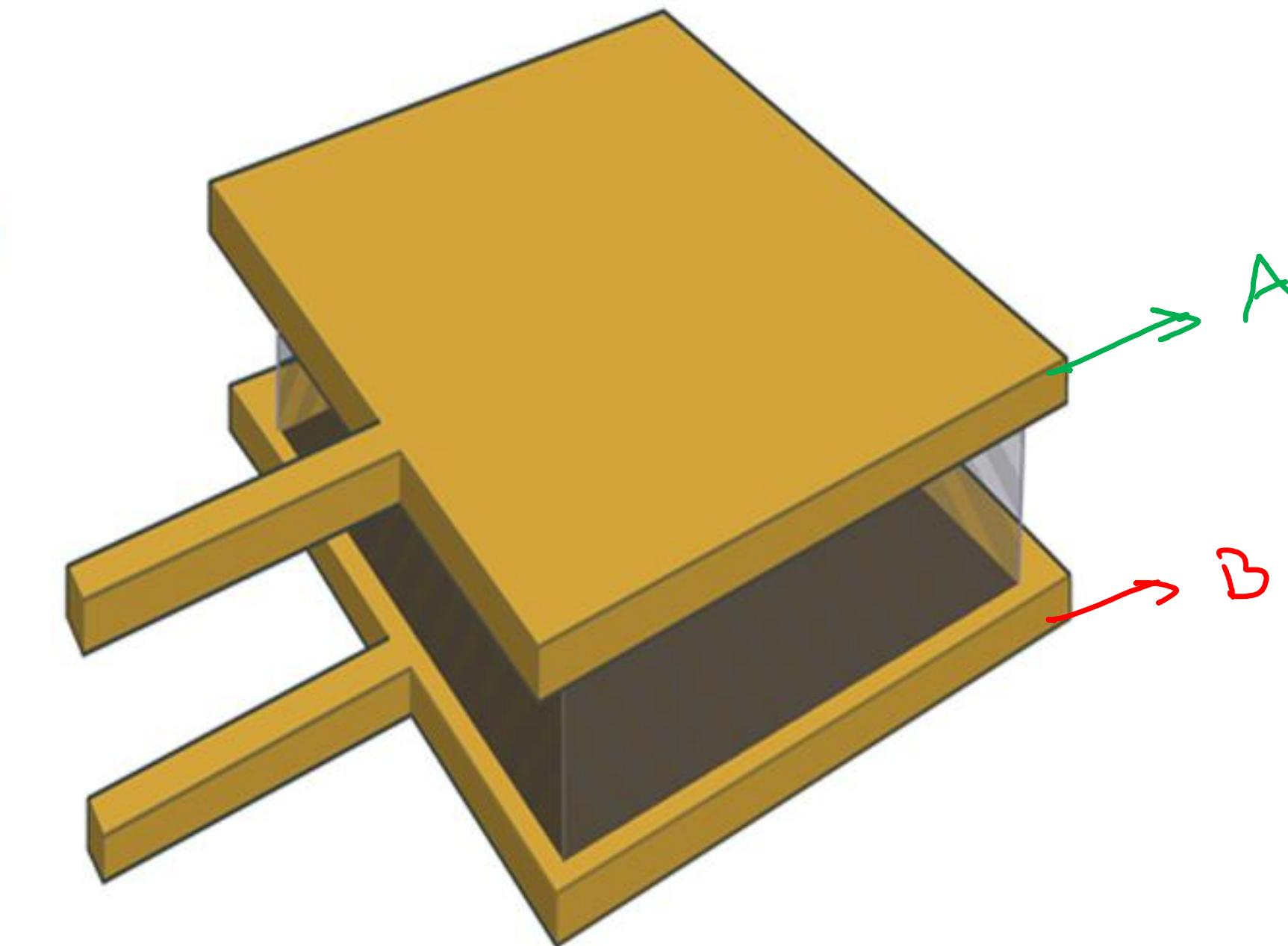
Generan/Tcons.
Newton
eléctricos

Novel

Resistivo
Capacitivo



Interdigital



Superficial



Uptc®

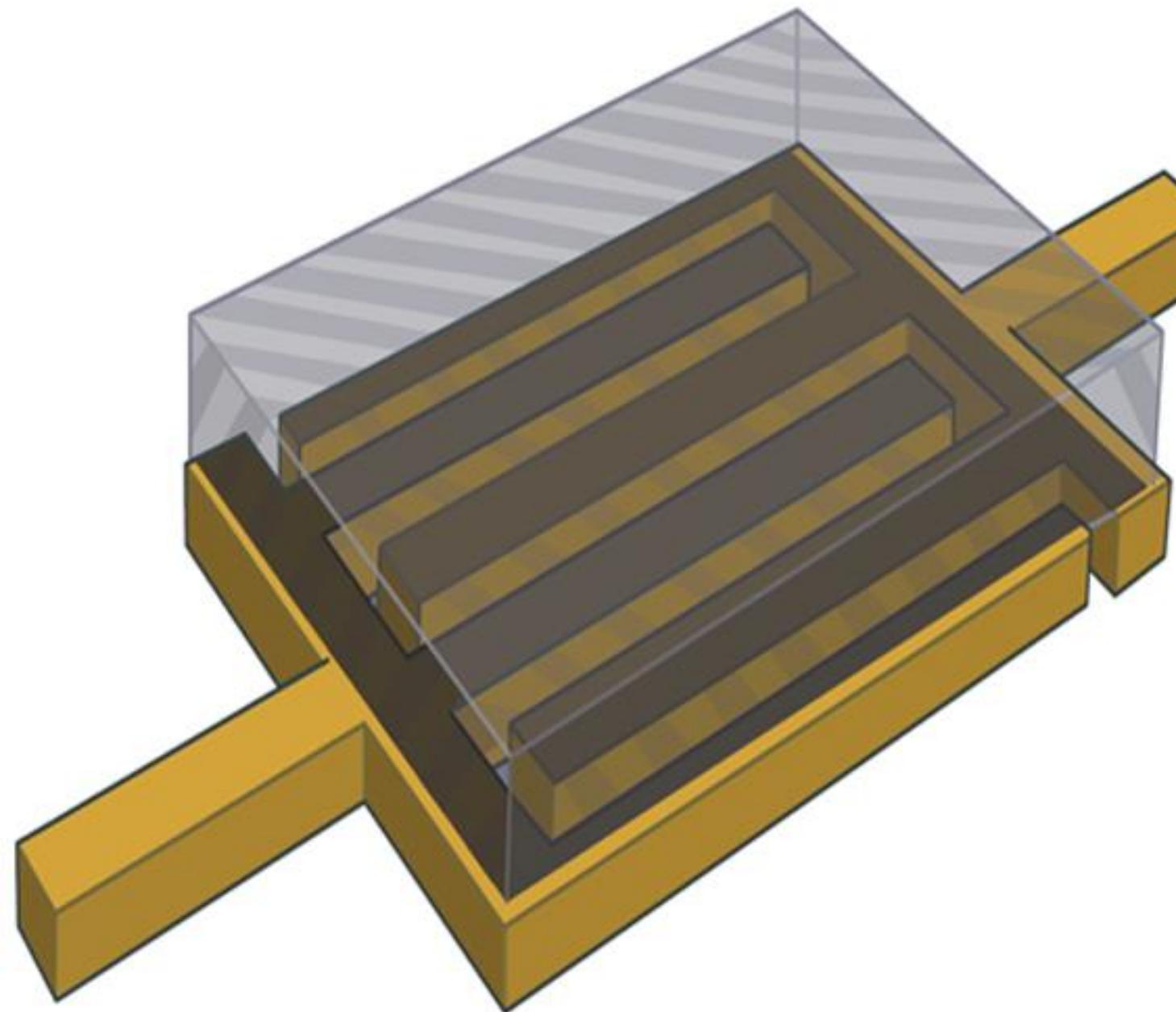
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

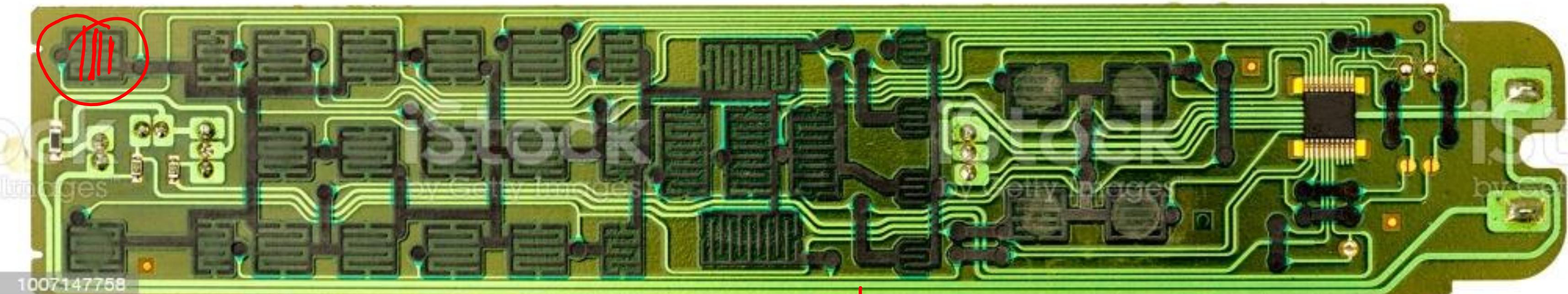
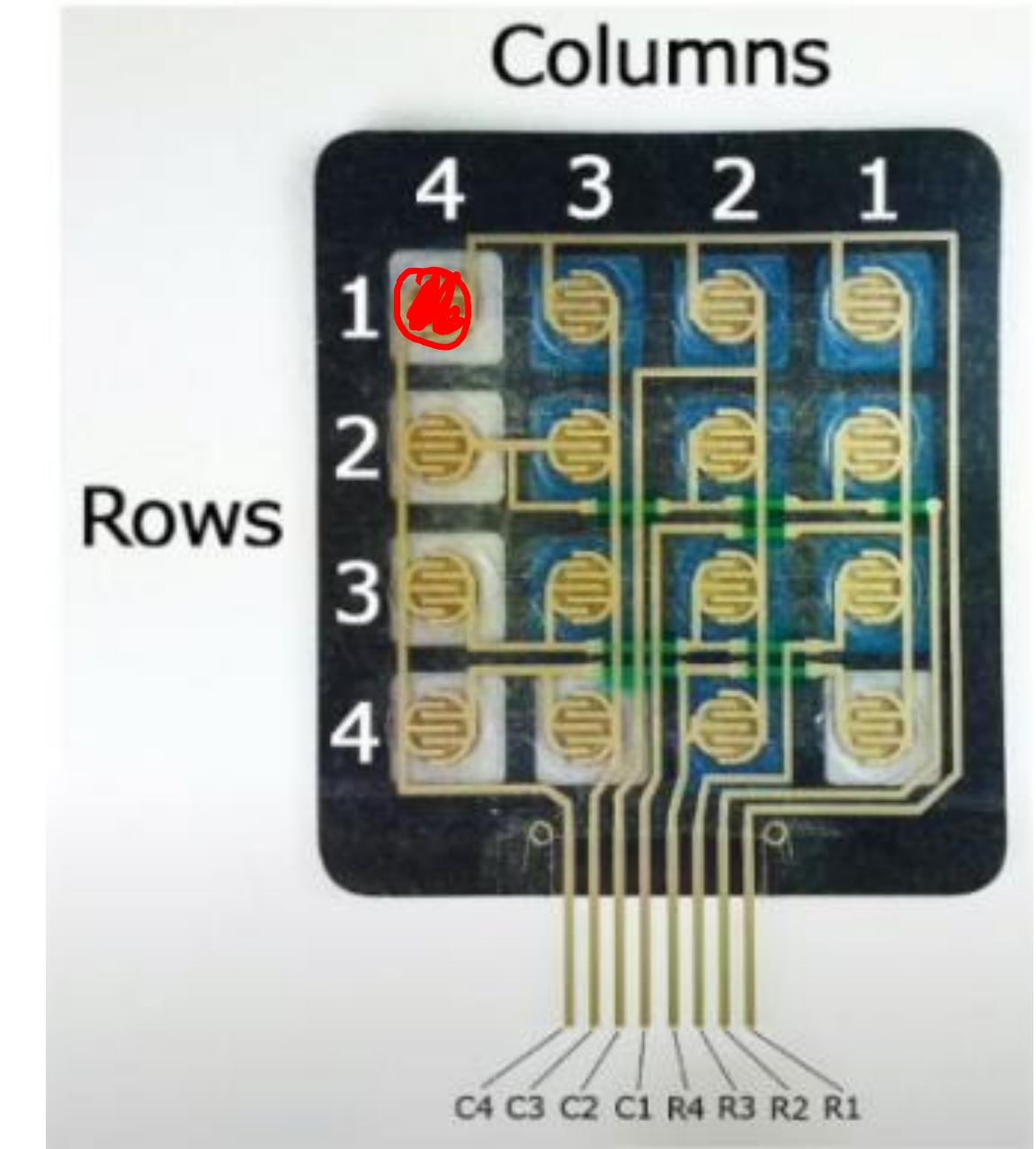
Sensores Piezoresistivos



Interdigital



Resistive Film



Control Remoto



Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

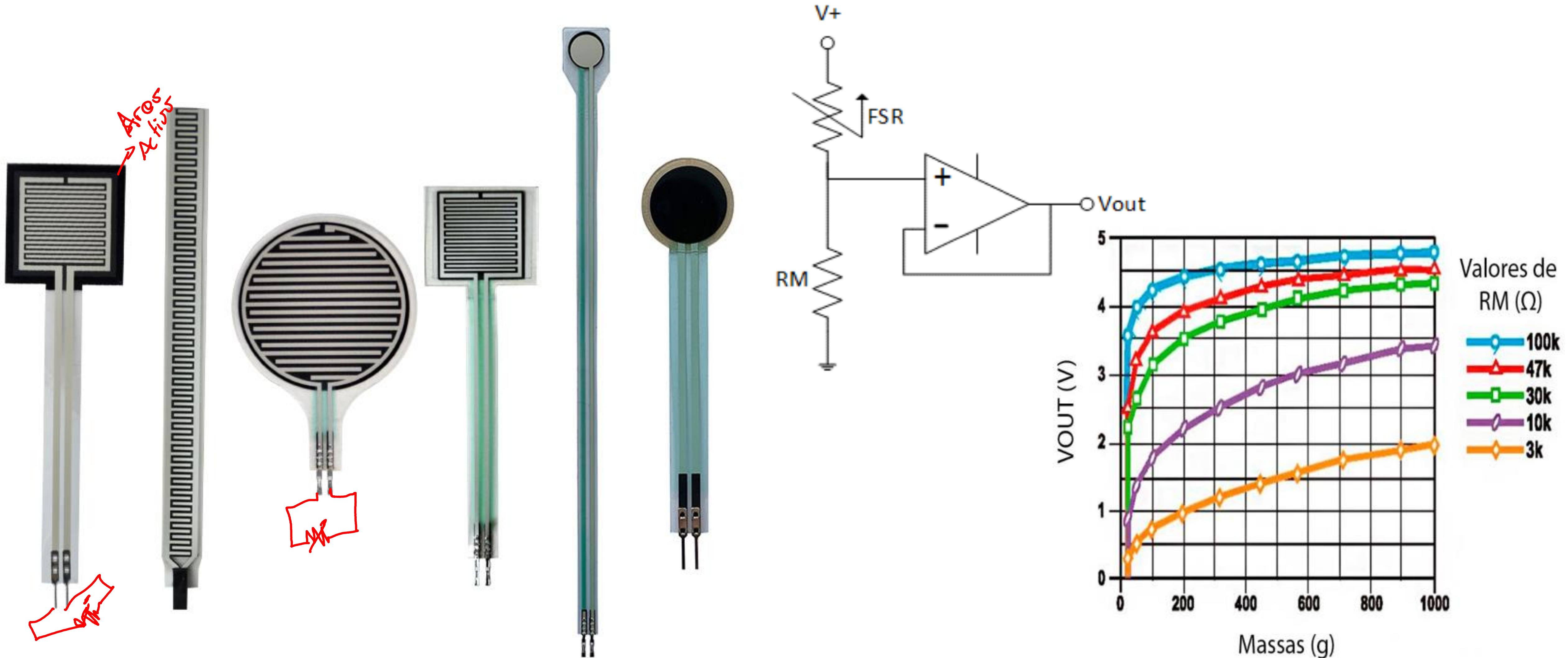
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sensores Piezoresistivos

FSR – Force Sensing Resistor





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

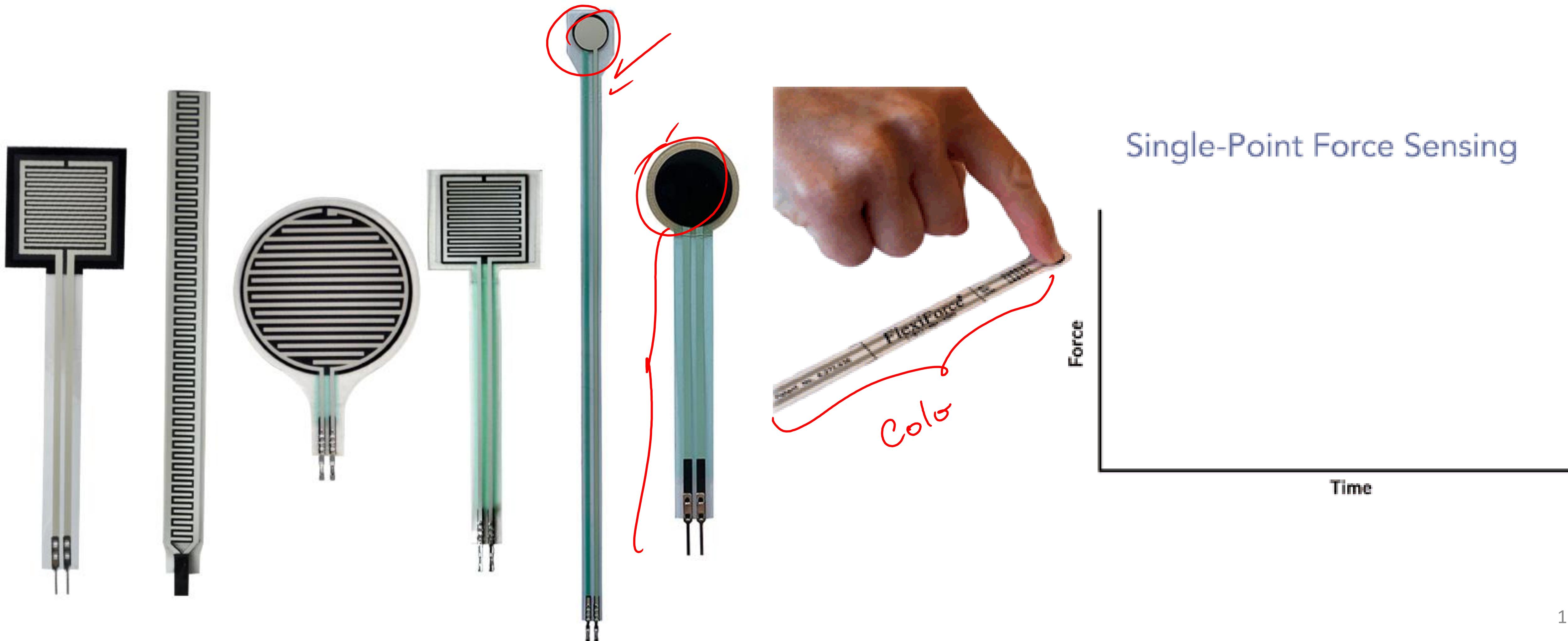
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sensores Piezoresistivos

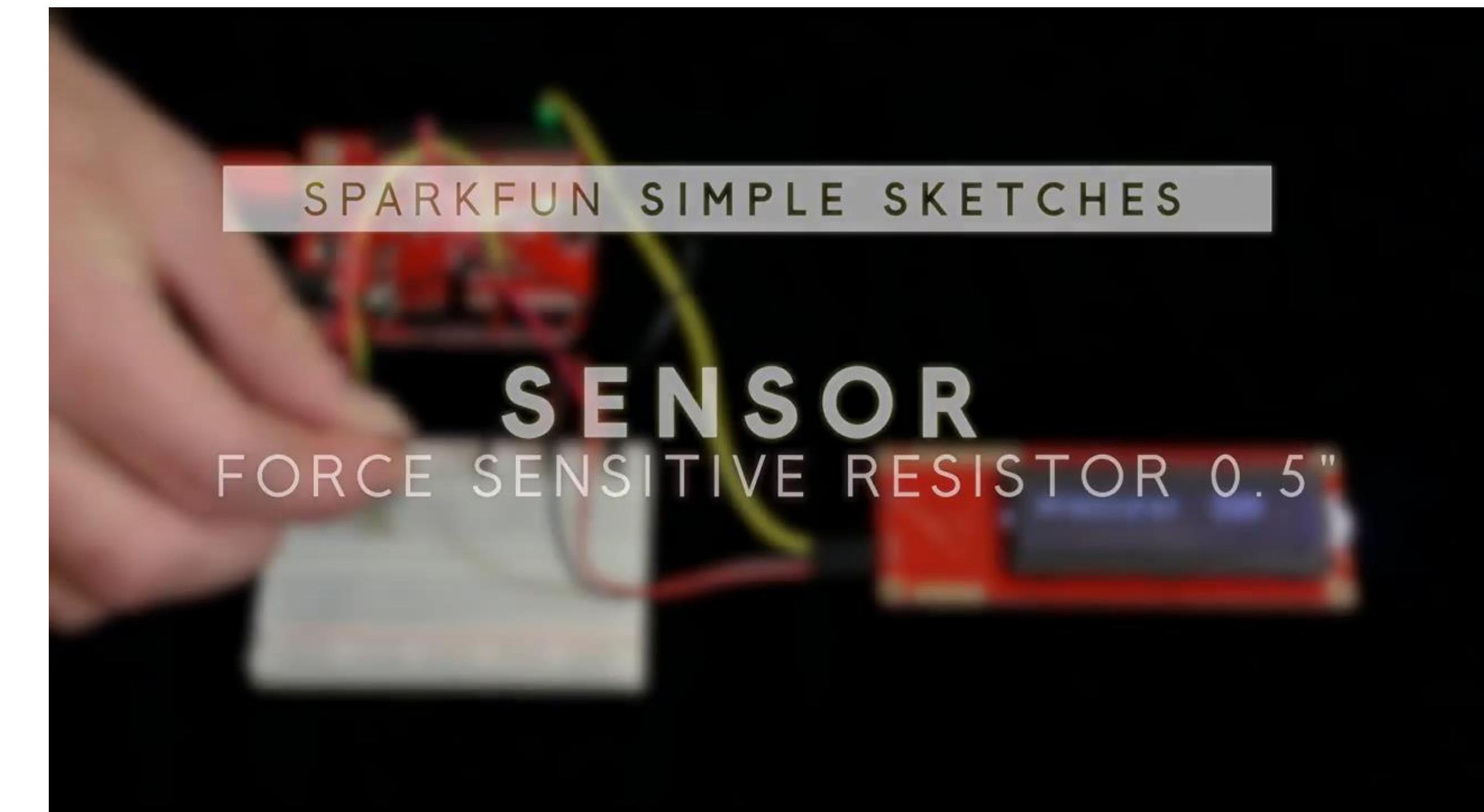
FSR – Force Sensing Resistor





Sensores Piezoresistivos

FSR – Force Sensing Resistor



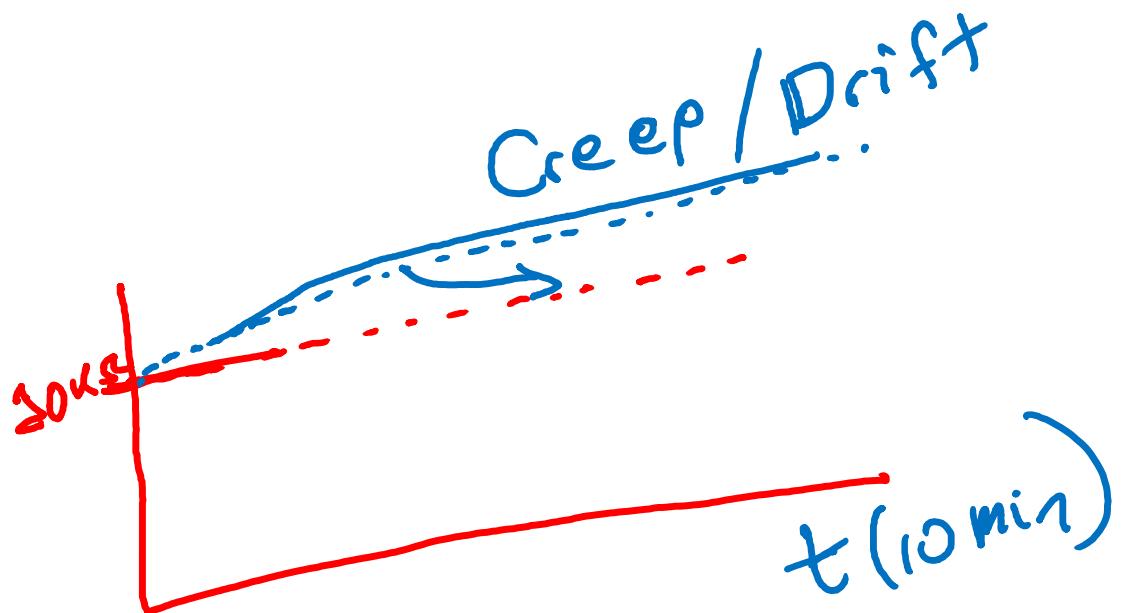


Sensores Piezoresistivos

FSR – Force Sensing Resistor

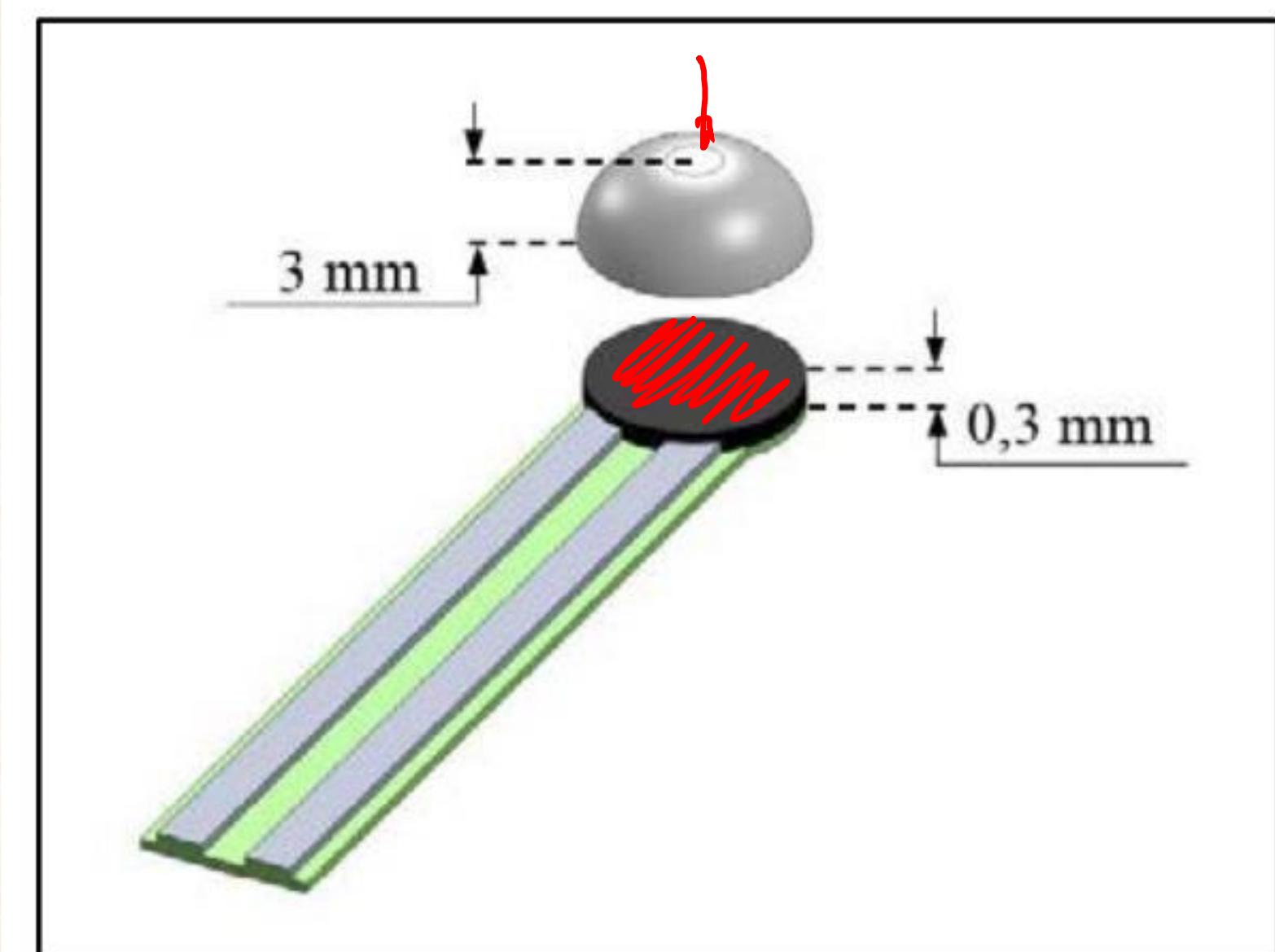
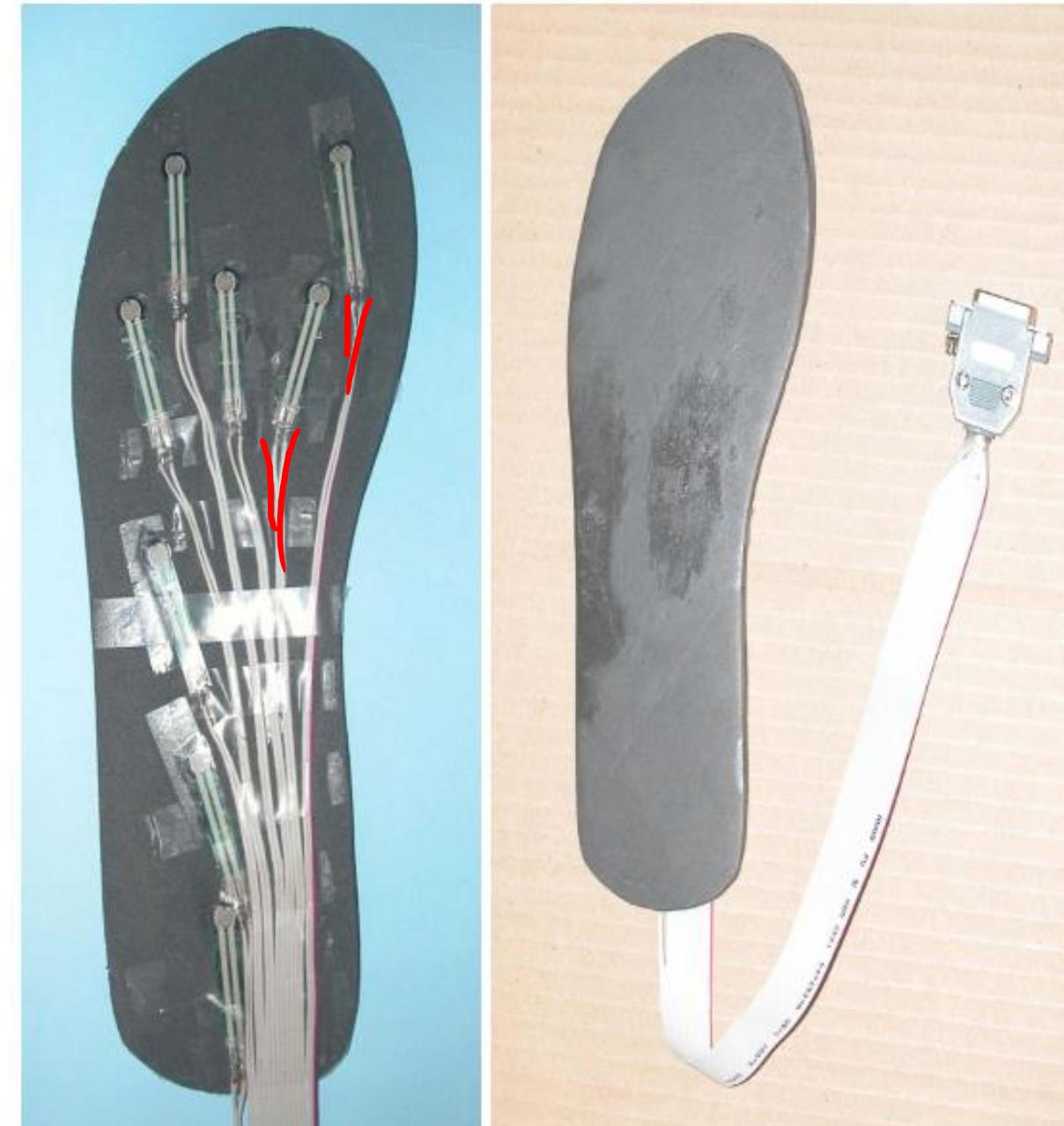
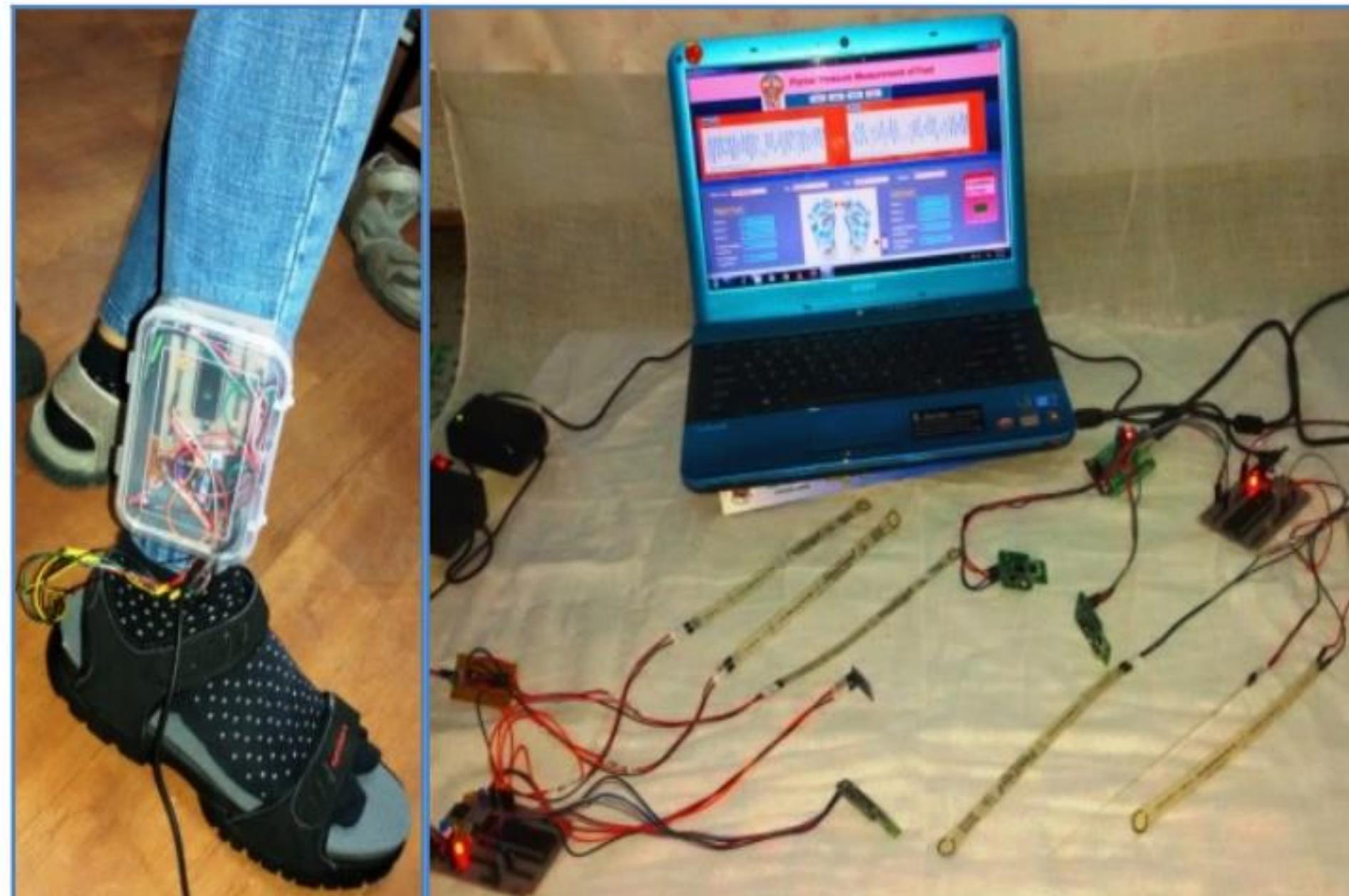
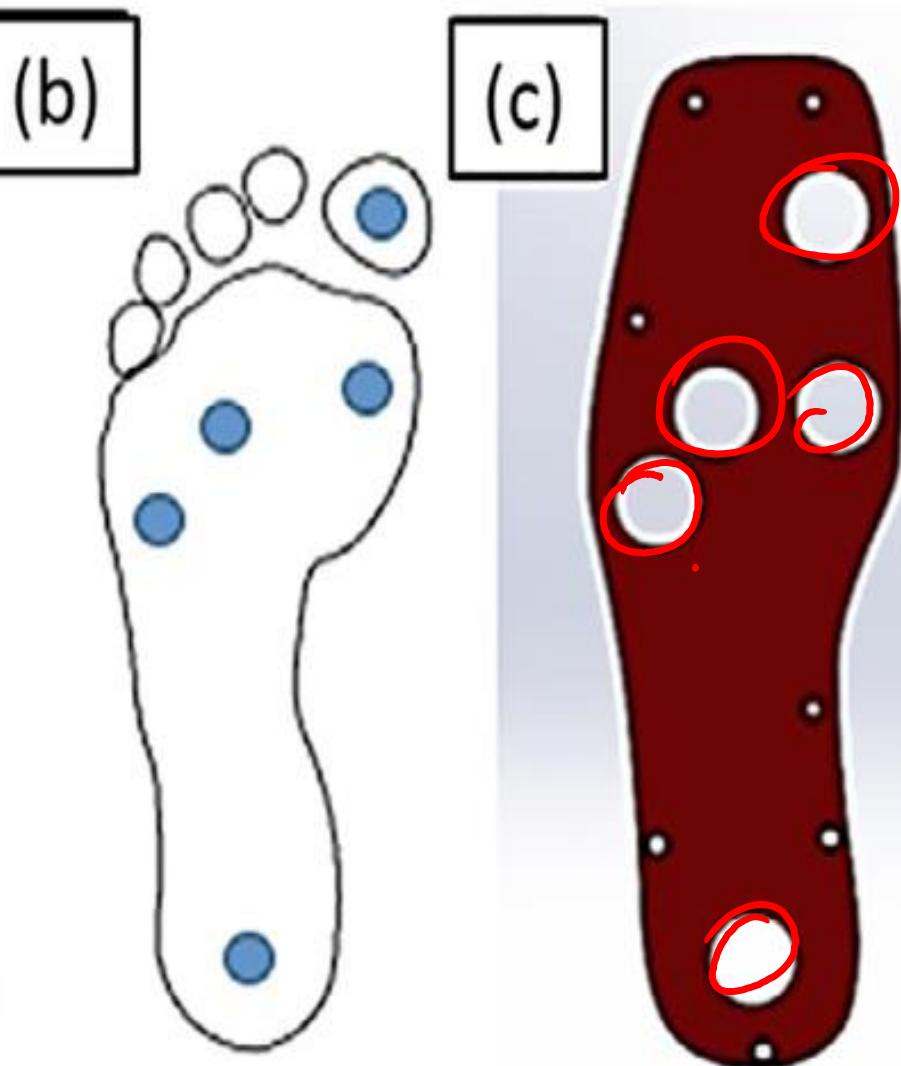
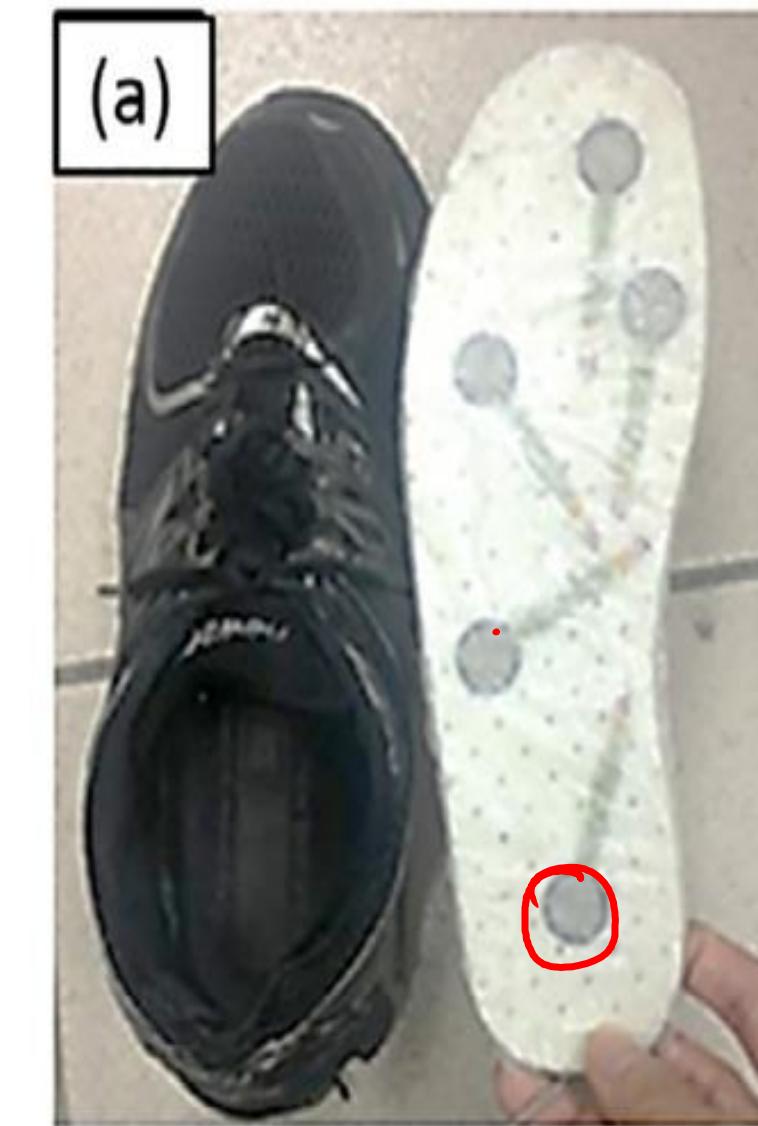
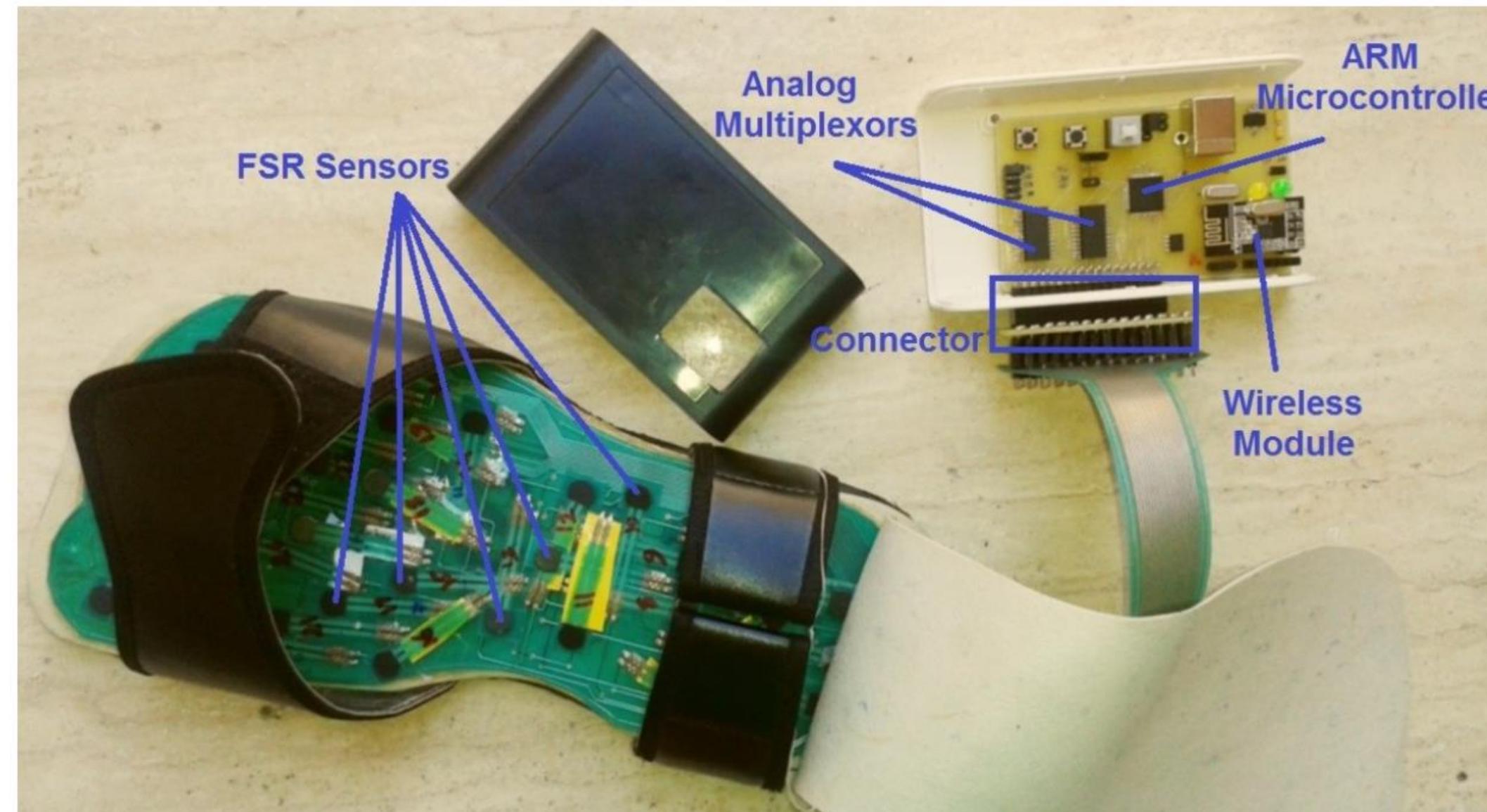
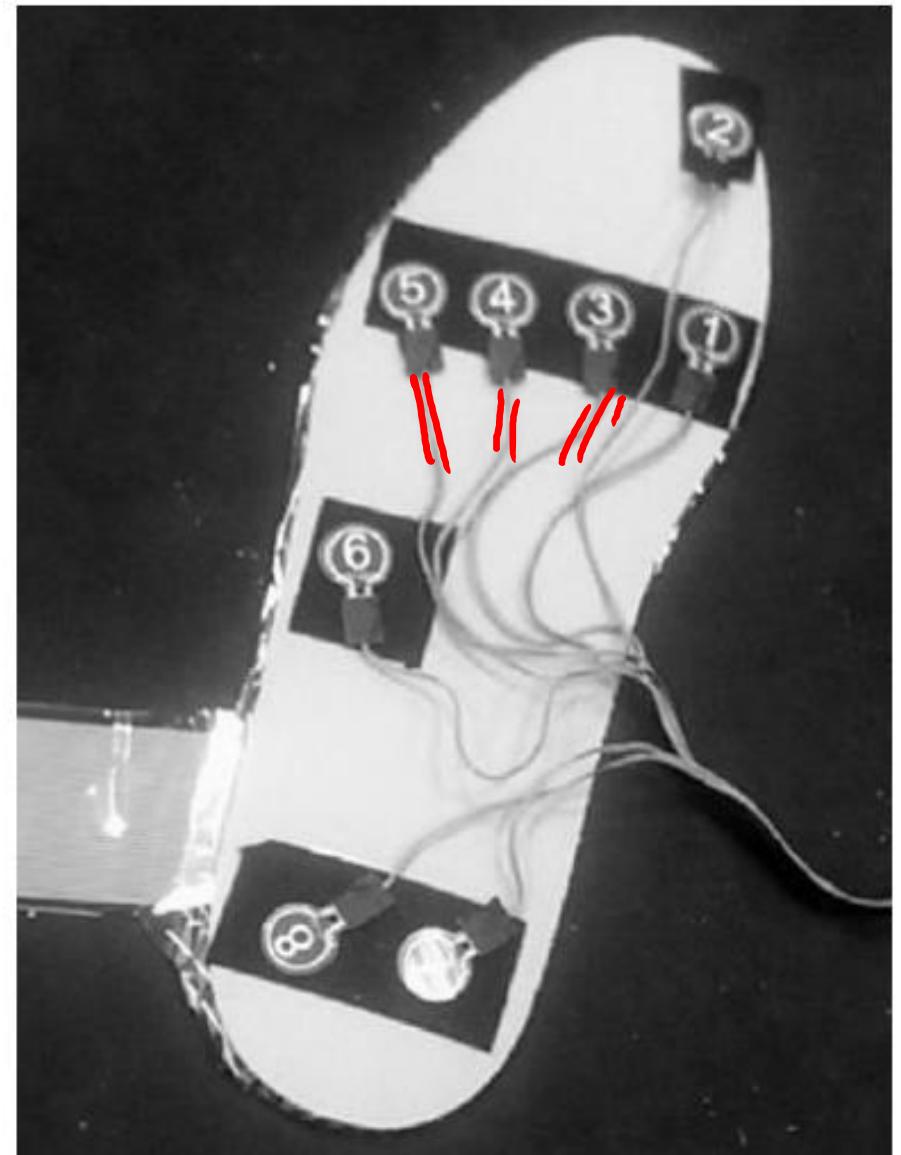


- Histéresis;
- Creep;
- Dependencia de la Temperatura;
- Fragilidad;
- Respuesta NO Homogénea
- Vida útil limitada.

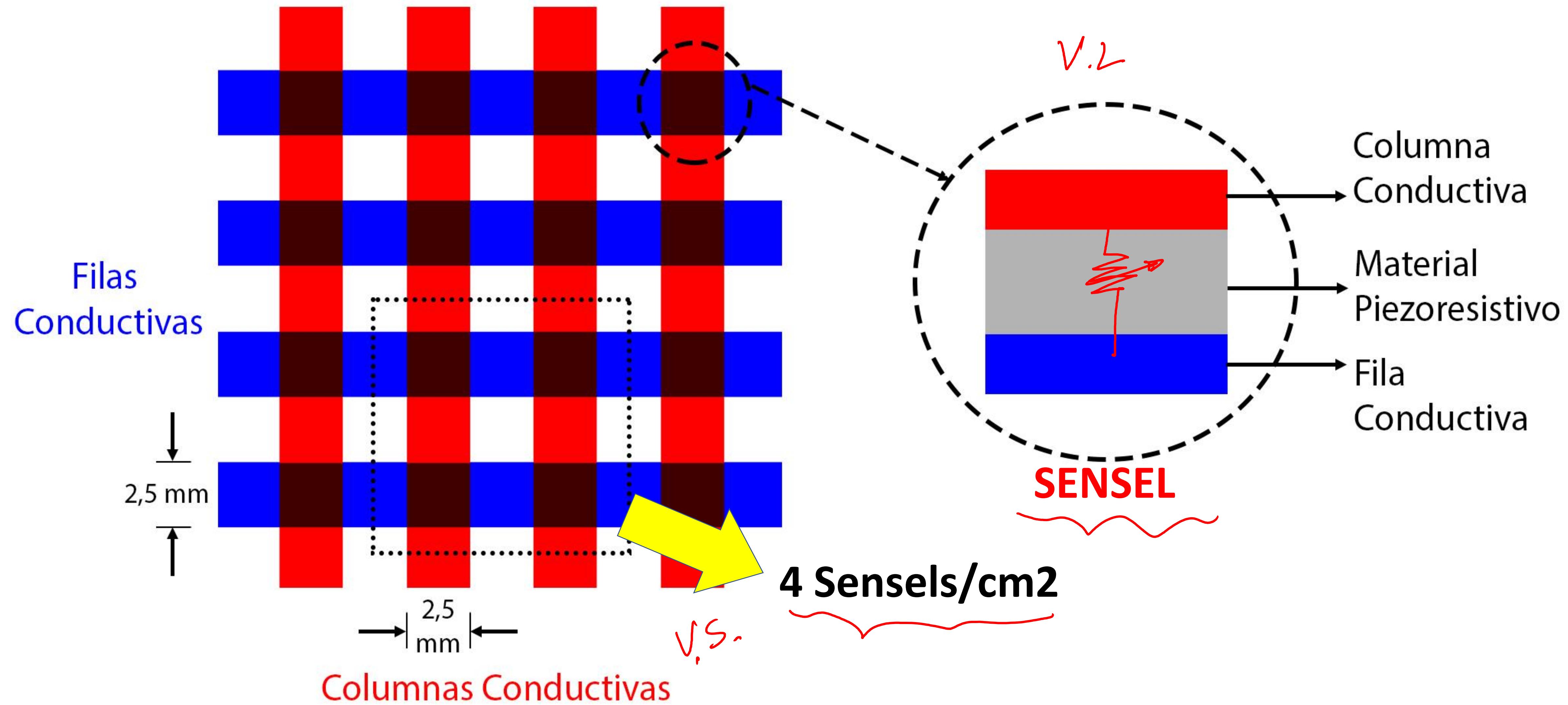




FSR – Force Sensing Resistor



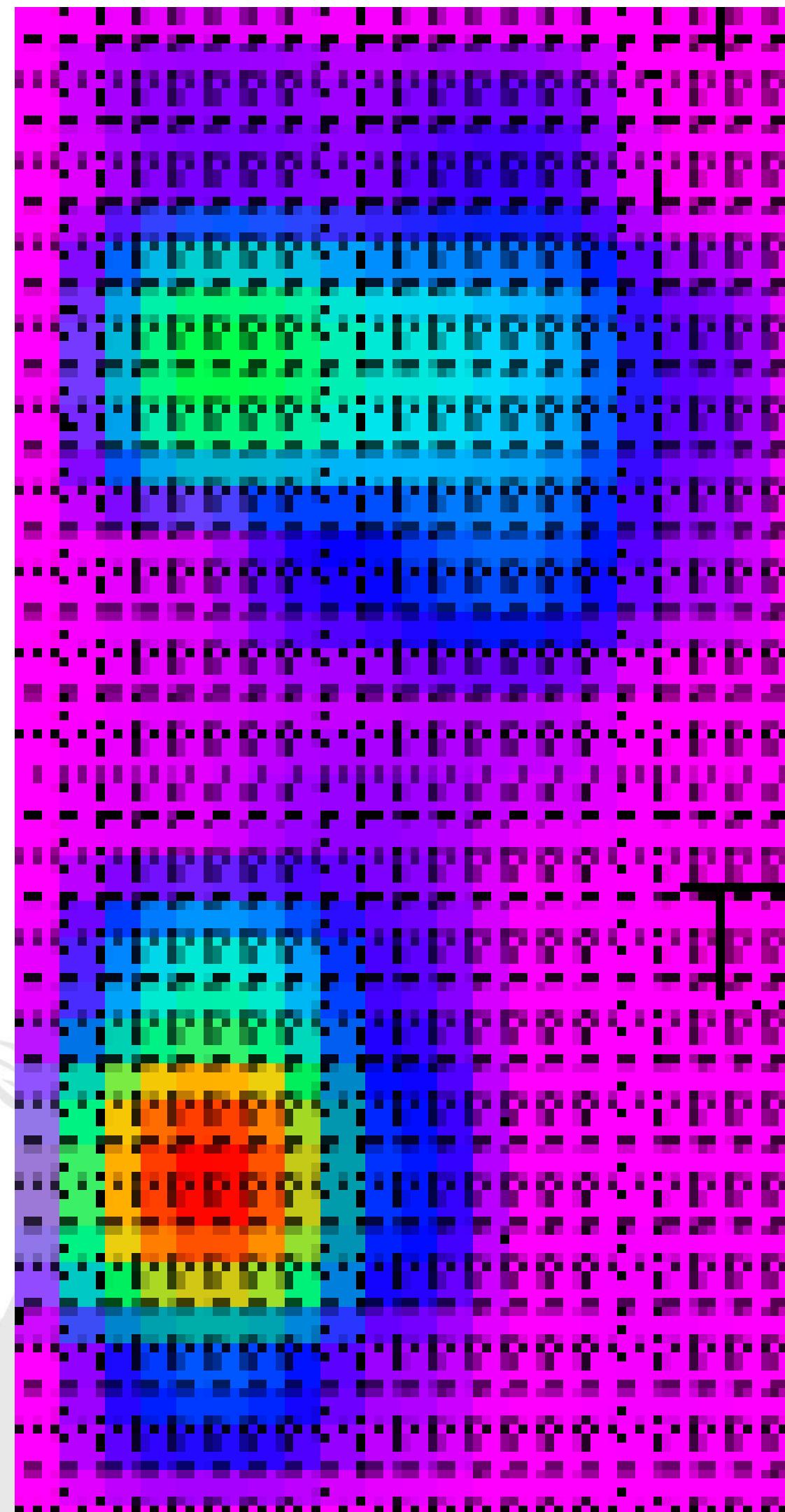
MATRIZ DE SENSORES



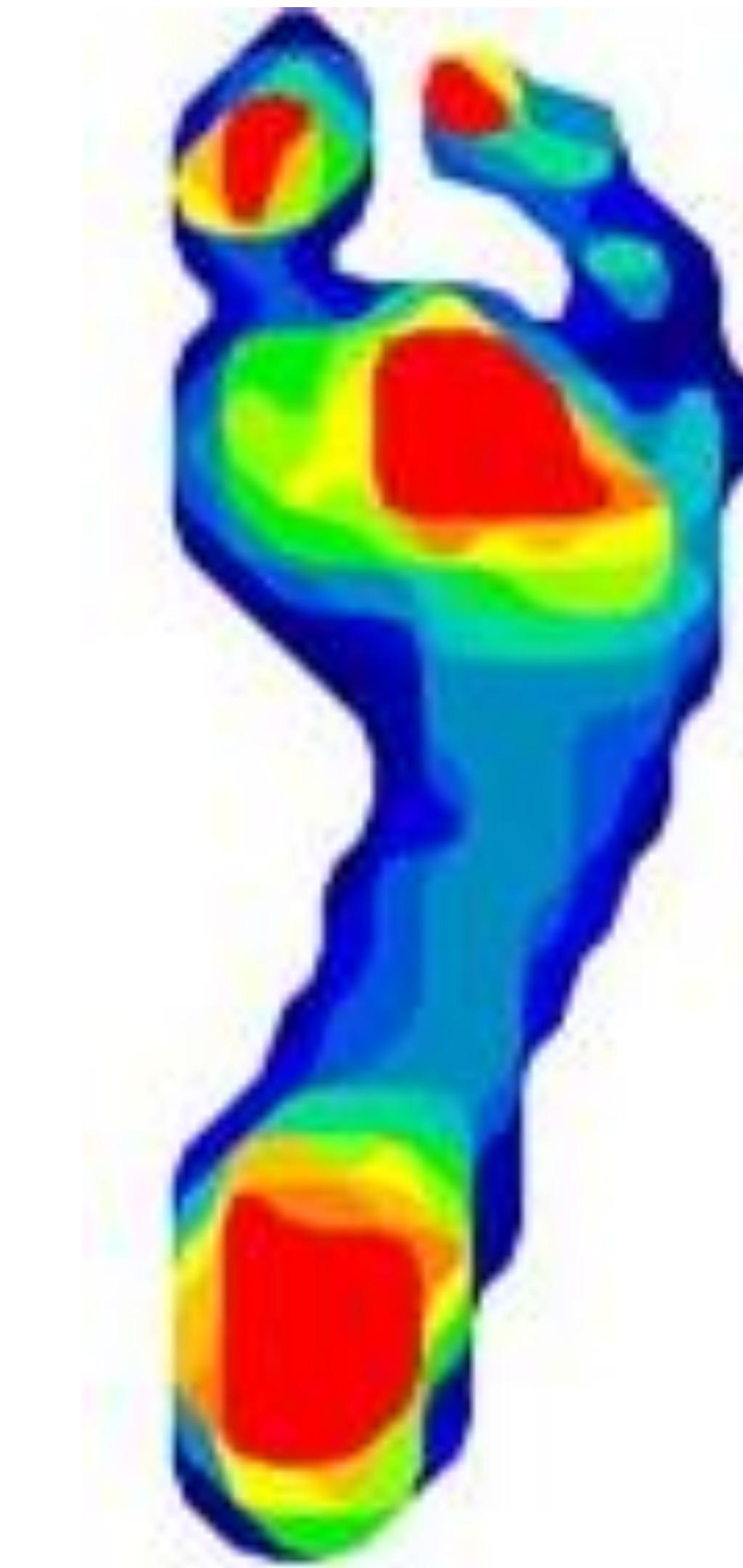


MATRIZ DE SENSORES

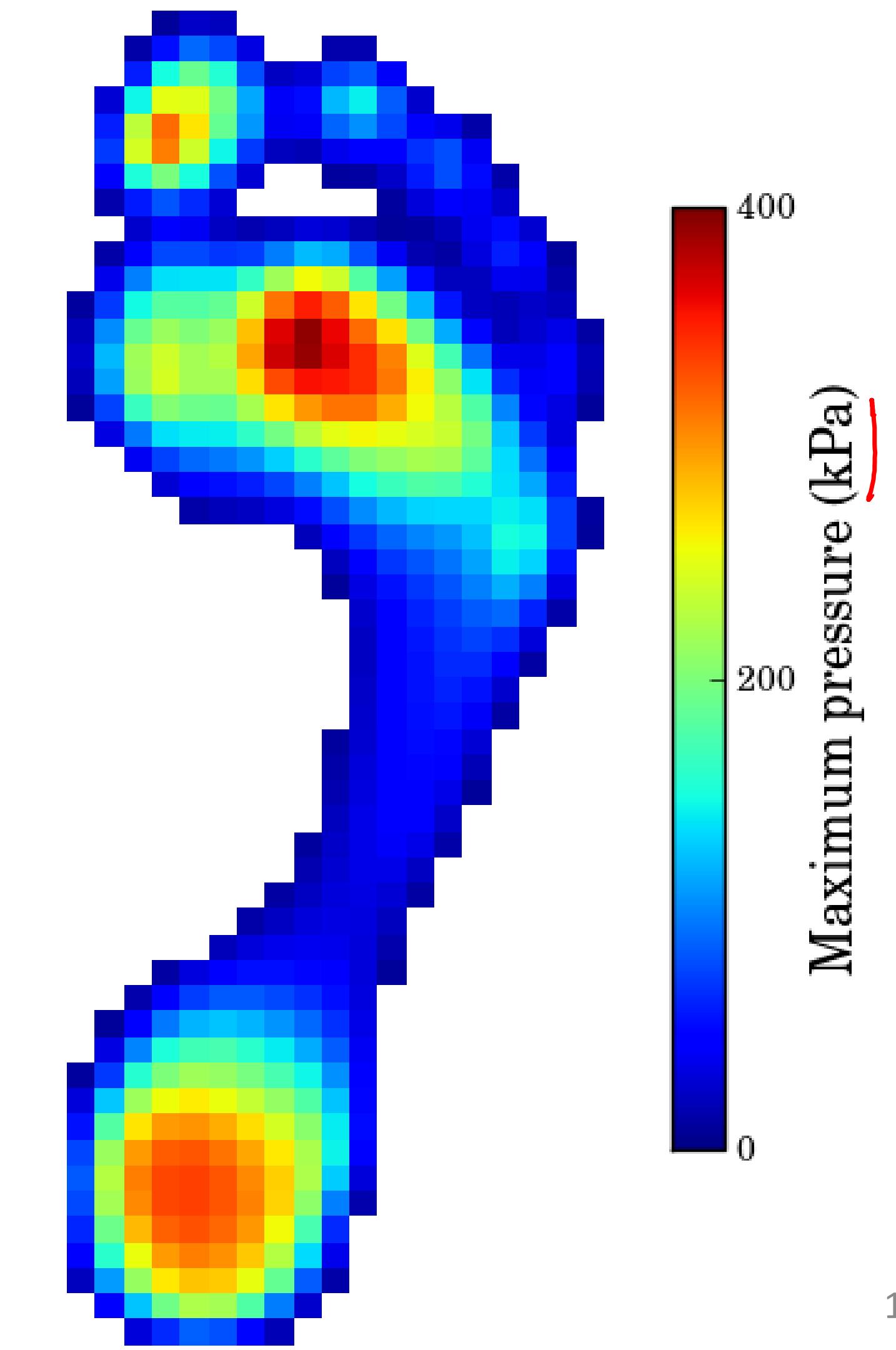
Baja



Média

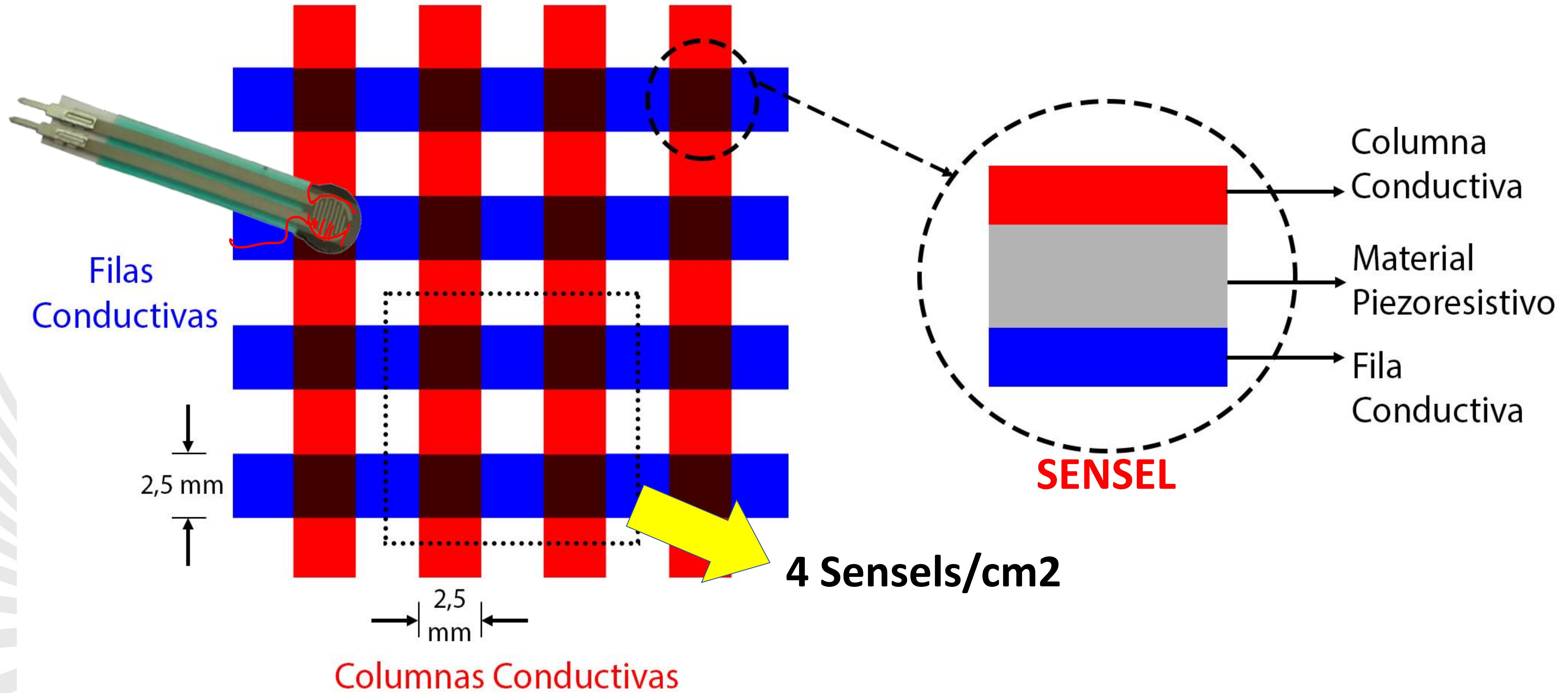


Alta



400
200
0
Maximum pressure (kPa)

MATRIZ DE SENSORES





MATRIZ DE SENSORES



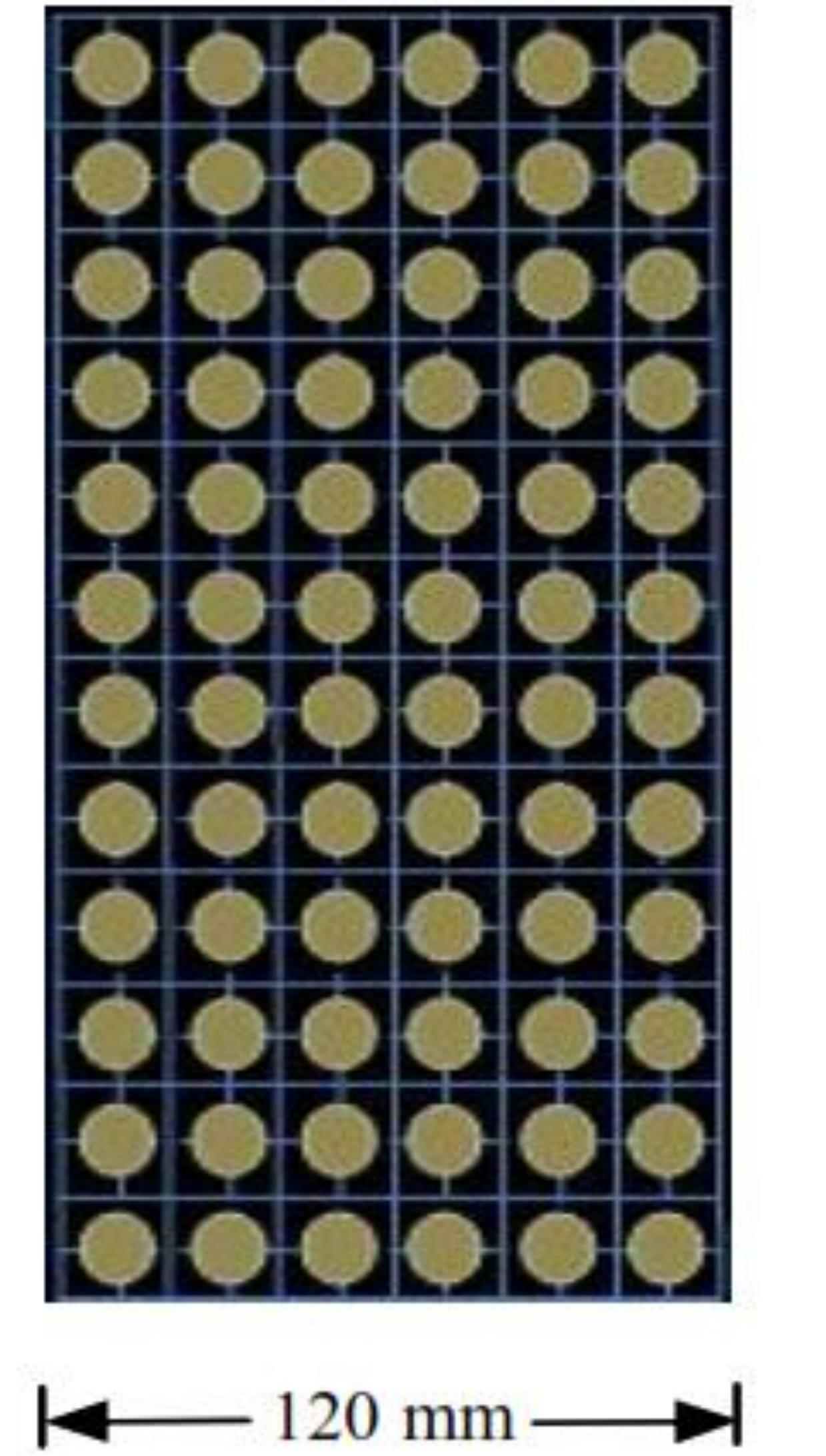


MATRIZ DE SENSORES





MATRIZ DE SENSORES





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS

RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

MATRIZ DE SENSORES

a



b

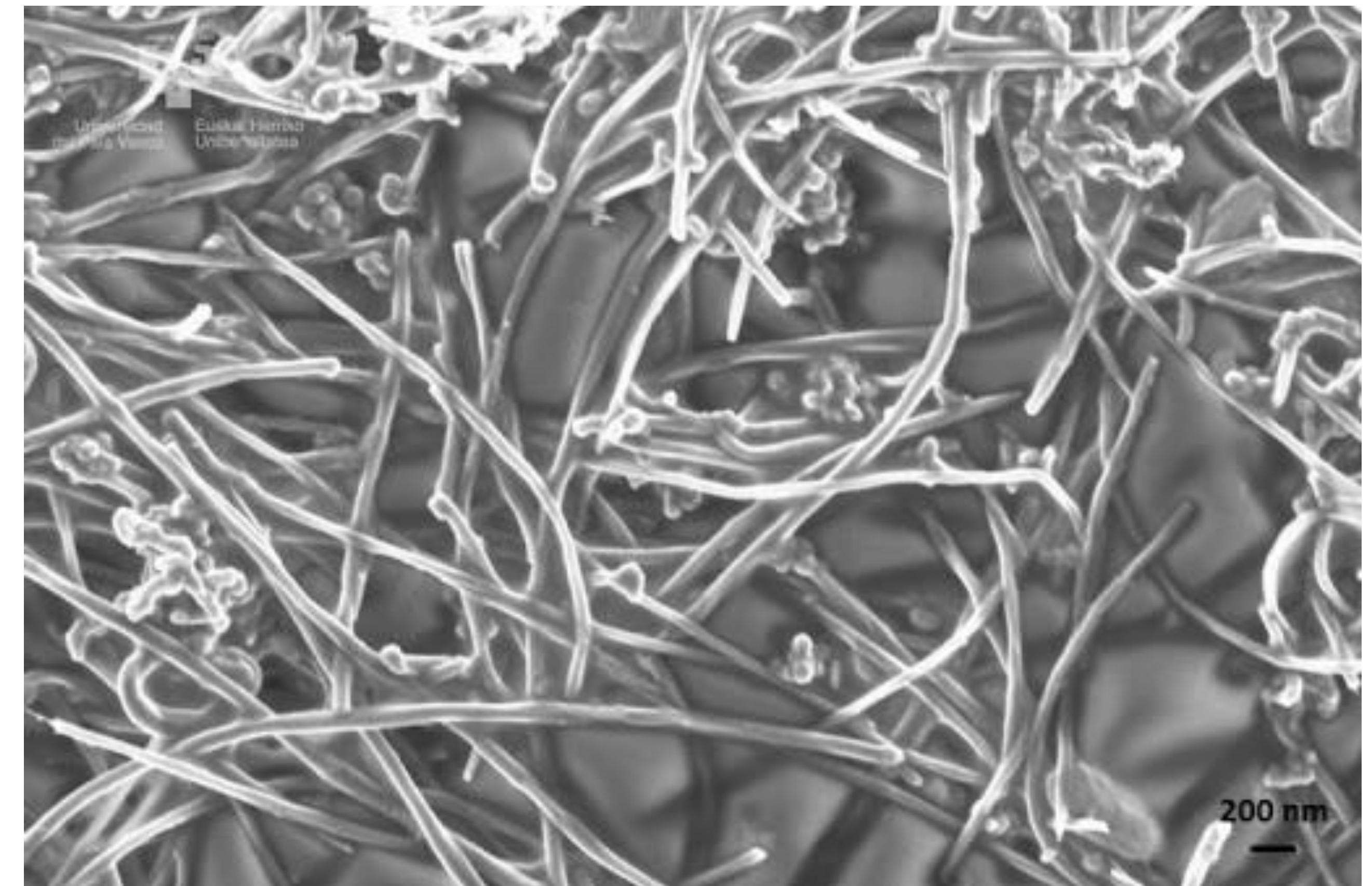
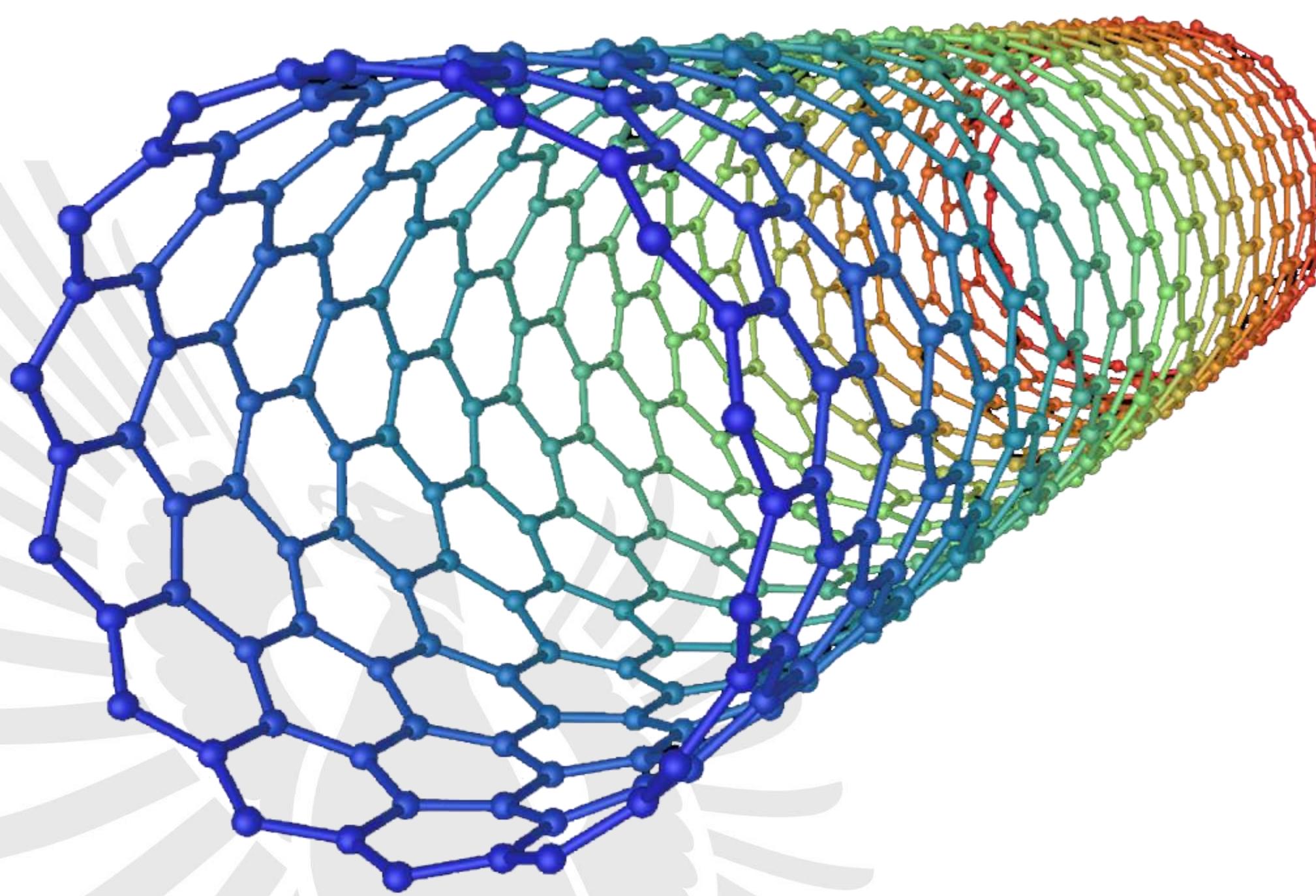
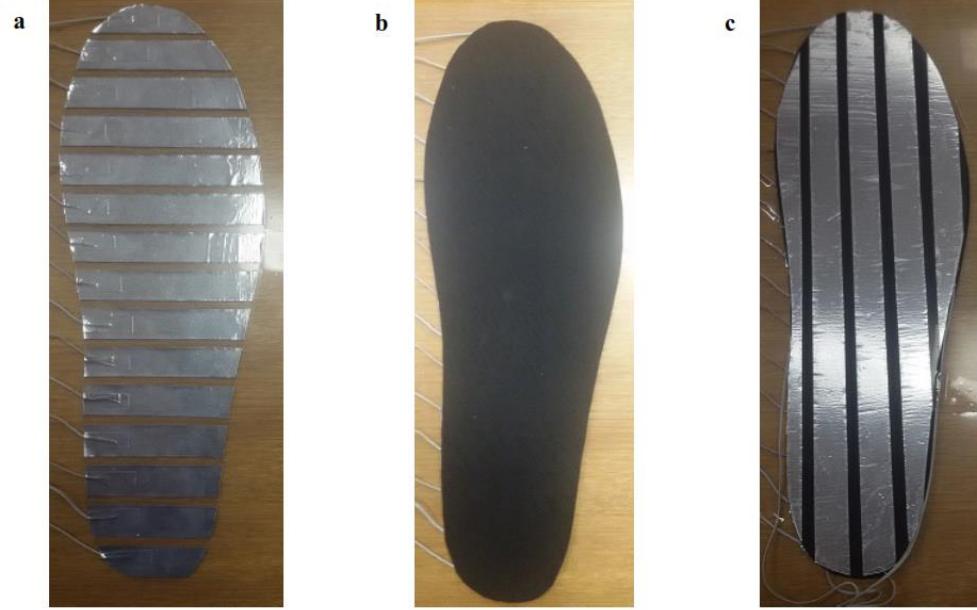


c



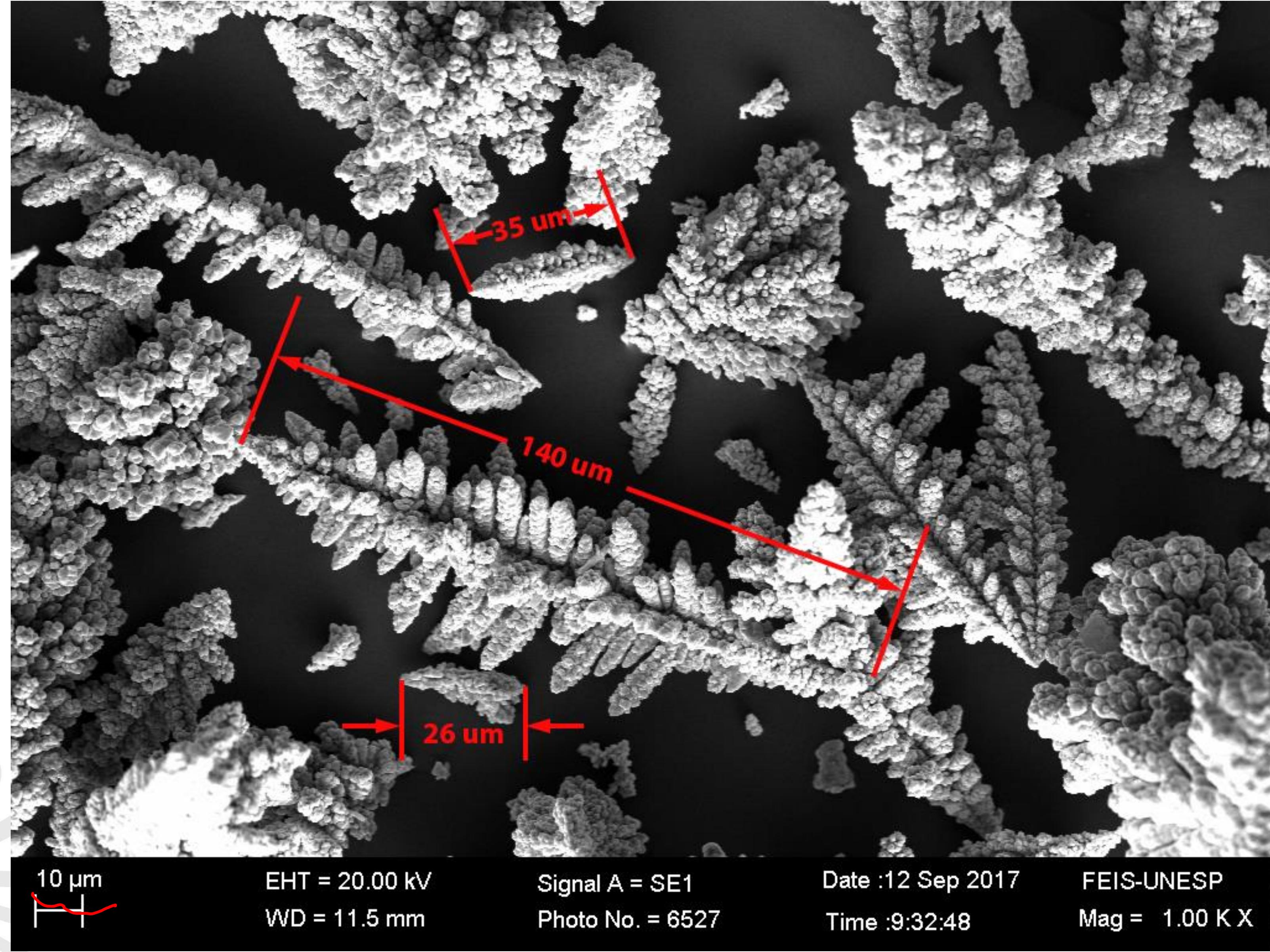


MATRIZ DE SENSORES





MATRIZ DE SENSORES





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

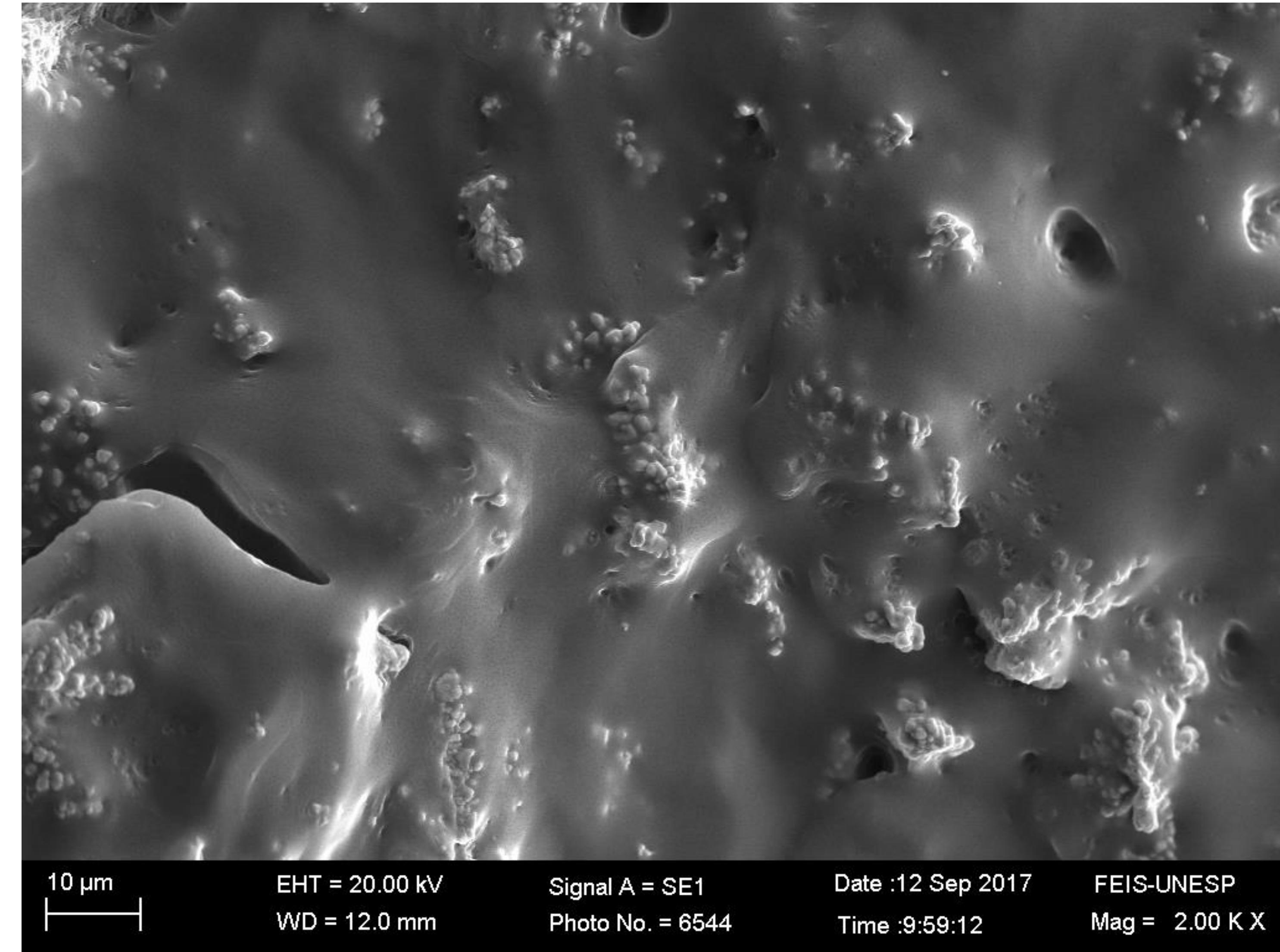
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS

RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

MATRIZ DE SENSORES





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

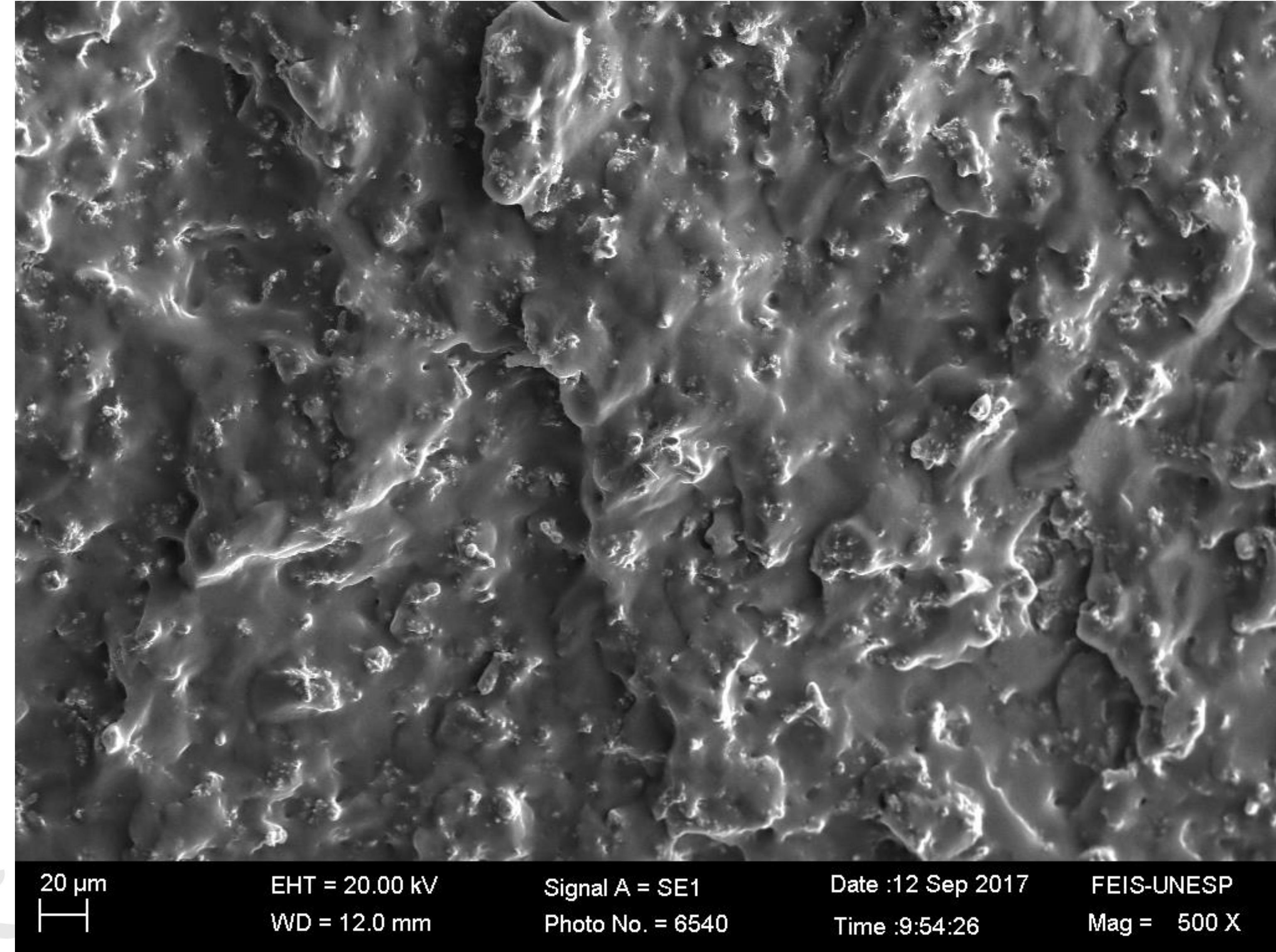
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS

RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

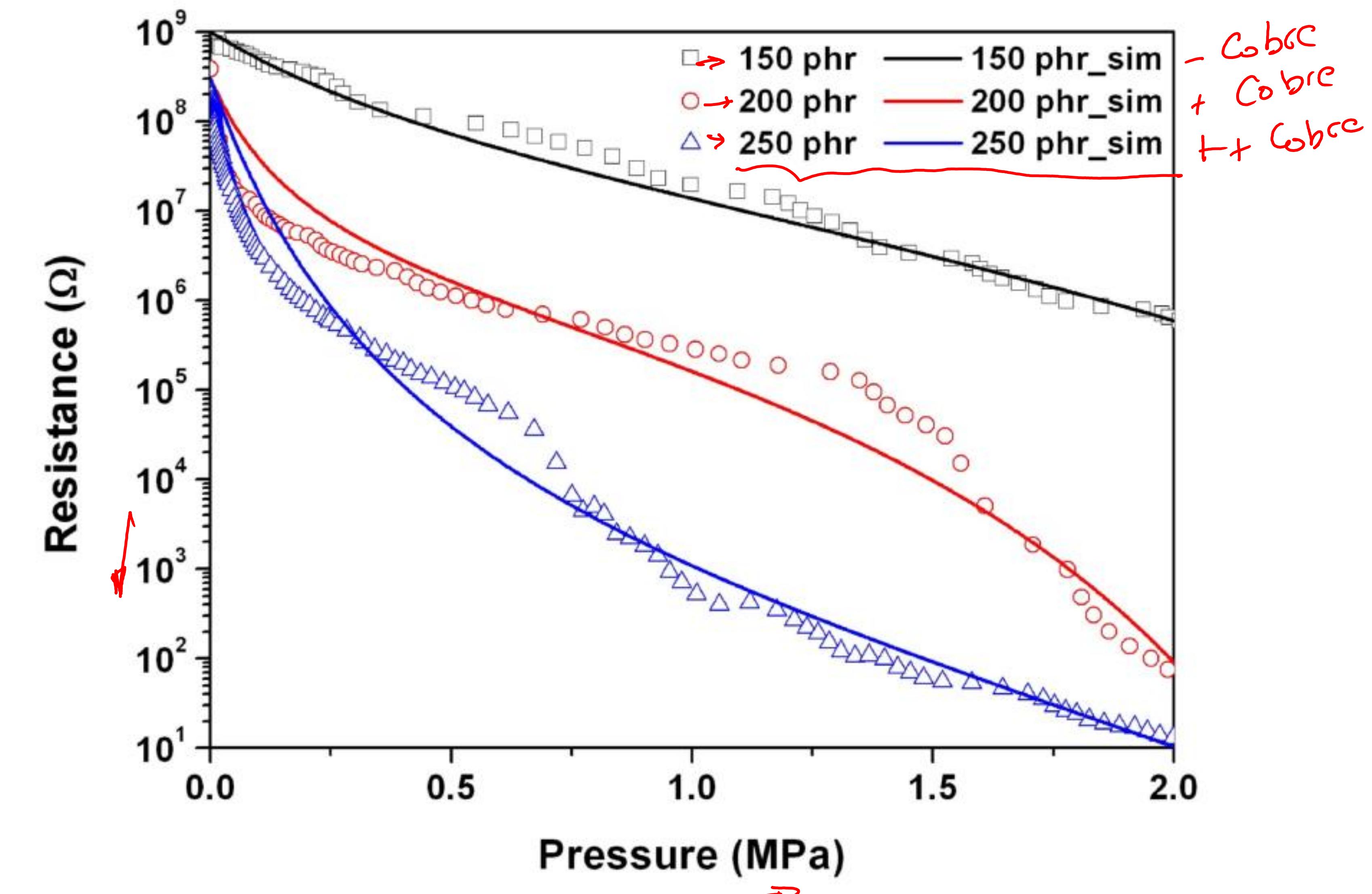
VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

MATRIZ DE SENSORES



MATRIZ DE SENSORES





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

MATRIZ DE SENSORES

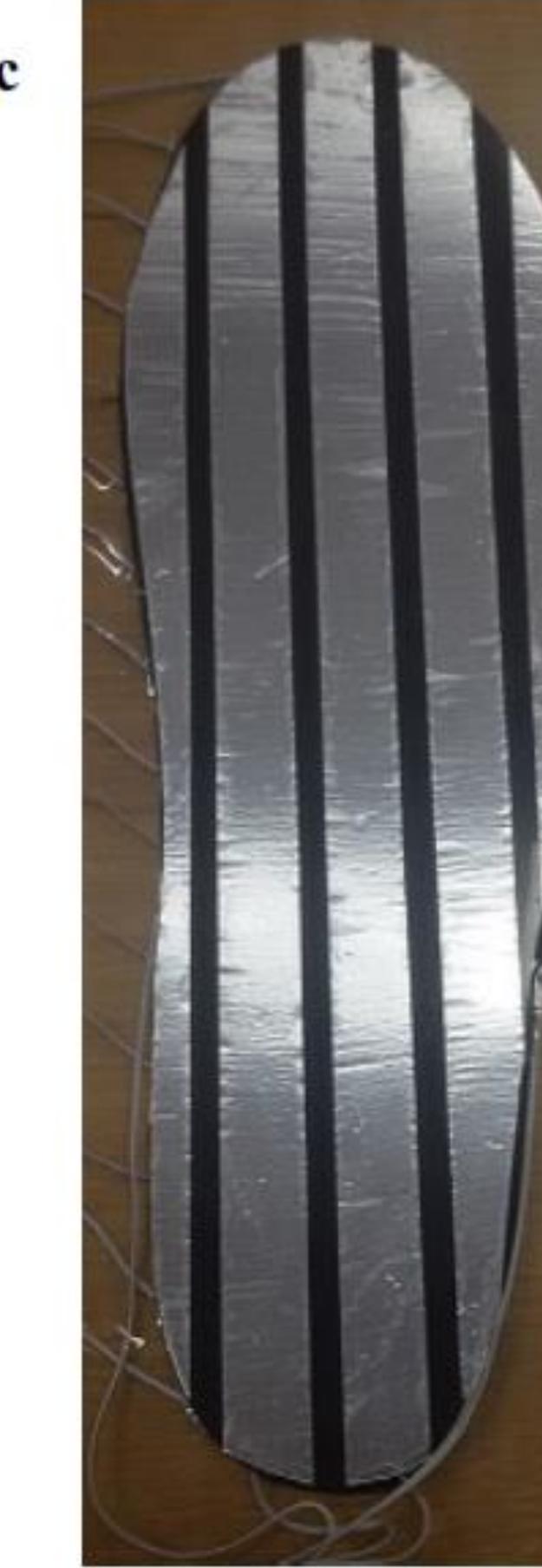
a



b

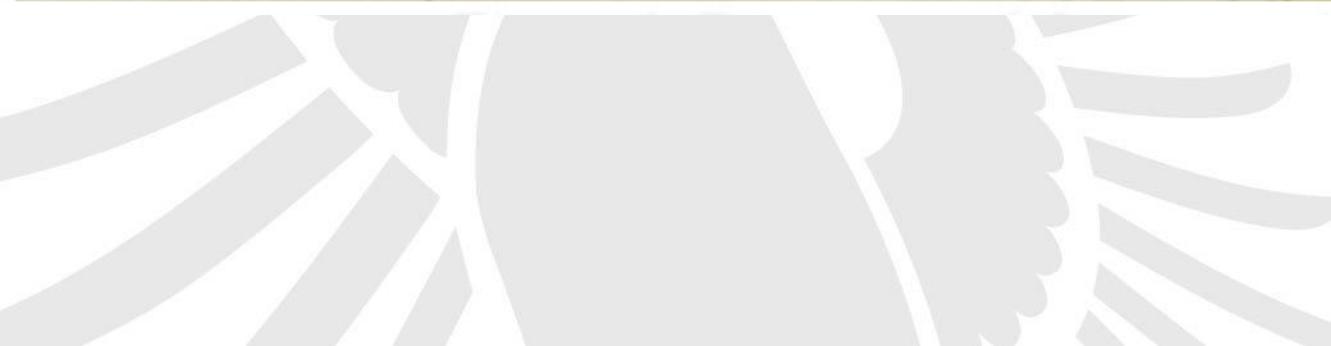
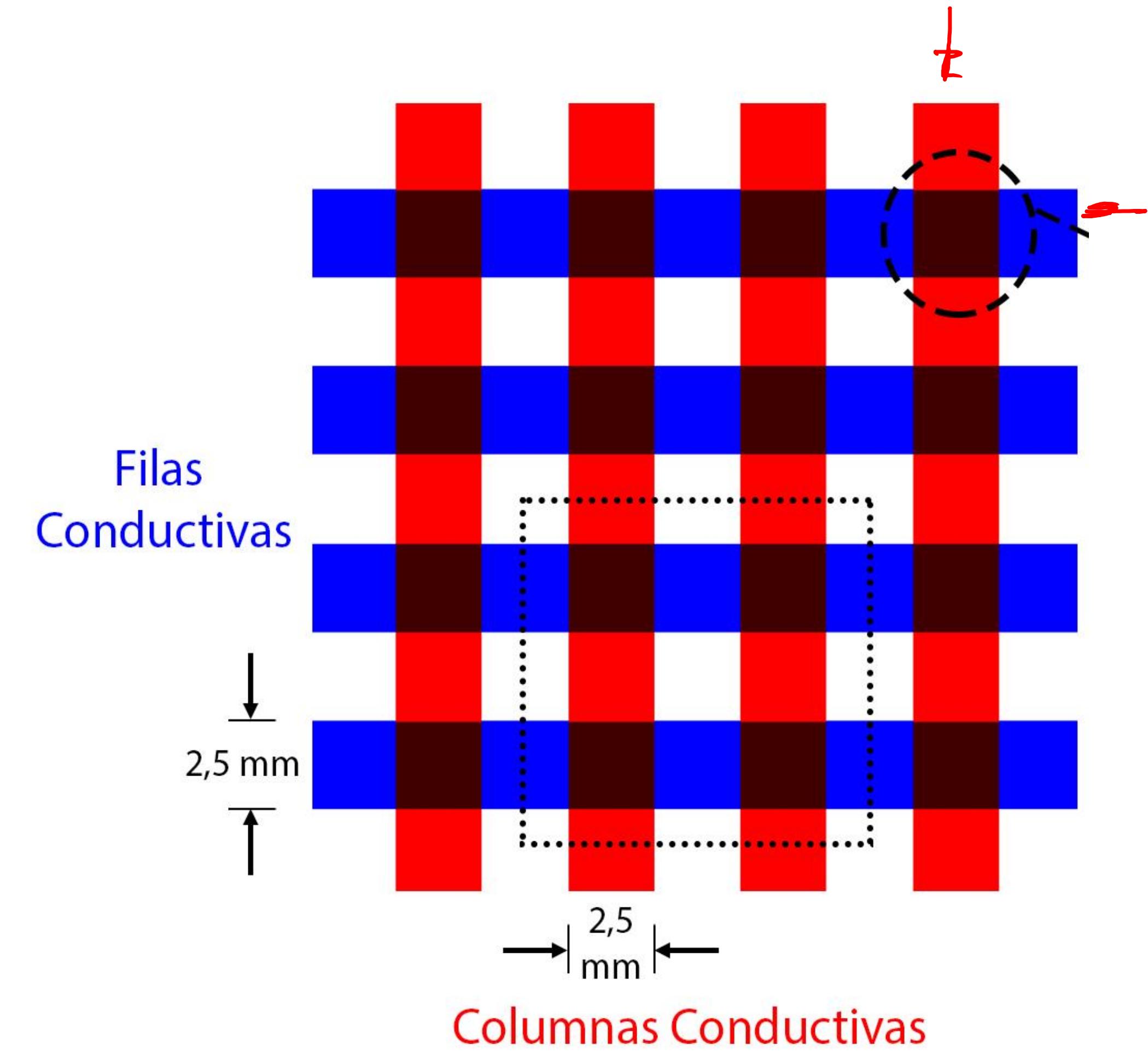
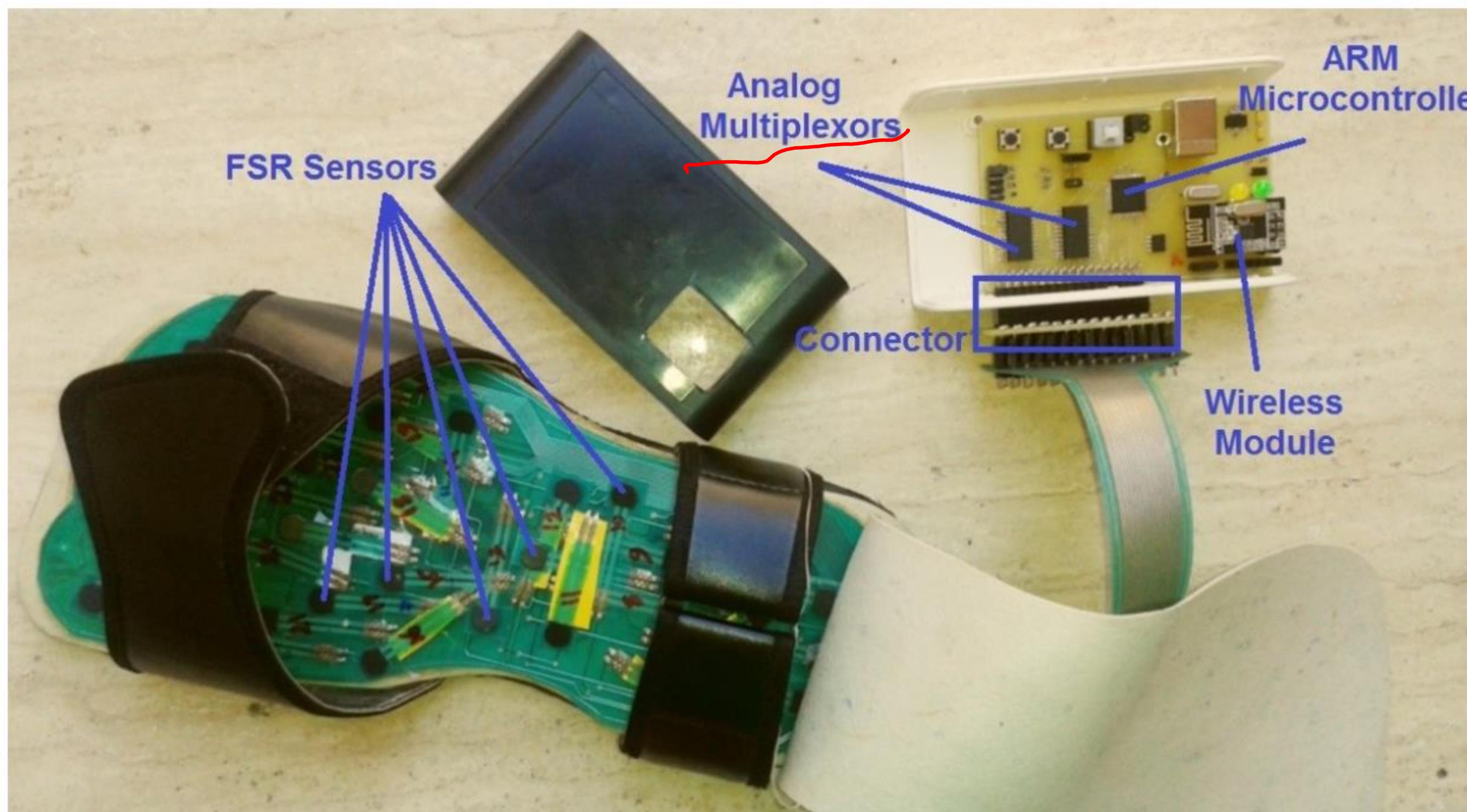


c

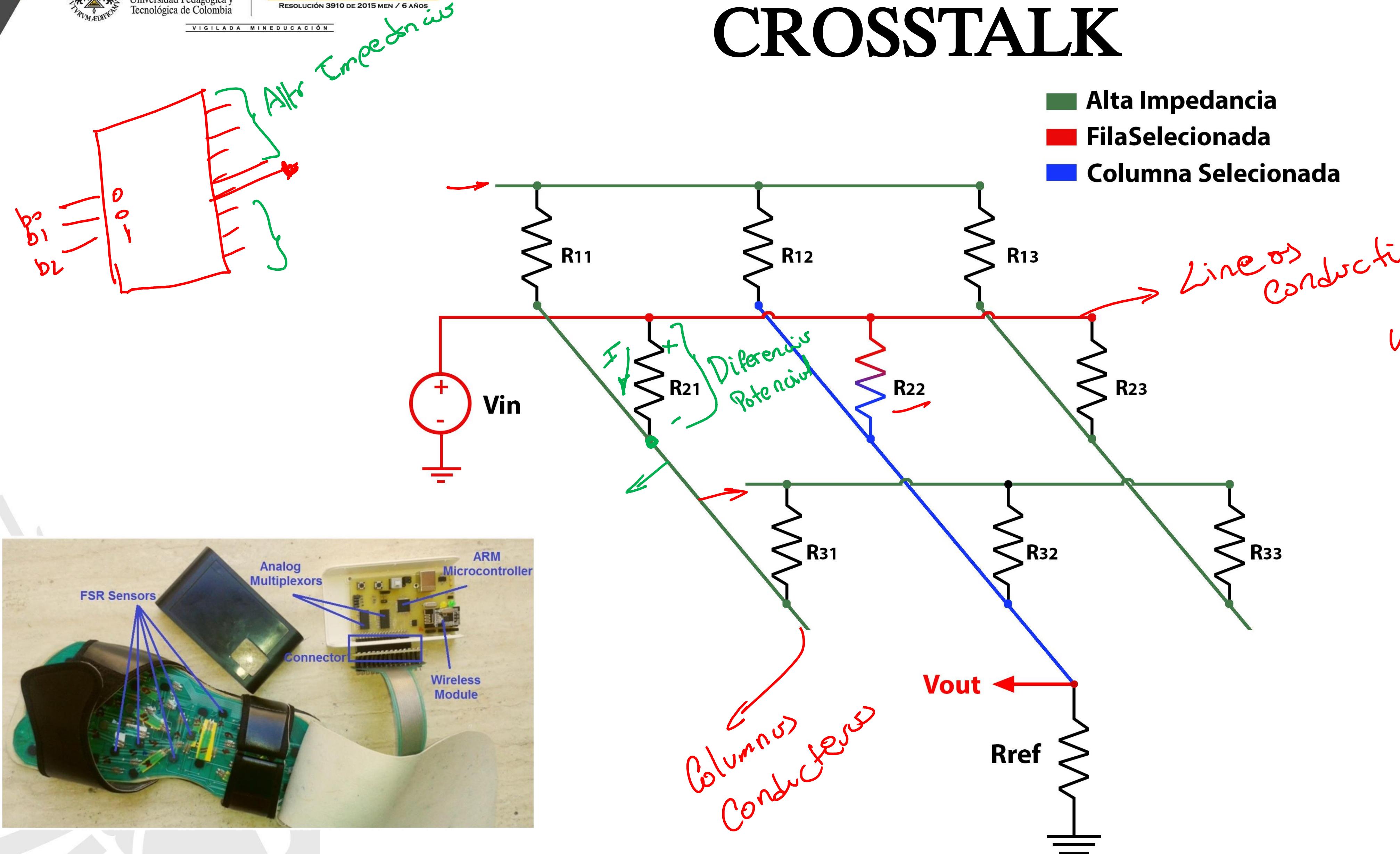




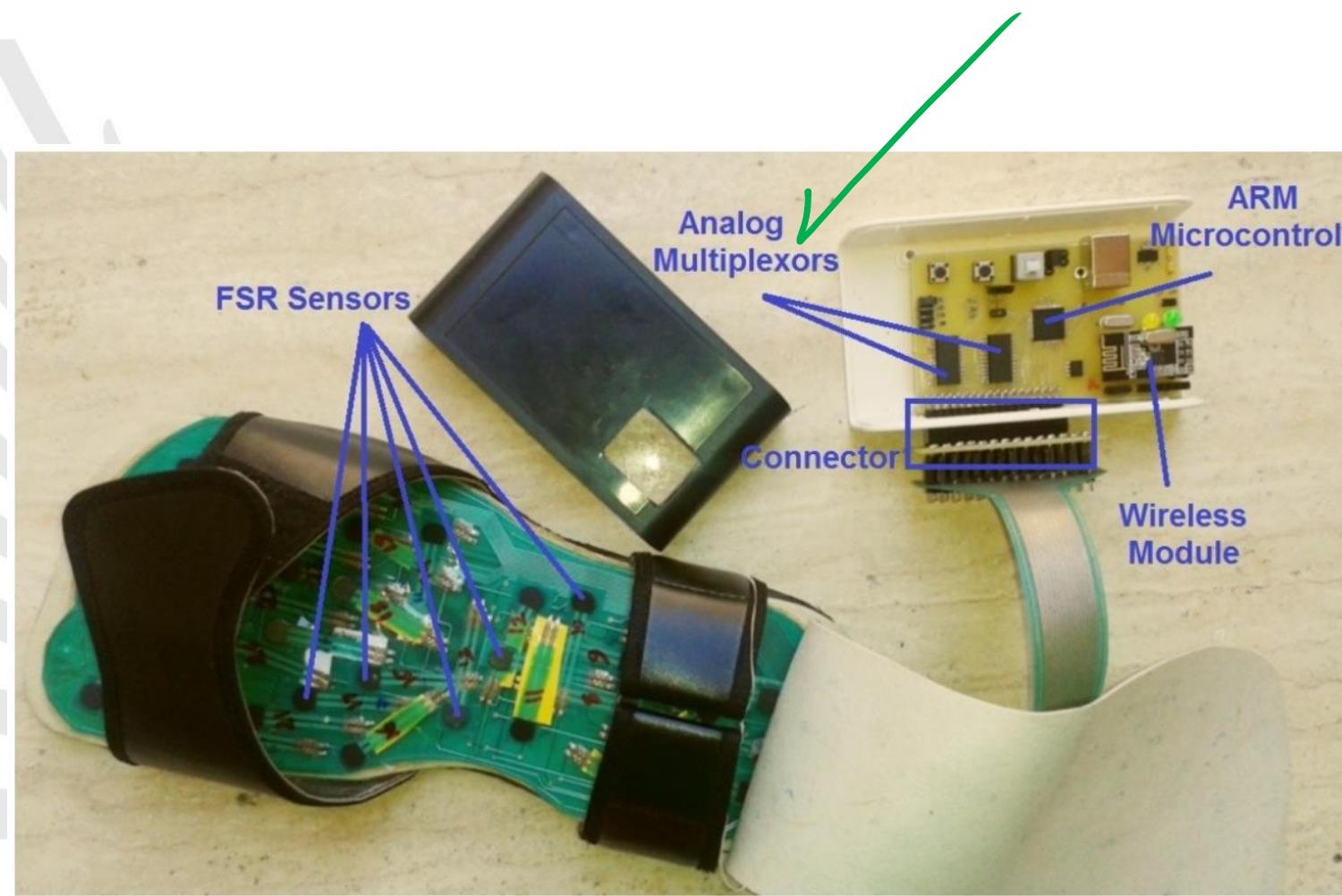
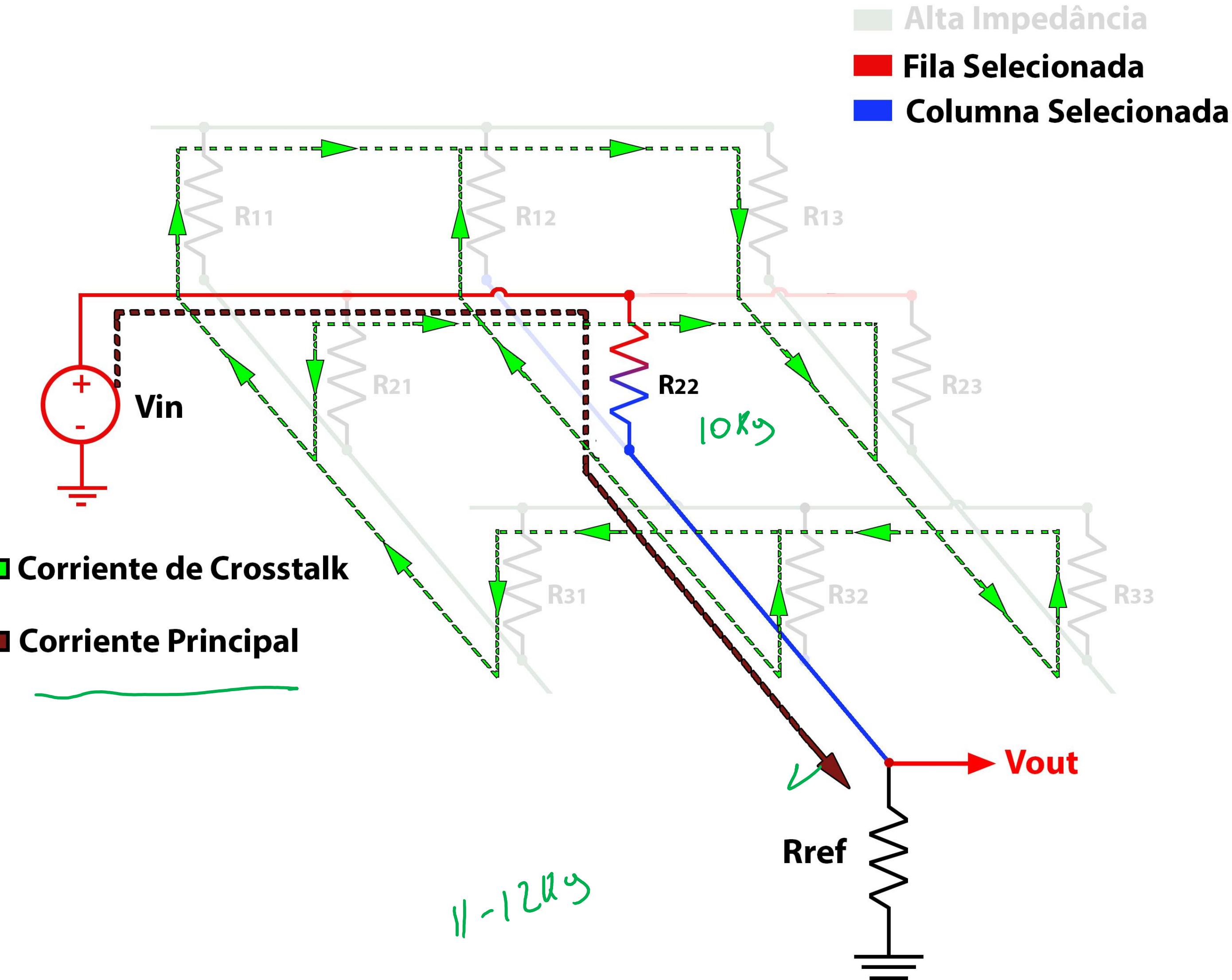
MATRIZ DE SENSORES



CROSSTALK

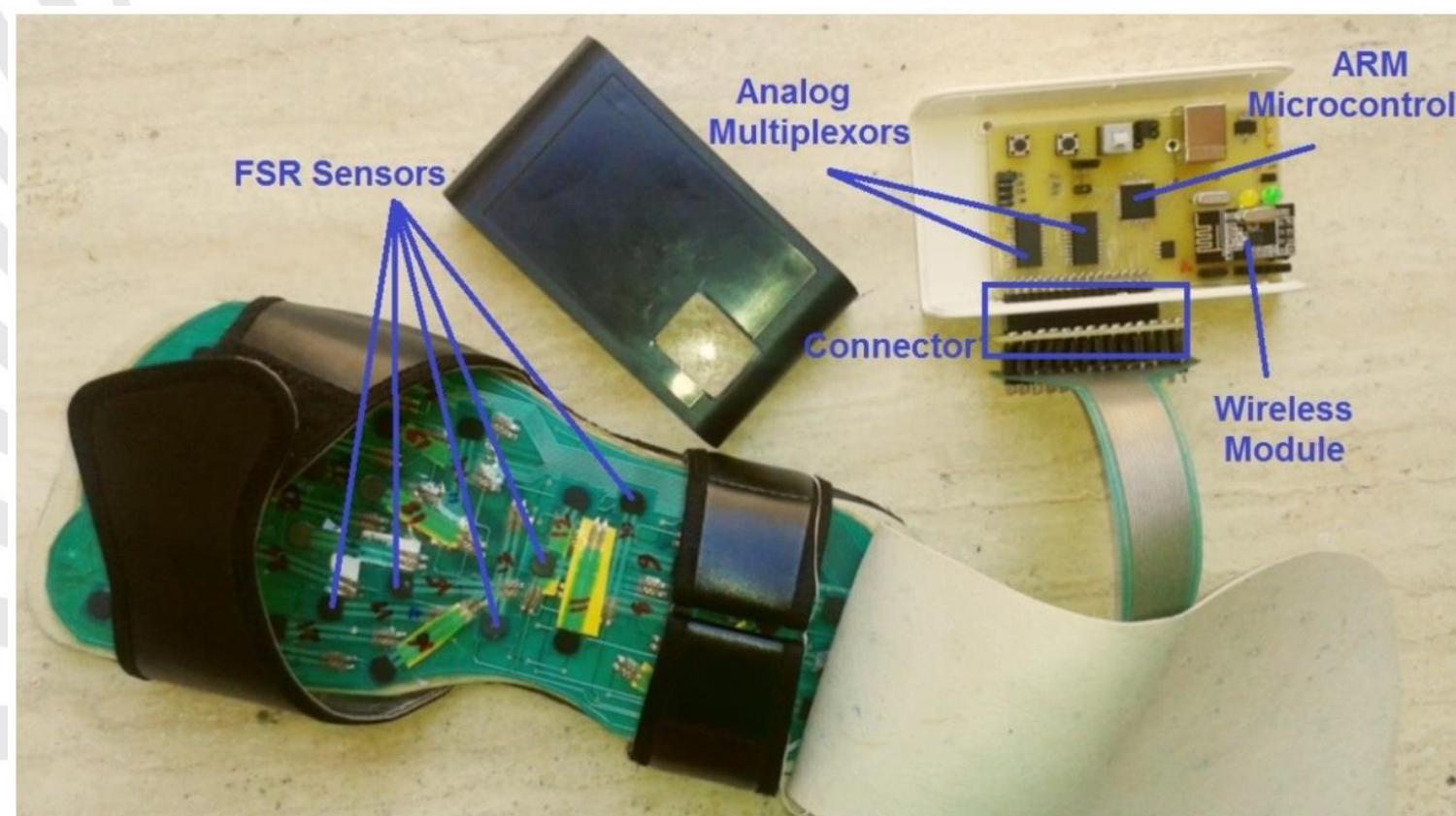
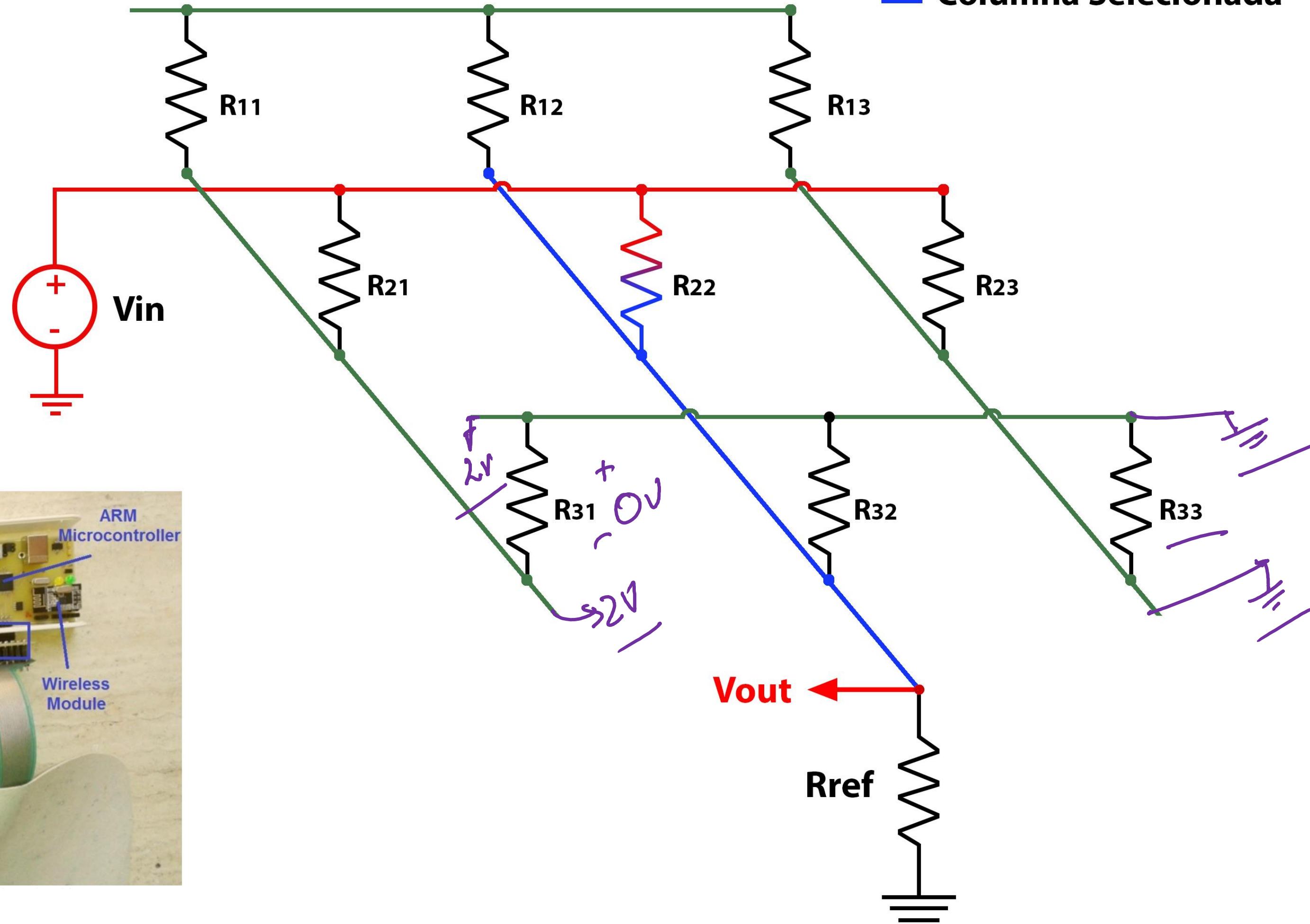


CROSSTALK



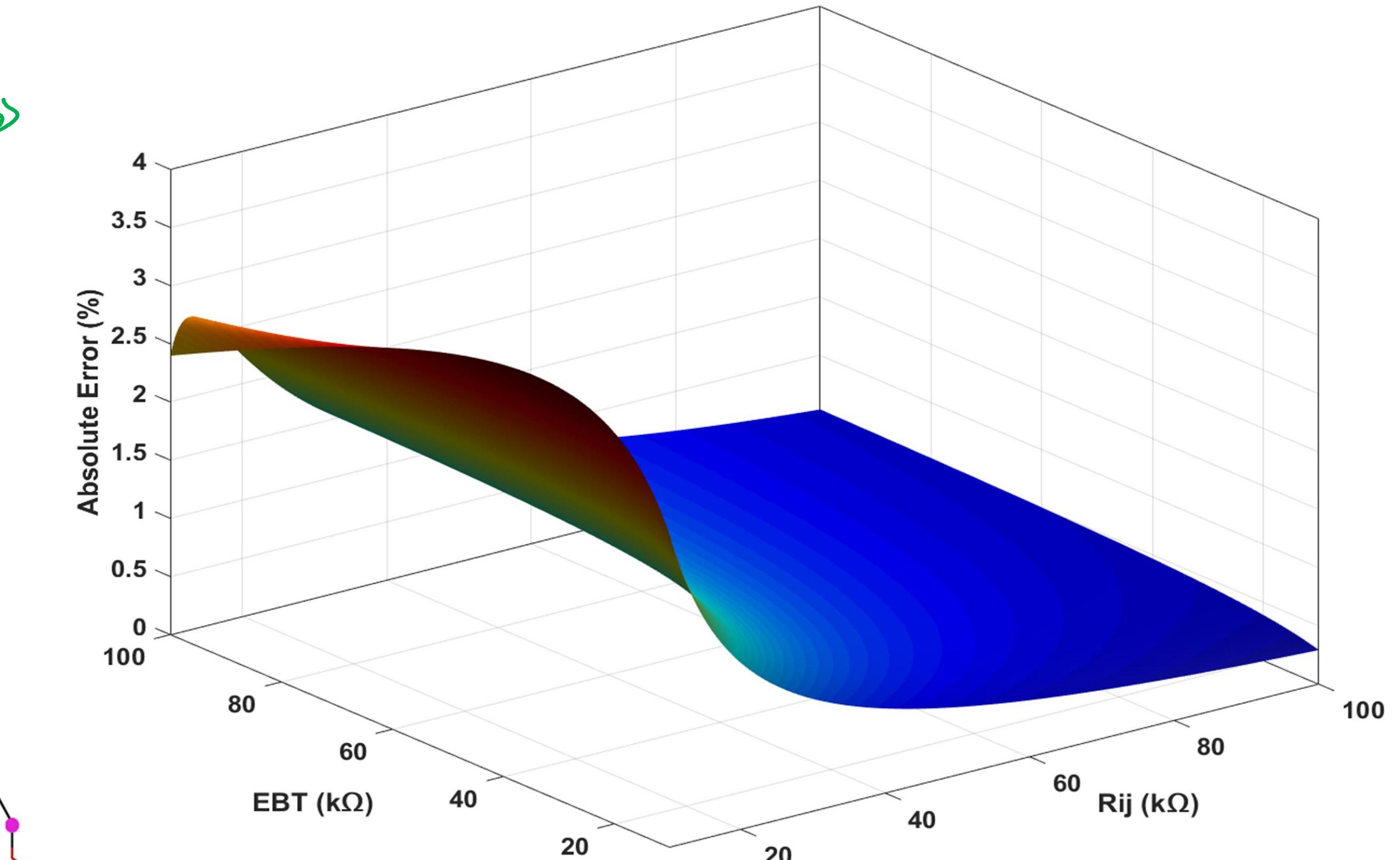
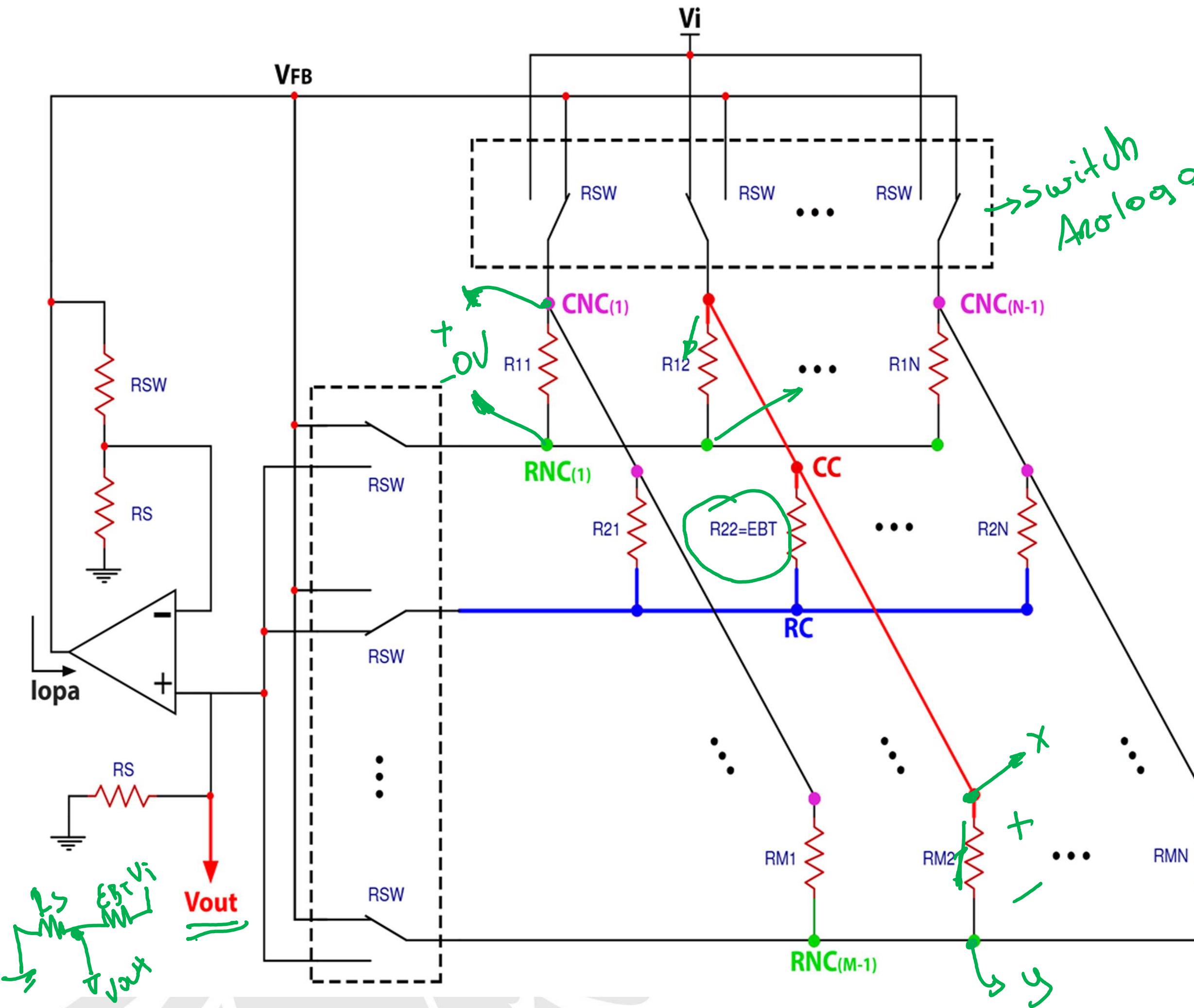
CROSSTALK

- Alta Impedancia
- Fila Seleccionada
- Columna Seleccionada



MATRIZ DE SENSORES

IMPROVED ISOLATED DRIVE FEEDBACK CIRCUIT

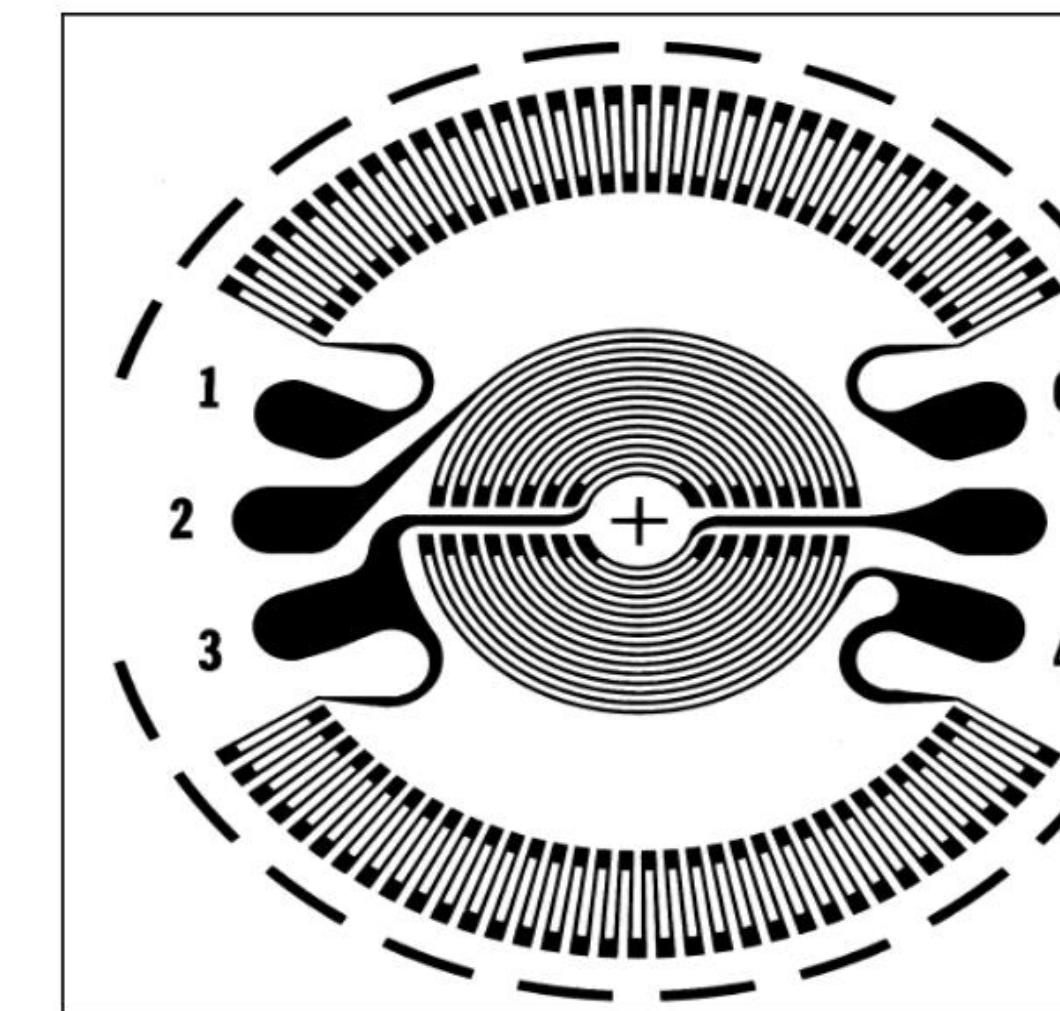
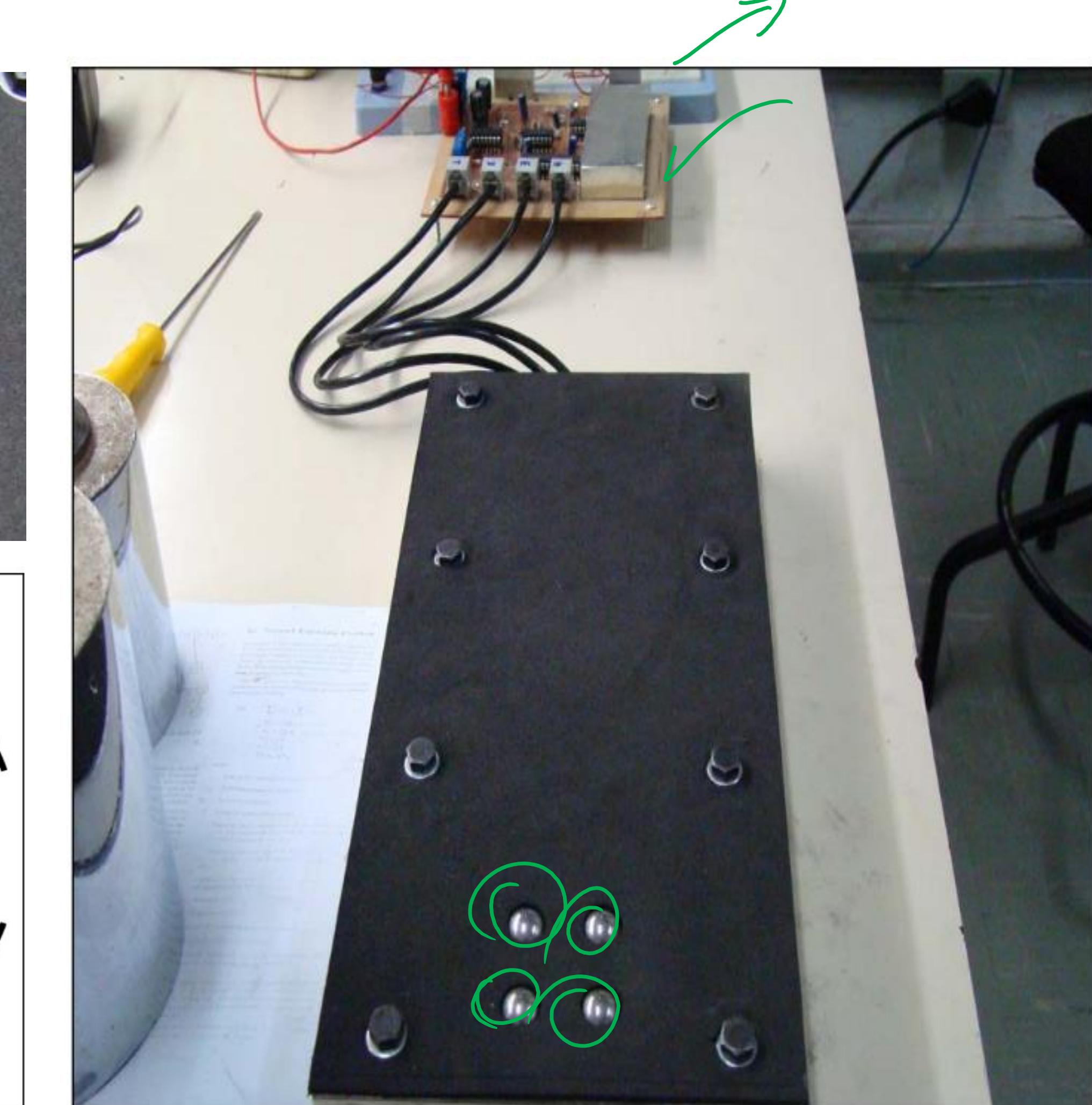
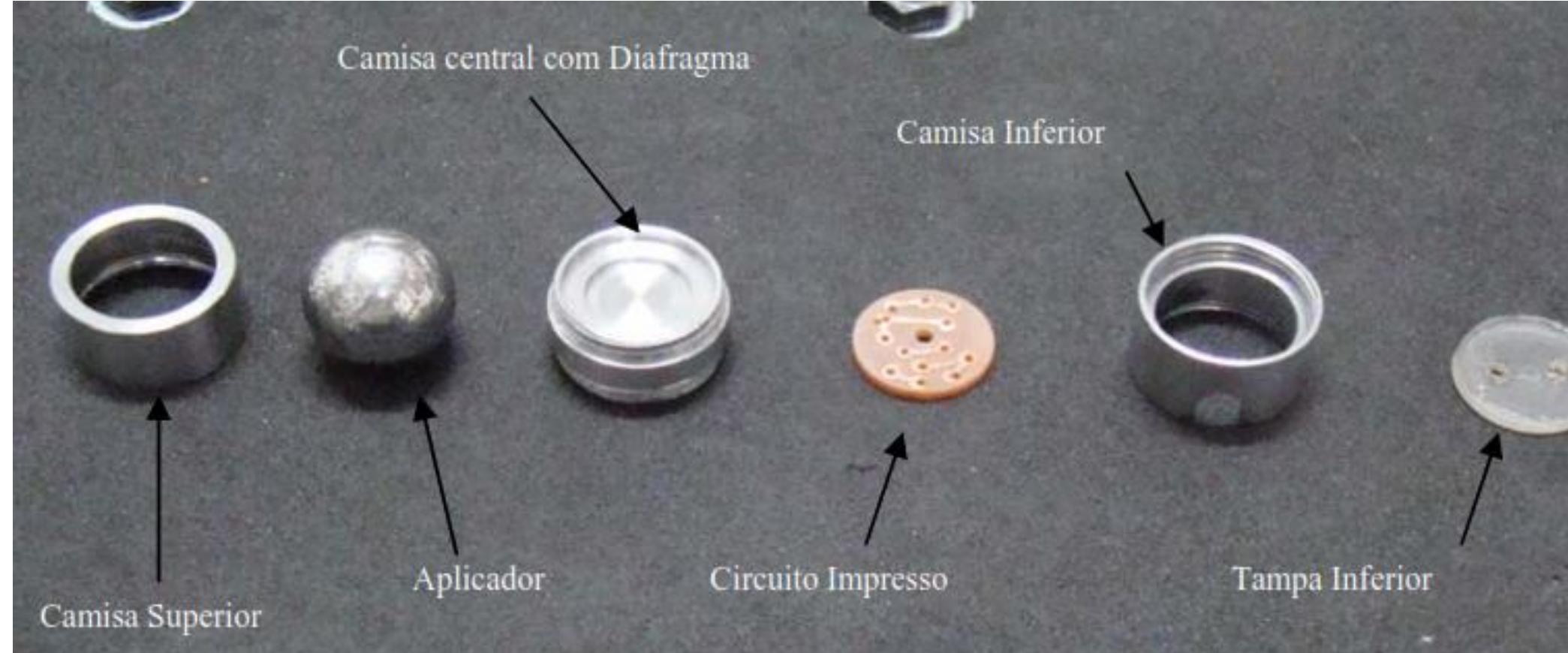


Castro, Fabian, et al. "Crosstalk error analysis in IIDFC readout circuit for use in piezoresistive composite." *IEEE Sensors Journal* 18.1 (2017): 382-389.



Sistemas de Medición en el LIEB

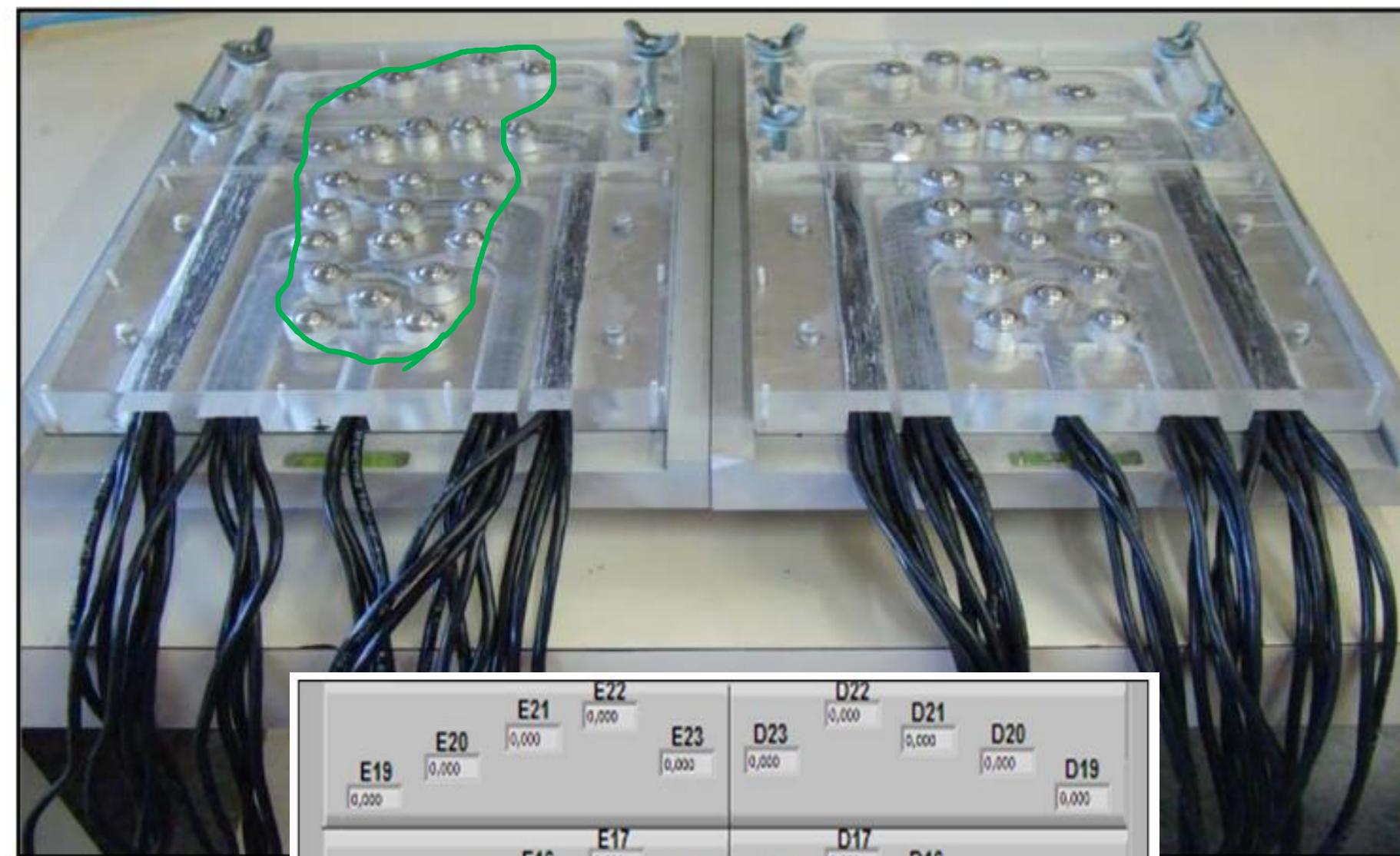
Ricardo Freitas (2008)





Sistemas de Medición en el LIEB

Ricardo Freitas – Luciana Freitas - Mateus Urban – Mario Estremote (2010)



E19	E20	E21	E22	D22	D21	D20	D19
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E14	E15	E16	E17	D17	D16	D15	D14
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E11	E12	E13		D13	D12	D11	
0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	
E8	E9	E10		D10	D9	D8	
0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	
E5	E6	E7		D7	D6	D5	
0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	
E3	E4			D4	D3		
0,000	0,000			0,000	0,000		
E0	E2			D2	D1	D0	
0,000	0,000			0,000	0,000	0,000	

→ Δρº

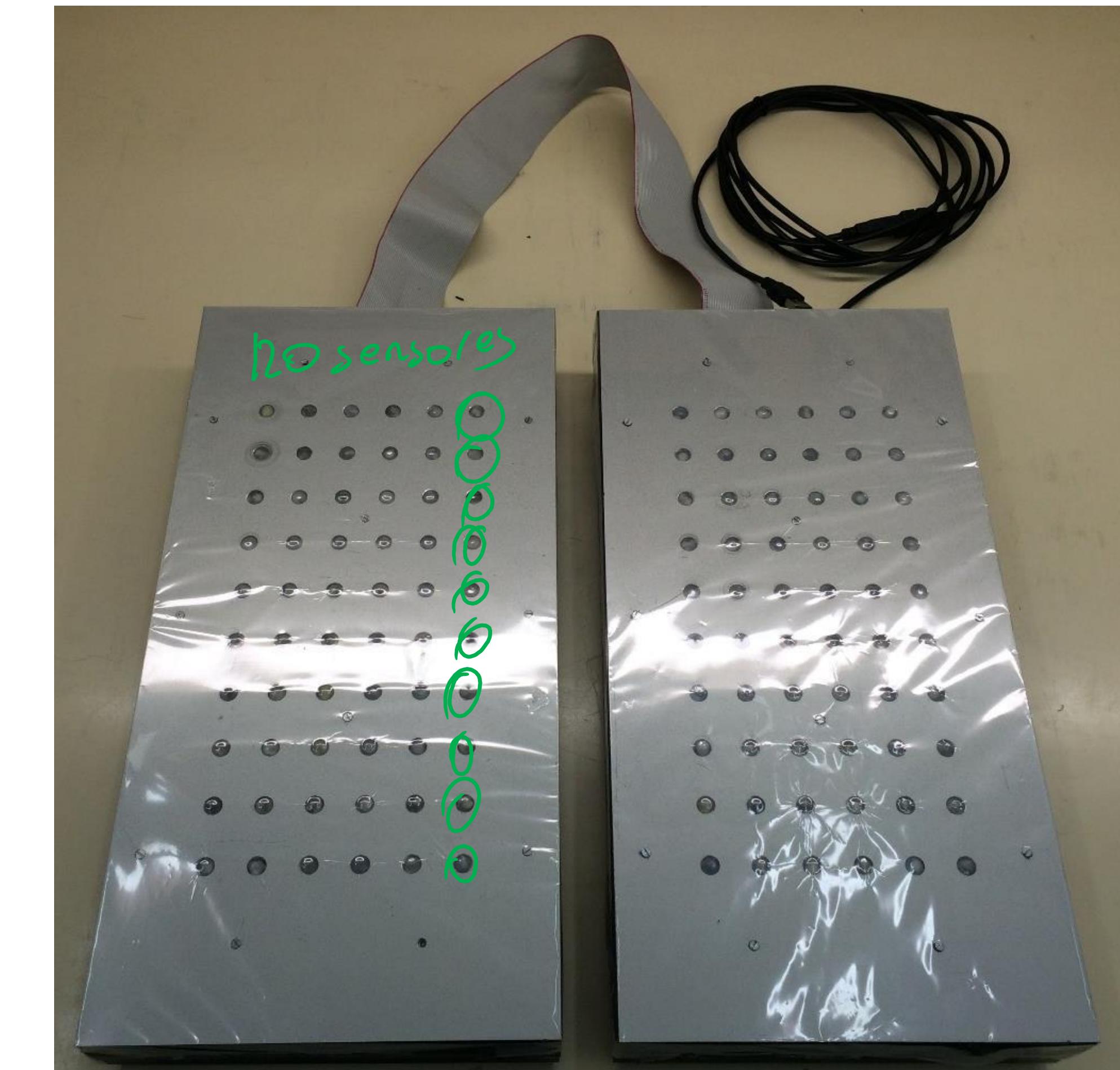
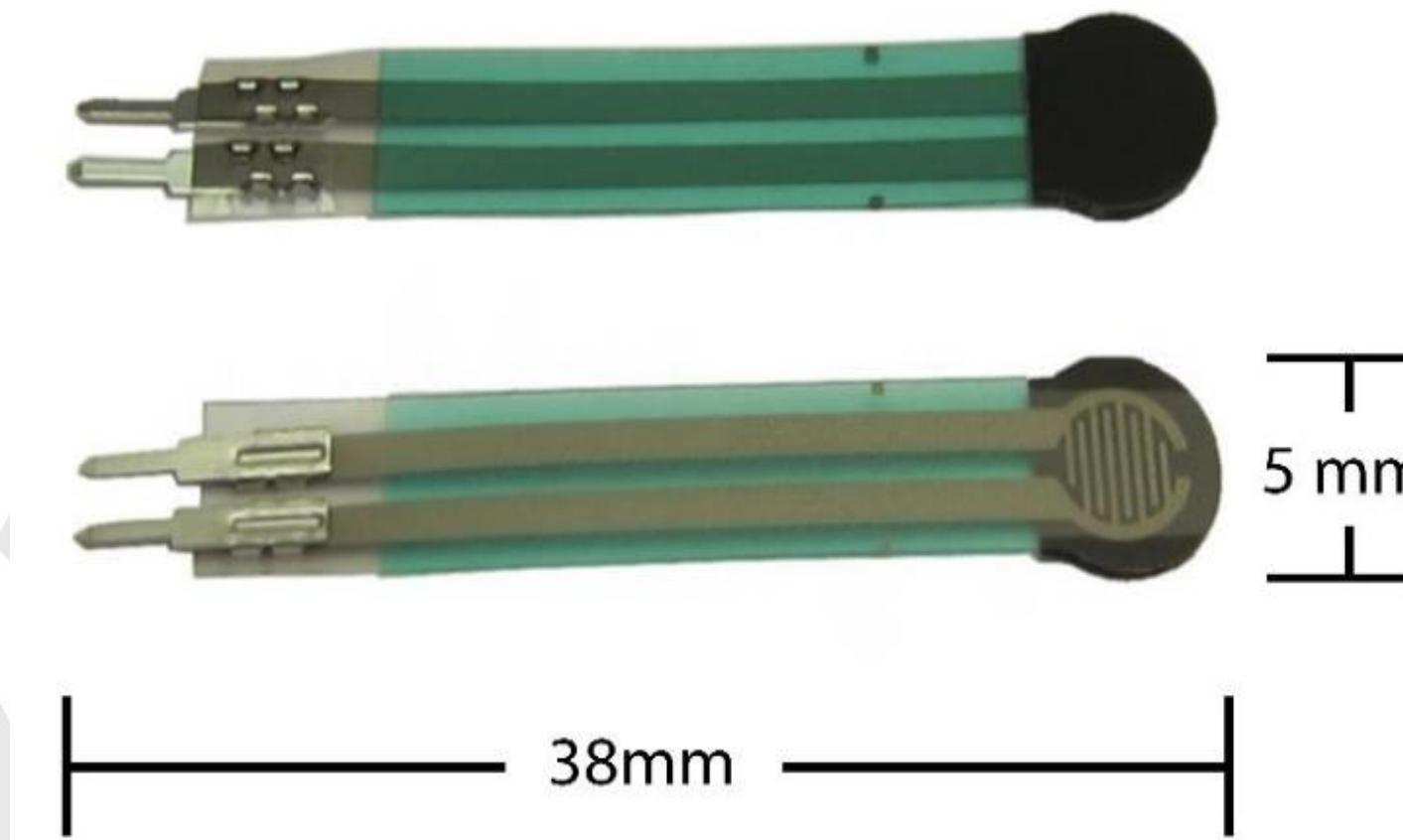
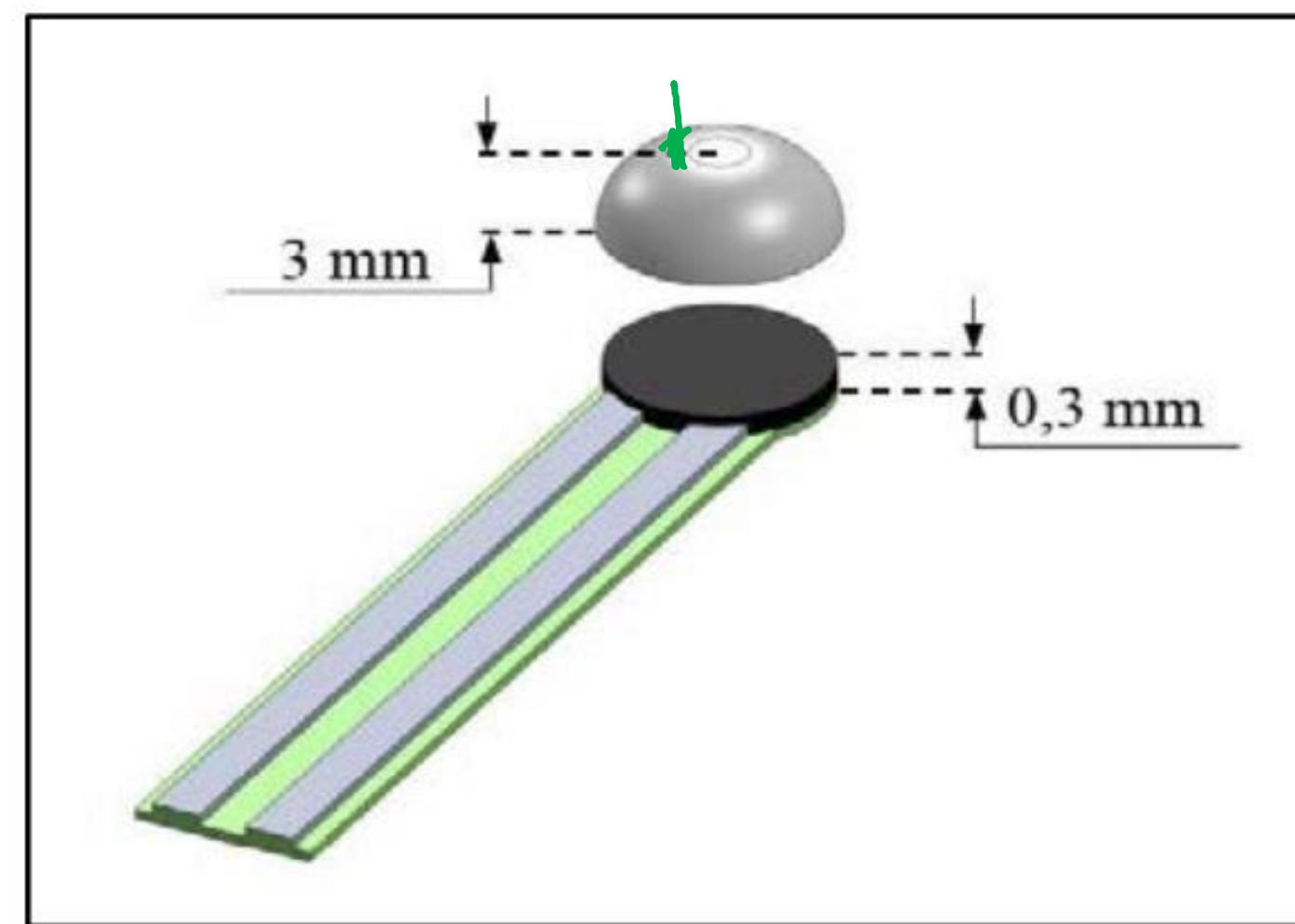
48 Celdas de carga.
24 Celdas de Carga en cada plataforma





Sistemas de Medición en el LIEB

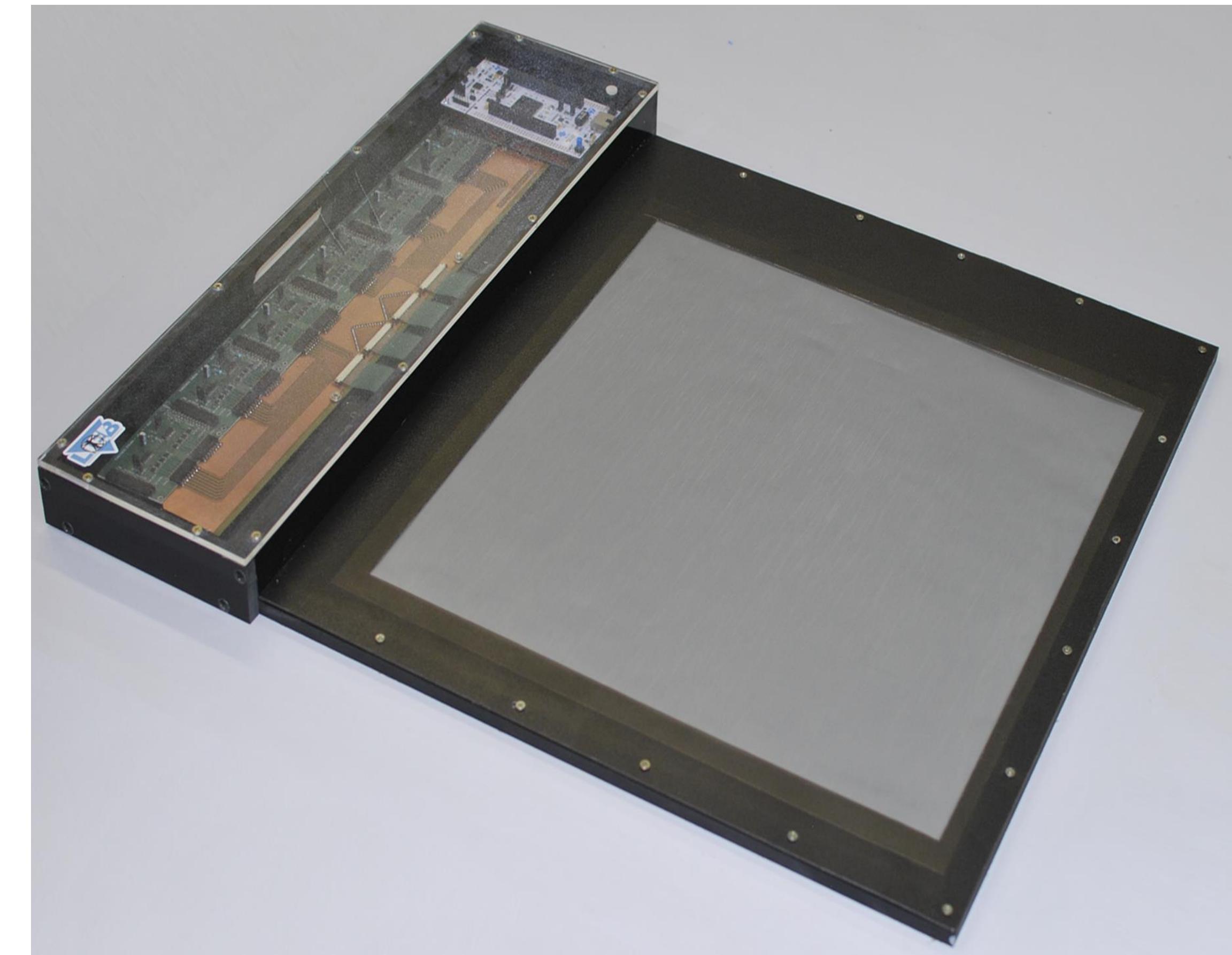
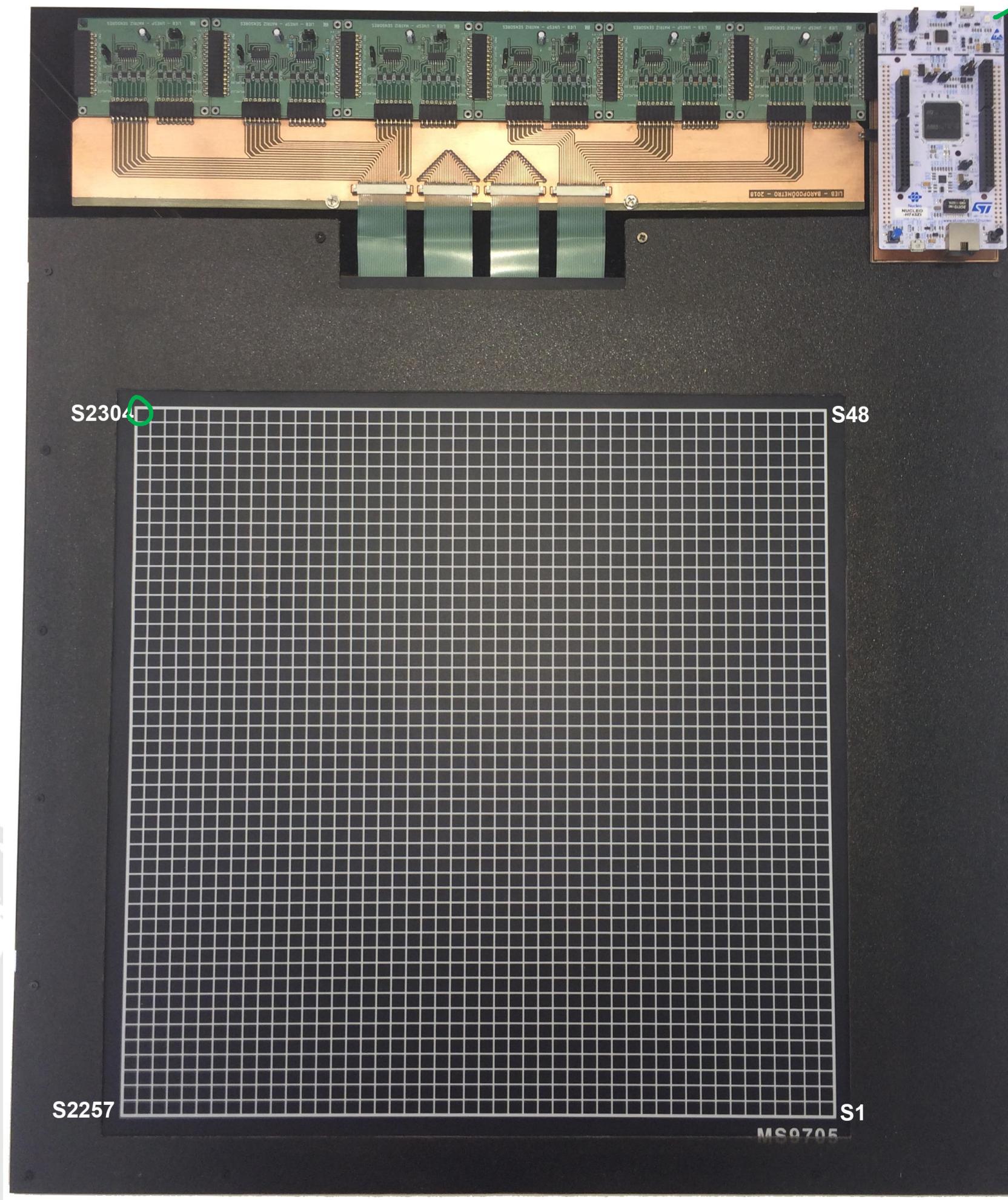
Mateus Urban – Fabian Castro (2015-2016)





Sistemas de Medición en el LIEB

Fabian Castro (2019) – LiebScan System

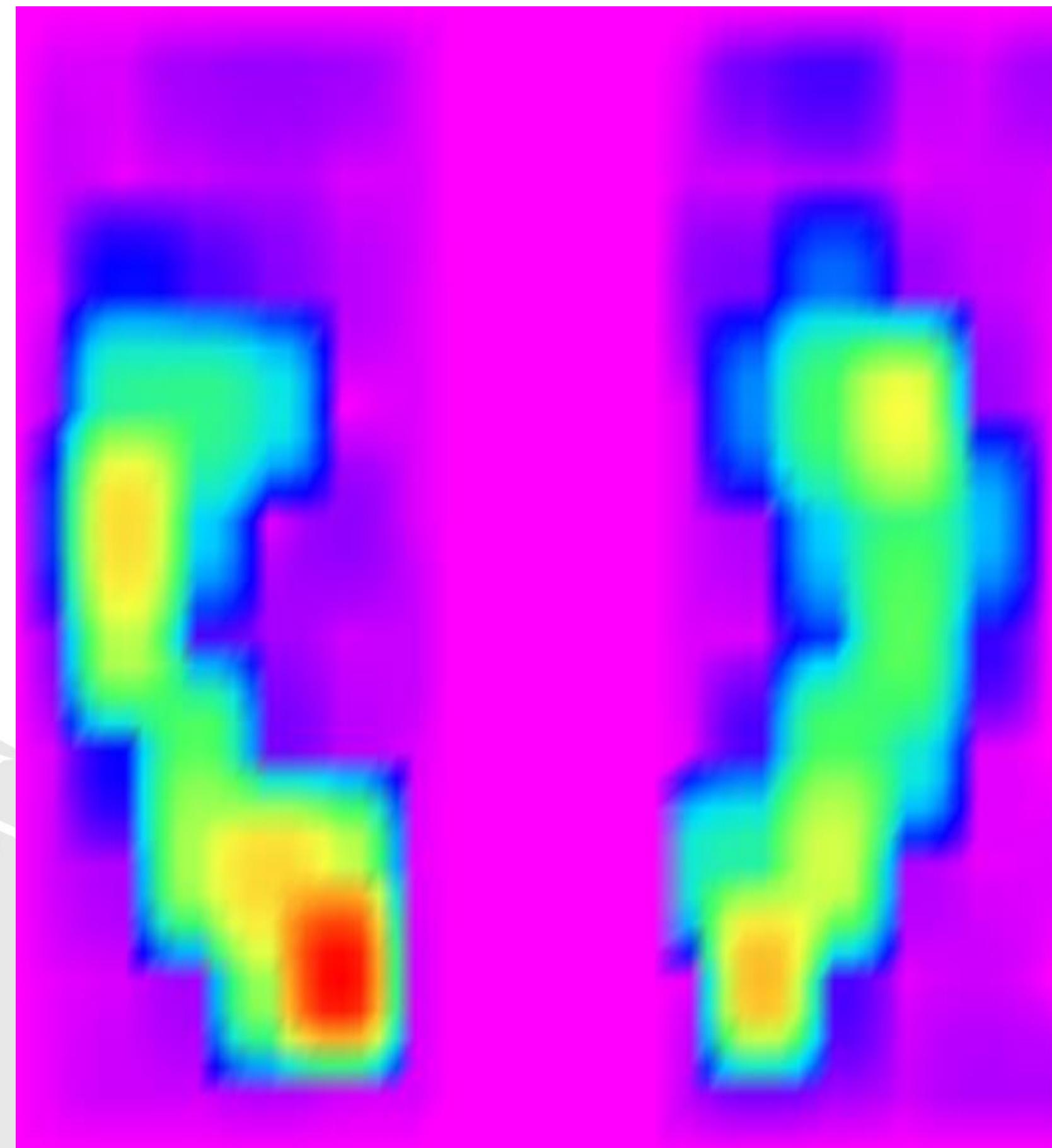




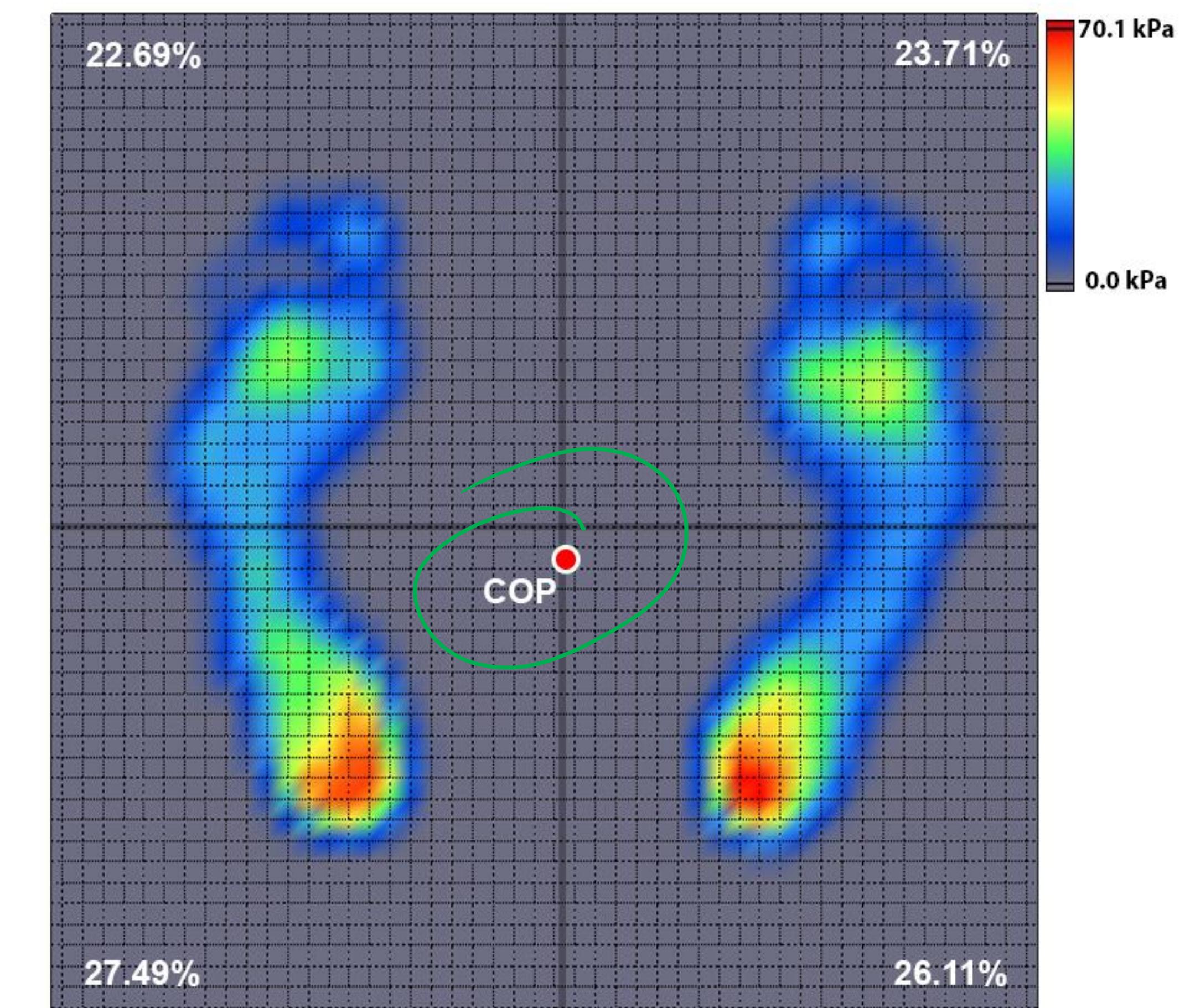
Sistemas de Medición en el LIEB

Fabian Castro (2019)

Baropodometro 120 Sensores

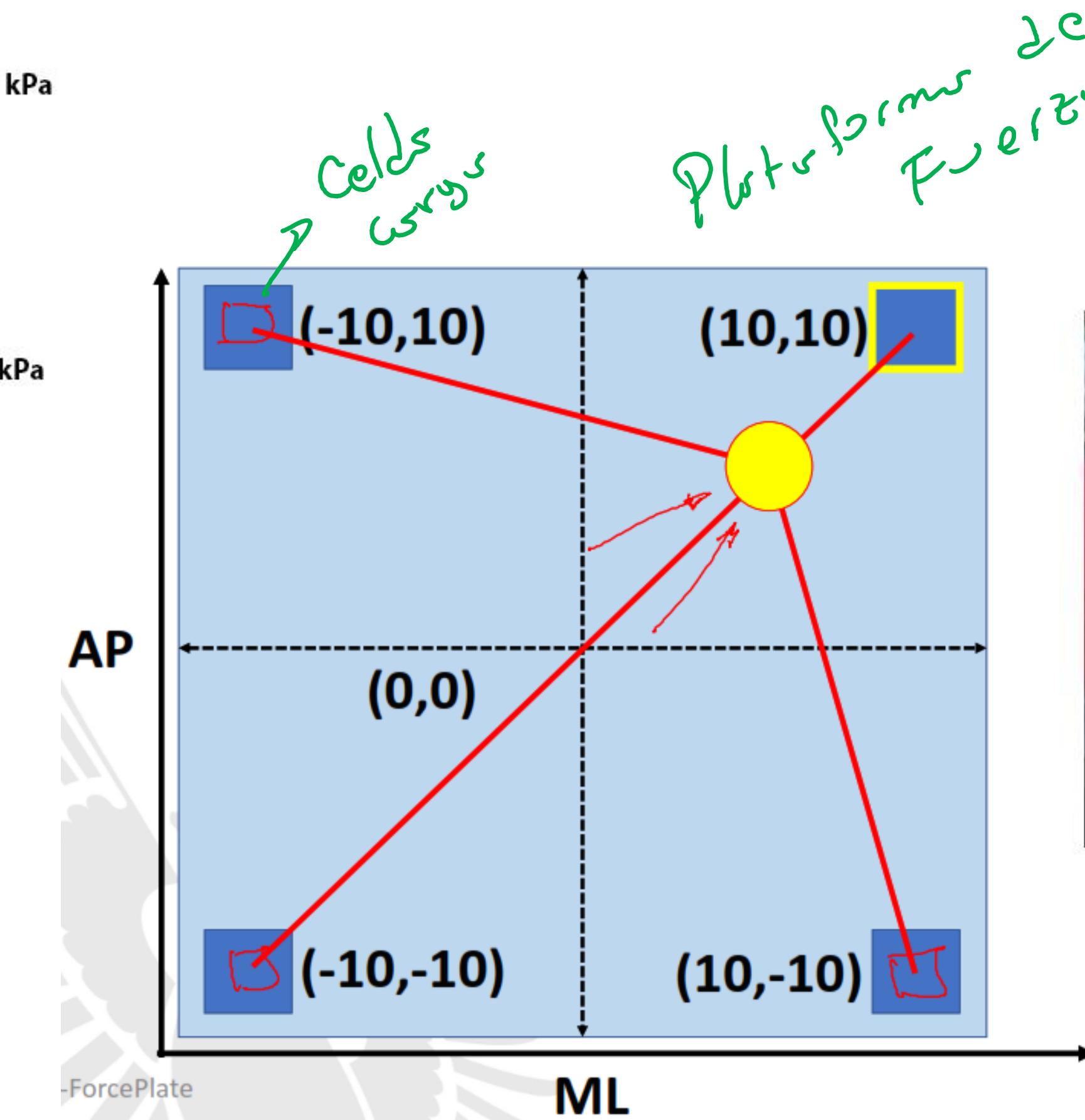
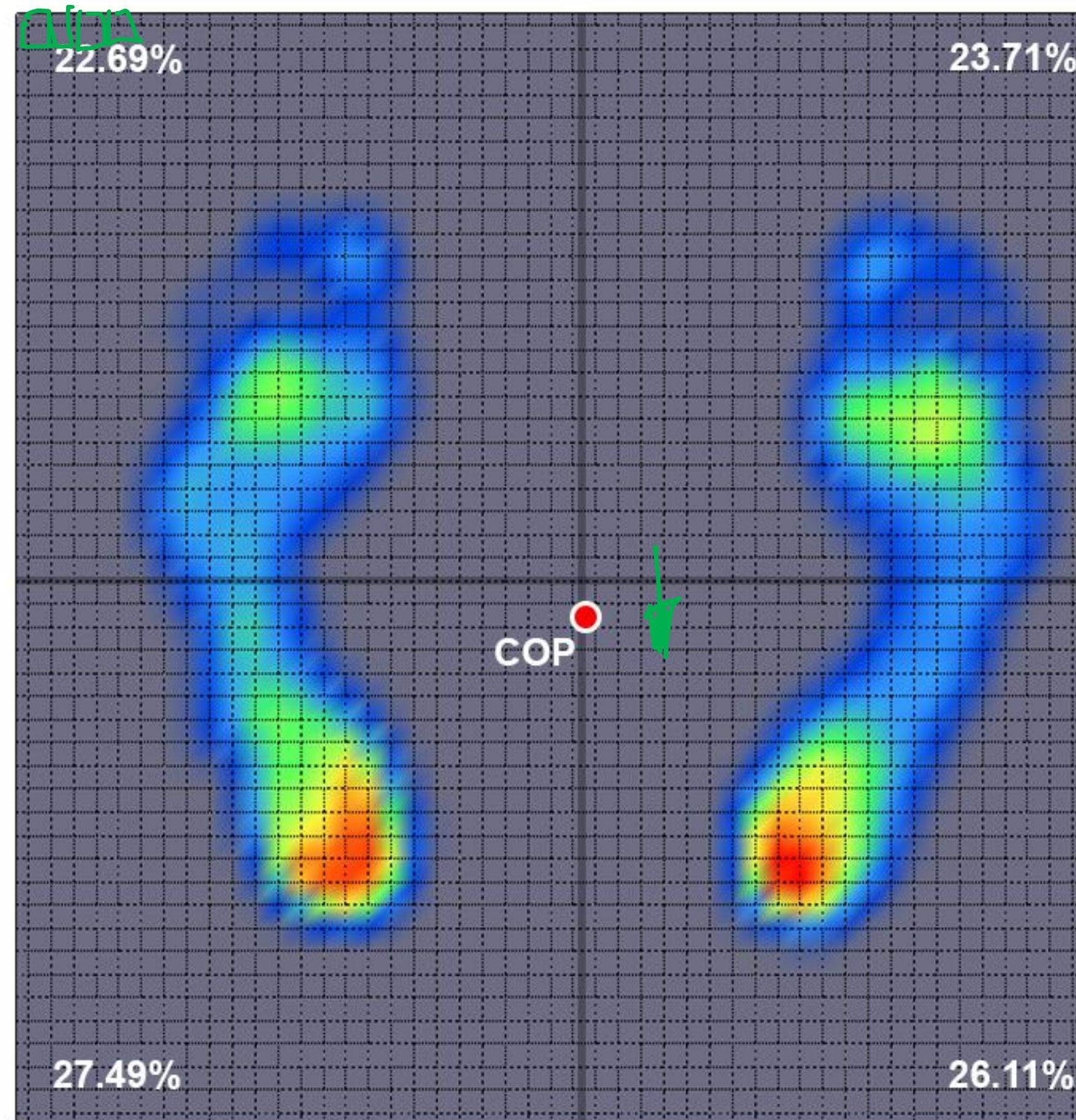


Baropodometro 2304 Sensores



Sistemas de Medición en el LIEB

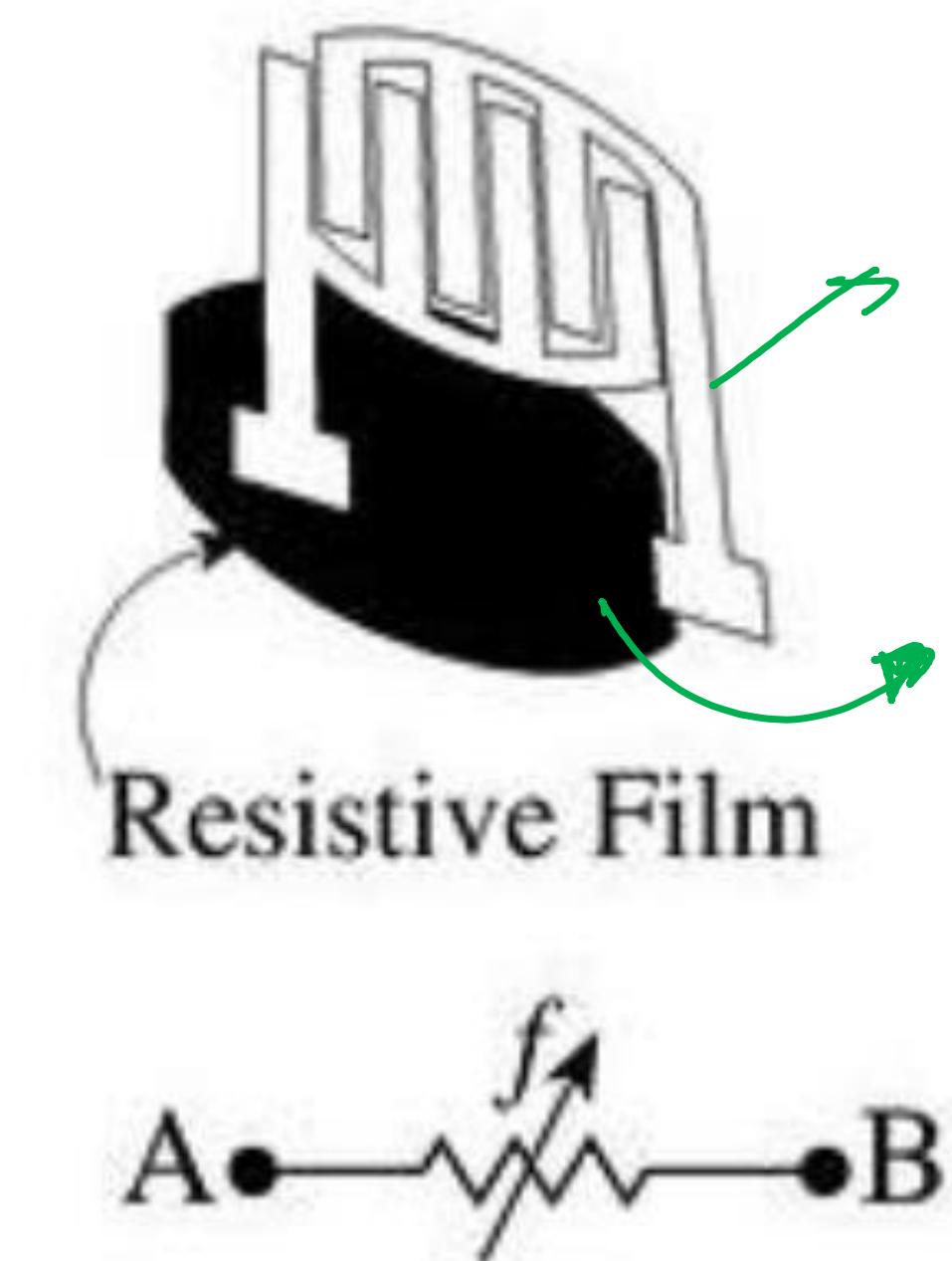
Fabian Castro (2019)



$$(ML, AP) = (xxx, yy)$$

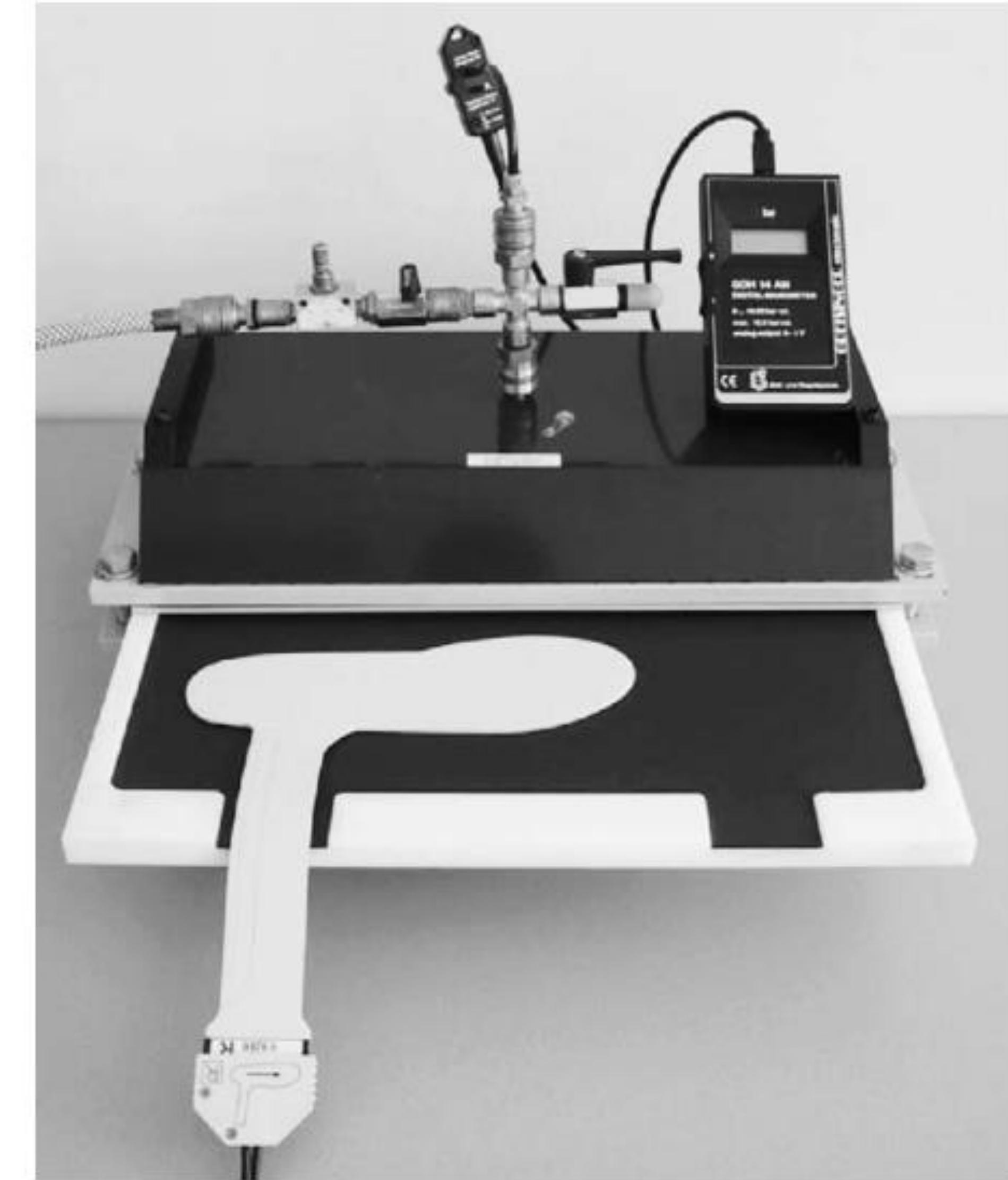
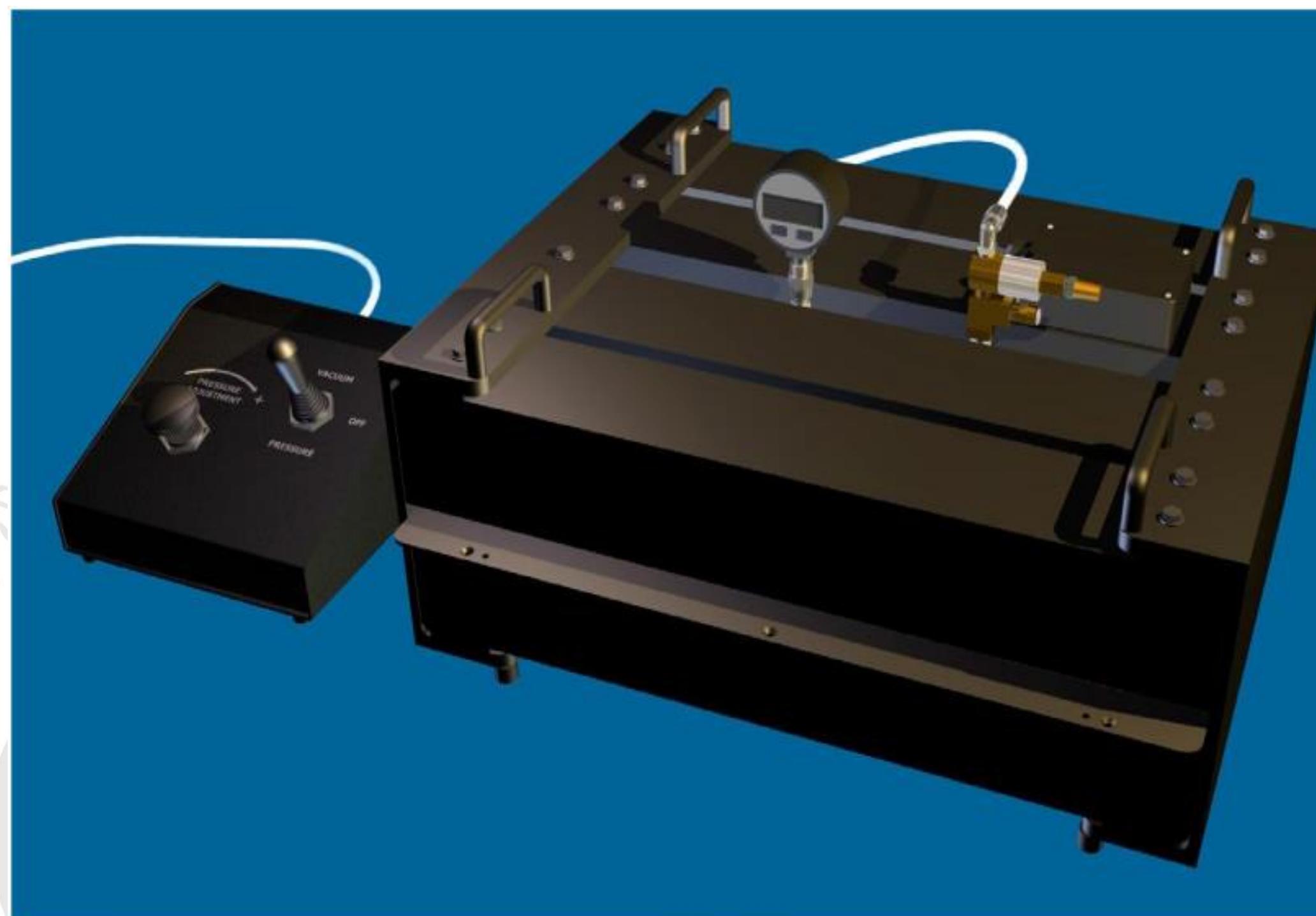
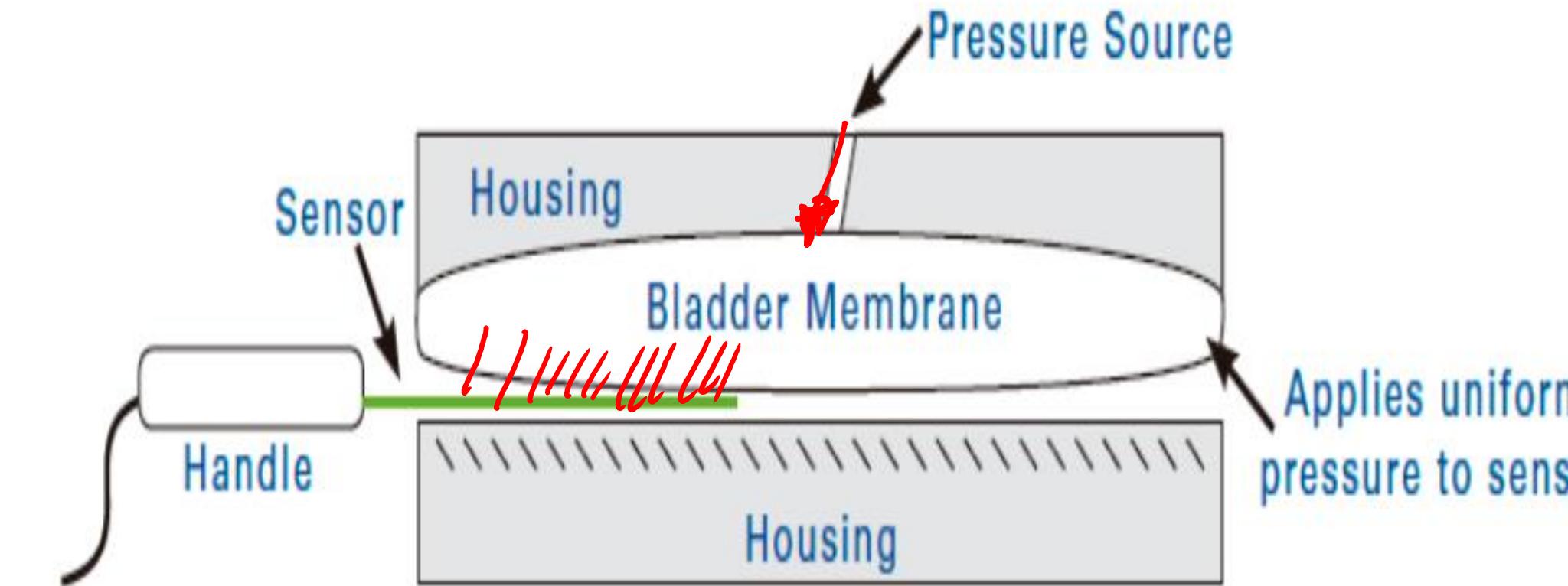


VELOSTAT - Linqstat



Caracterización de PPM Systems

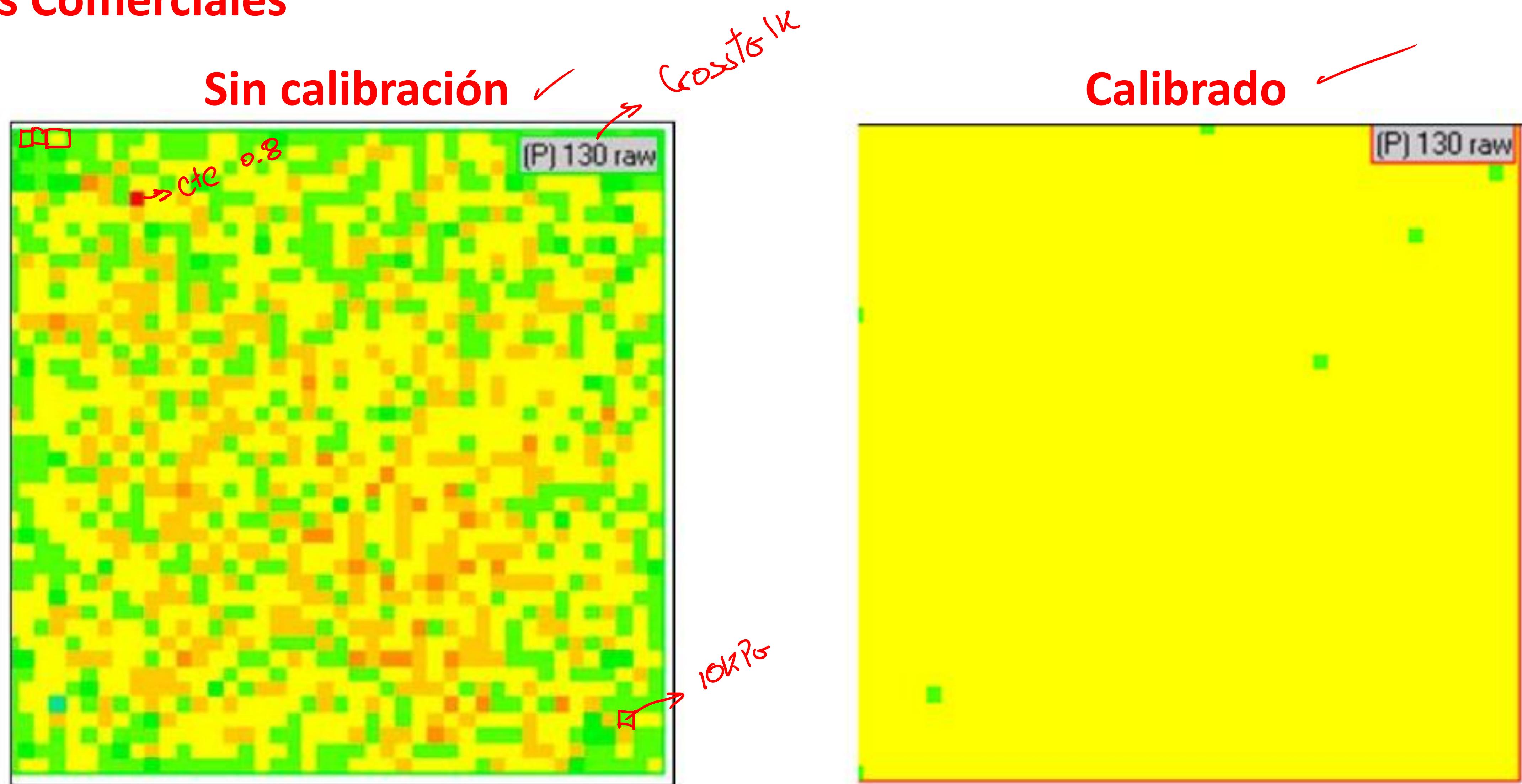
Equipos Comerciales





Caracterización de PPM Systems

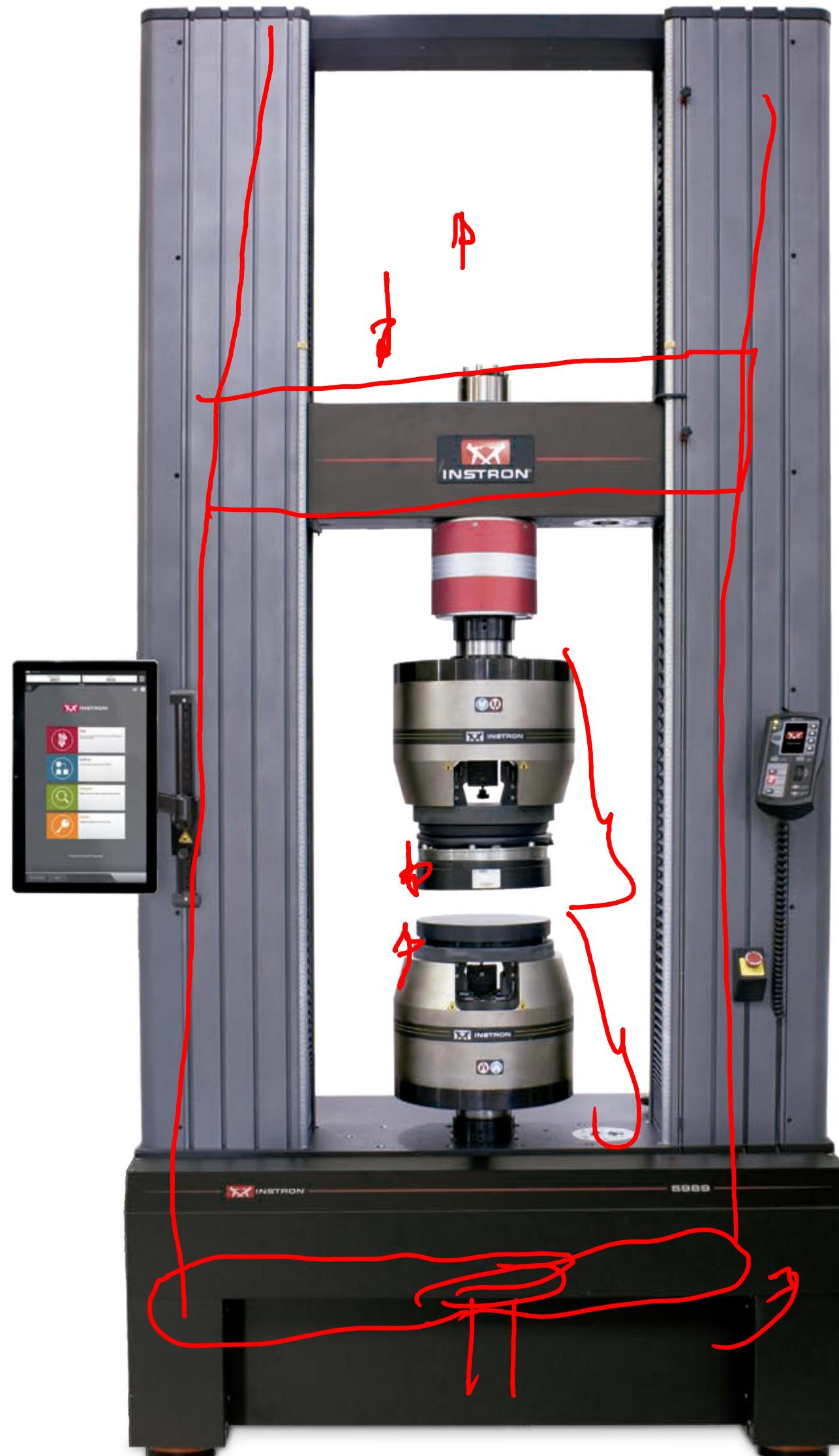
Equipos Comerciales





Caracterización de PPM Systems

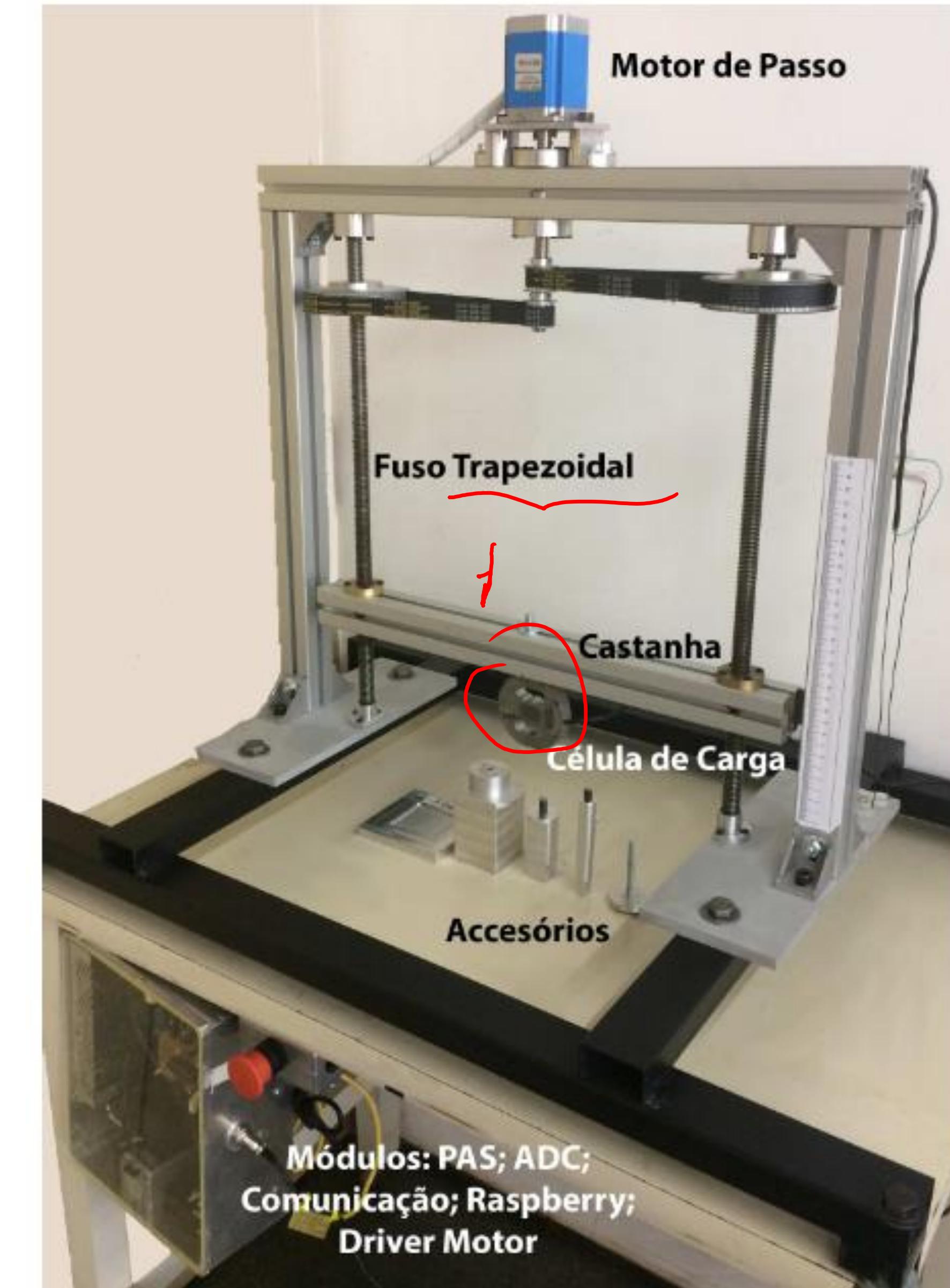
Máquina Universal de Ensayos



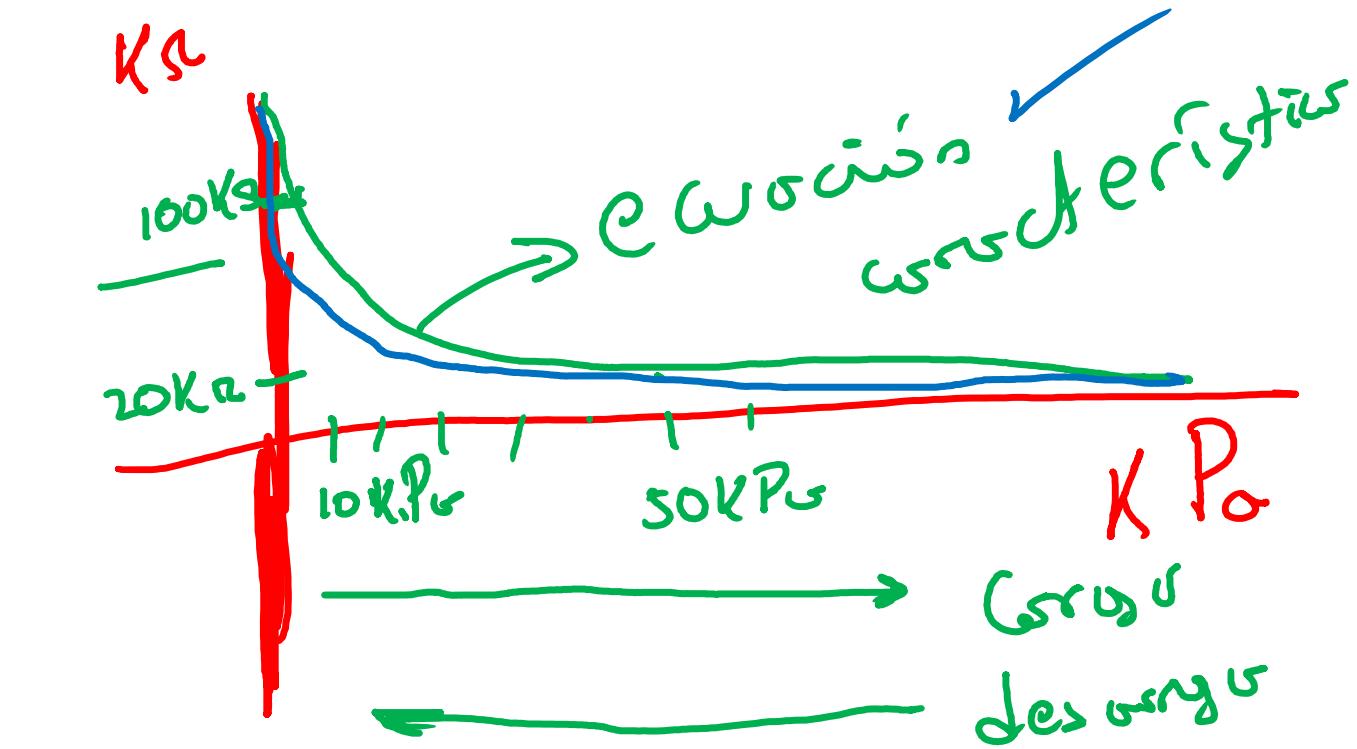
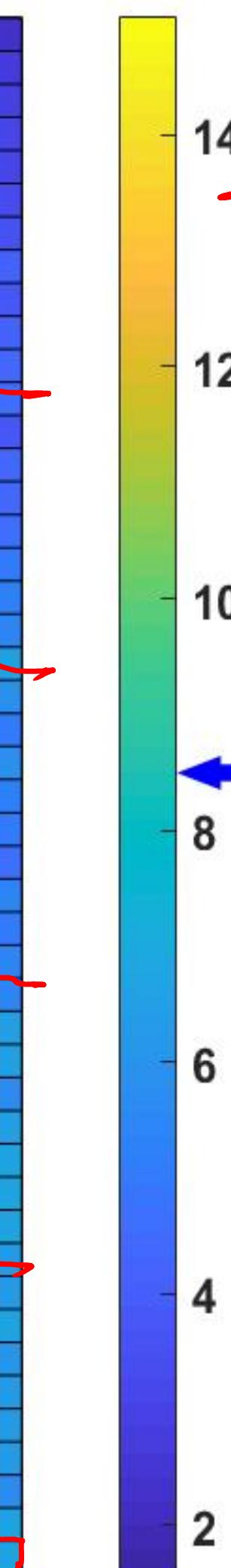
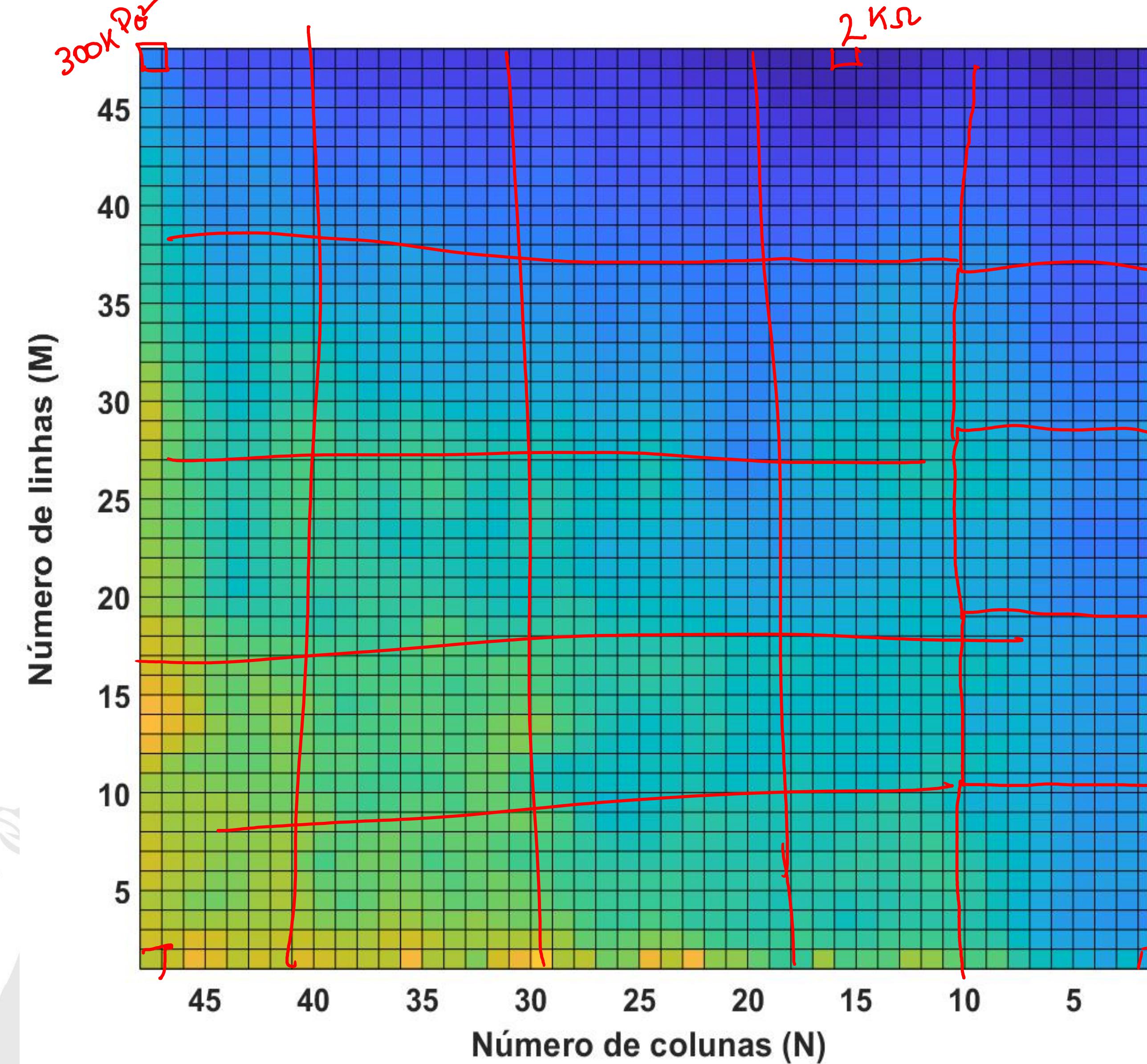
Caracterización de PPM Systems

Máquina Universal de Ensayos

Característica	MUE – LIEB
Capacidad (kN)	1,3
Velocidad Máxima de Avance (mm/s)	4
Velocidad Mínima de Avance (nm/s)	468
Resolución de Lectura (N)	0,07
Control	Histéresis
Software Propio	Python - Raspberry



Caracterización de PPM Systems



Cada SENSEL tiene una respuesta única, siendo necesario um processo de caracterización “particular”.

Lookup table

Caracterización de PPM Systems

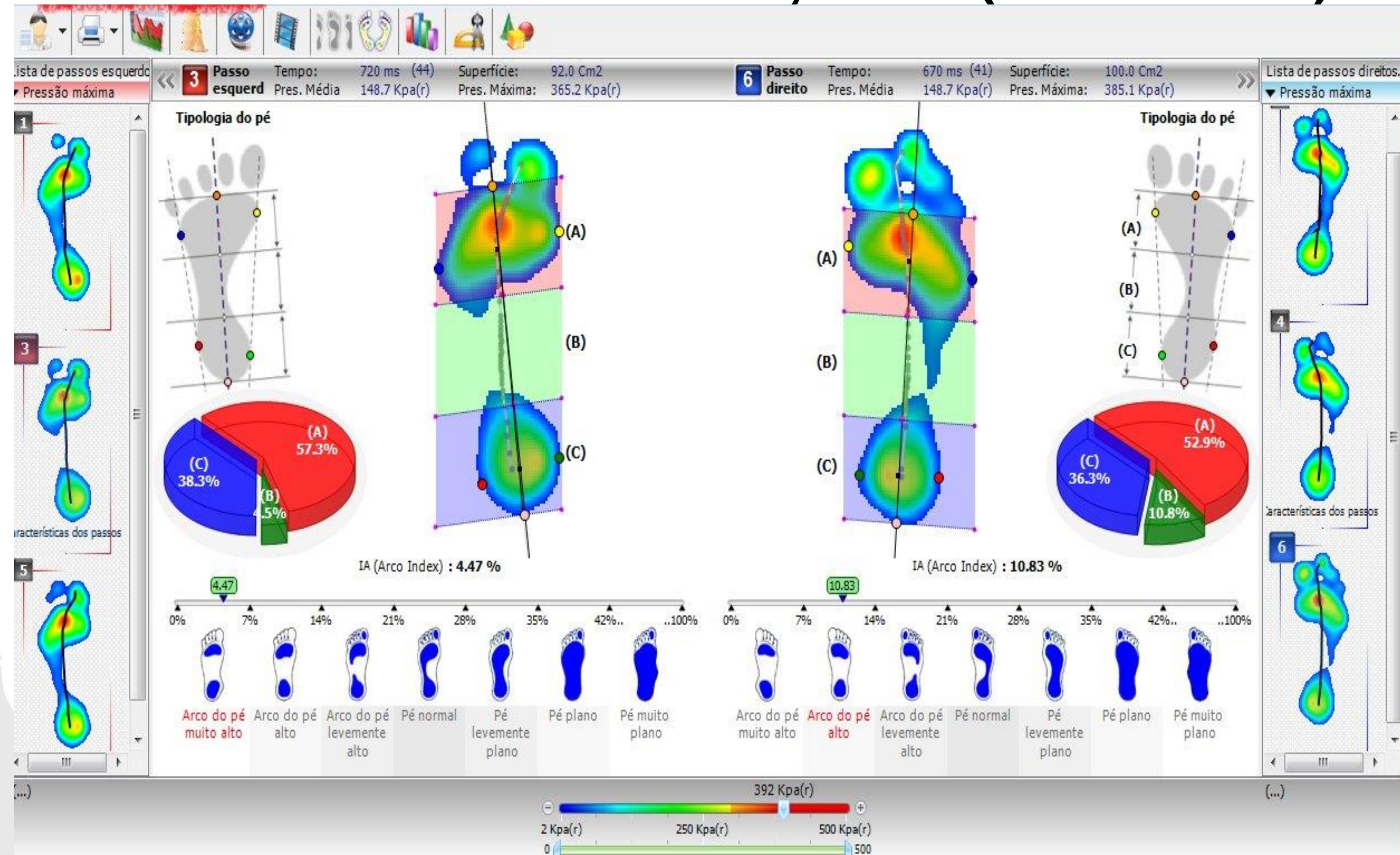
TABLE I
 COMPARISON OF PPM PARAMETERS

Parameter name	Int. cons. [30]	Medilogic [52]	AM Cube [53]	LiebScan	TekScan [54]	Novel [55]
Sensor technology	NIA	Resistive	Capacitive	Resistive	Resistive	Capacitive
PPM size active area (mm ²)	400 x 600	480 x 240	490 x 490	384 x 384	436 x 369	475 x 320
Number of sensels	NIA	2048	4096	2304	2288	6080
Resolution (sensels/cm ²)	> 1.4	1.78	1.7	1.56	1.4	4
Pressure range (kPa)	0-1500	6-640	10-1200	5-300	0-850	10-1270
Pressure resolution – threshold (kPa)	10	6	10	5	NIA	10
Sampling rate (Hz)	100	20	NIA	40	100	100
Pressure accuracy - RMSE (kPa)	< 75	59.20 ± 13.90	28.80 ± 8.60	18.06 ± 7.31	12.70 ± 3.40	2.00 ± 0.10
Pressure accuracy - RMSE (%)	< 5%	9.86 ± 2.32	4.80 ± 1.43	6.02 ± 2.44 ^a	2.12 ± 0.57	0.33 ± 0.02
Hysteresis (%)	< 5%	63.15	13.65	3.42	4.6	3.15
Creep - ΔP/Δt (kPa/s)	< 5	NIA	0.18	0.13	0.15	0.09
COP ML (cm)	< 0.2	0.46 ± 0.11	0.33 ± 0.21	0.41 ± 0.16	0.18 ± 0.06	0.12 ± 0.04
COP AP (cm)	< 0.2	0.56 ± 0.17	0.46 ± 0.19	0.56 ± 0.26	0.32 ± 0.04	0.12 ± 0.02
Crosstalk	< 5%	NIA	NIA	0.23 ± 0.16	NIA	NIA

^a Full scale pressure accuracy. NIA: No information available. Int. cons.: International consensus.

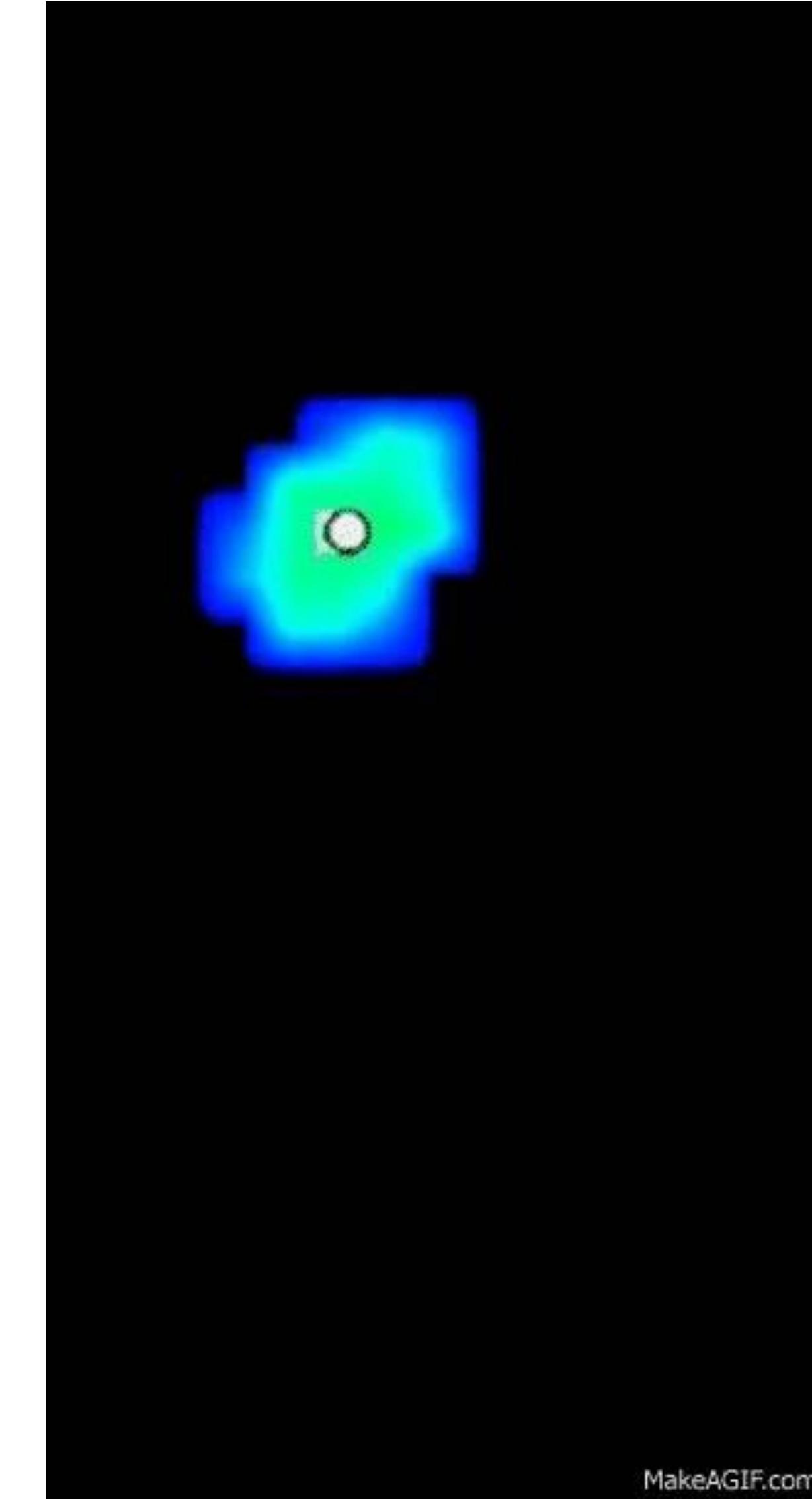
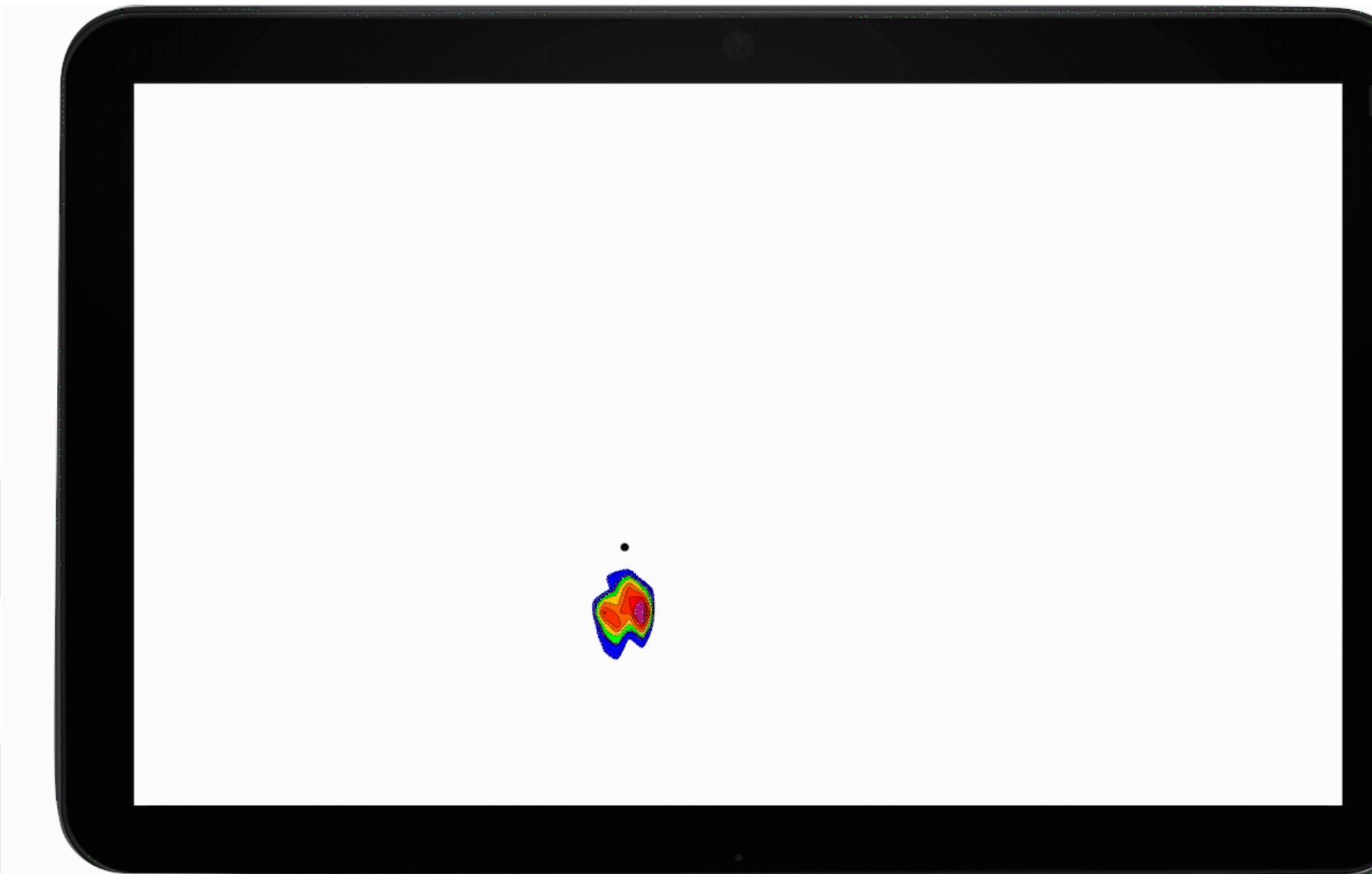
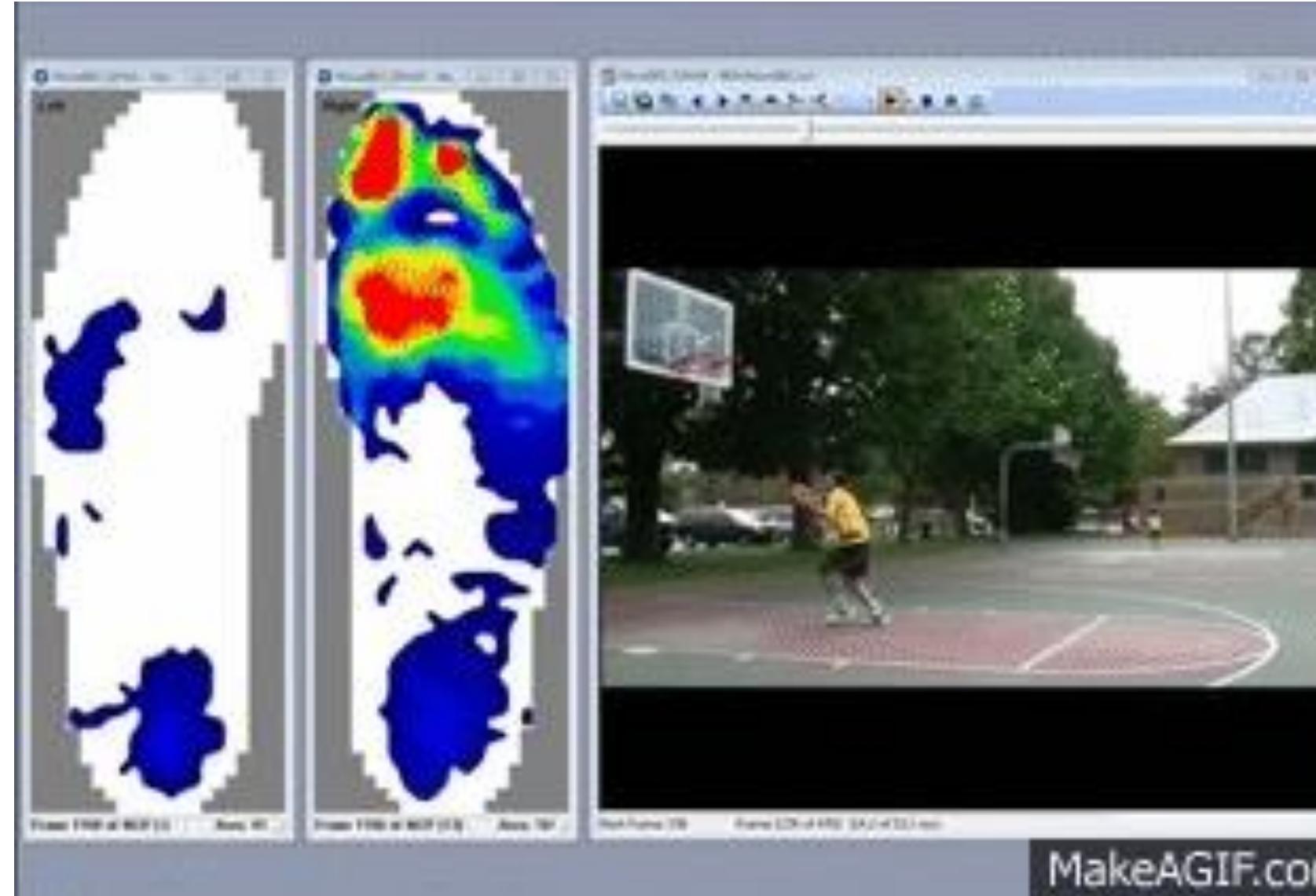


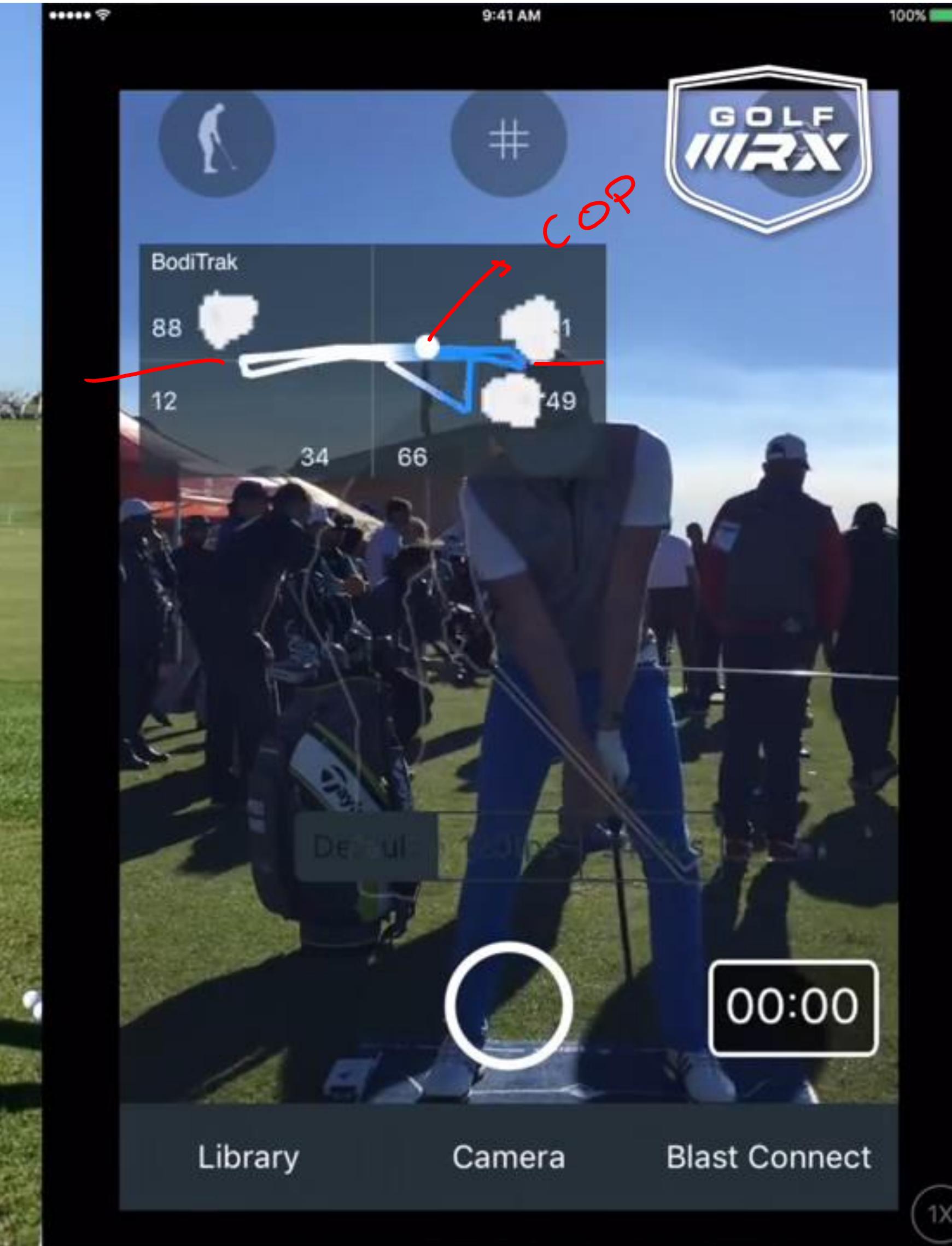
Software del LiebScan System (Debilidad)





Software del LiebScan System (Debilidad)







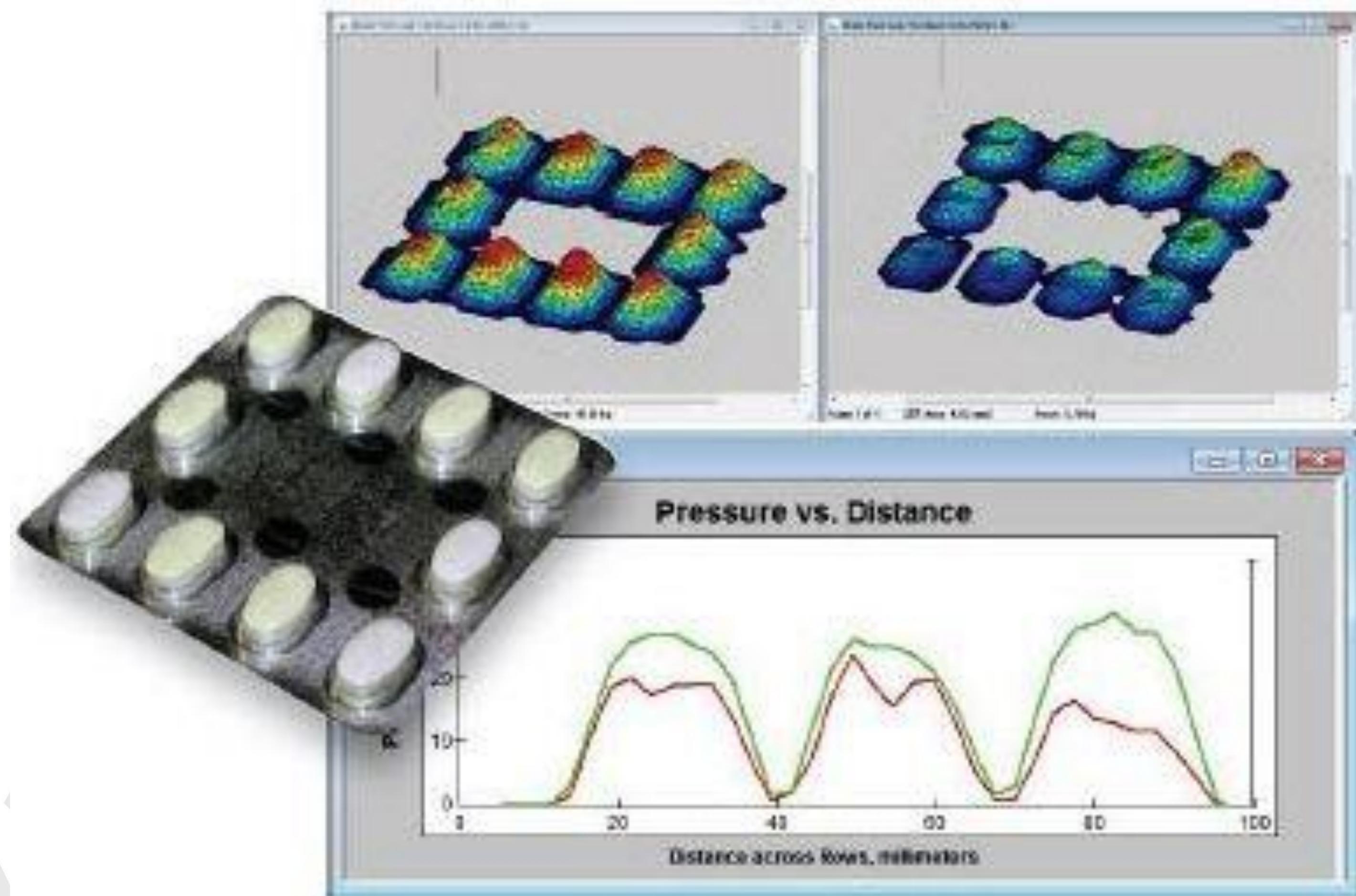
Baropodometros

- **Unidireccionales y Multidireccionales.**
- **Fuerzas de Reacción al Suelo (GRF).**
- **Centro de Presión (CoP).**
- **Estabilidad.**
- **Patrones de Marcha, Corrida y Distribuciones de presión.**
- **Caracterizaciones Biomecánicas.**
- **Estudios Clínicos.**





Utilidades Varias





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

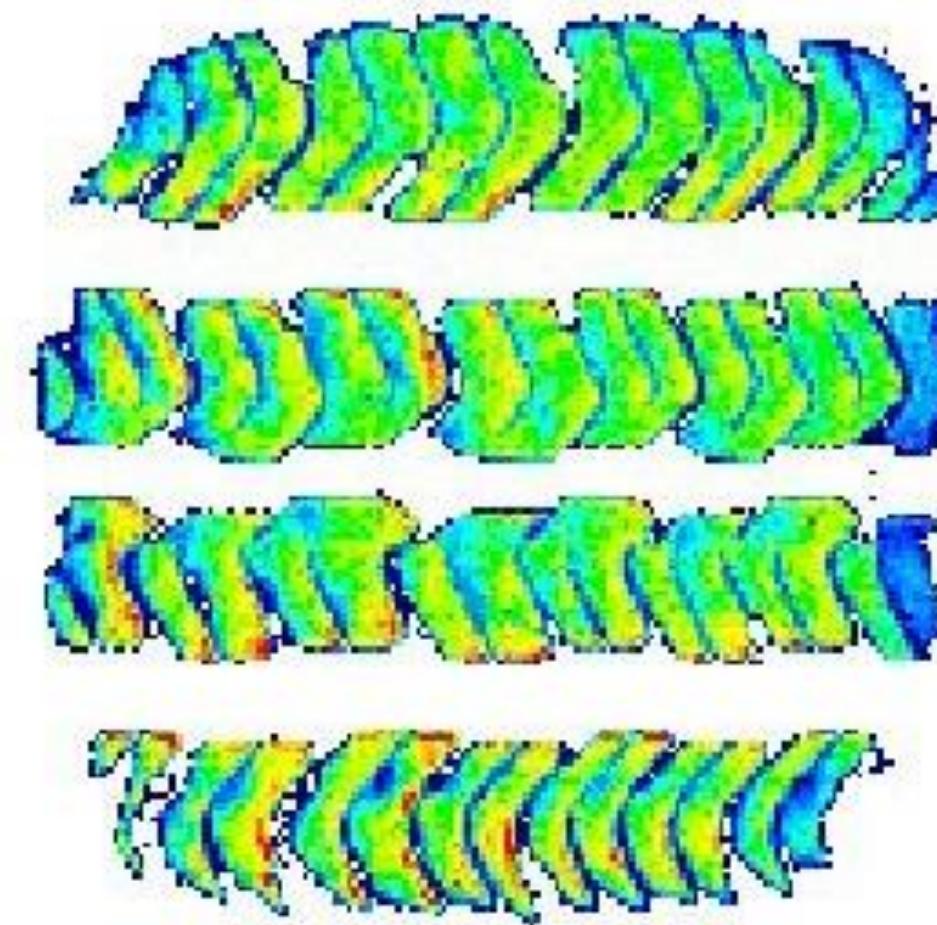
ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS



Utilidades Varias





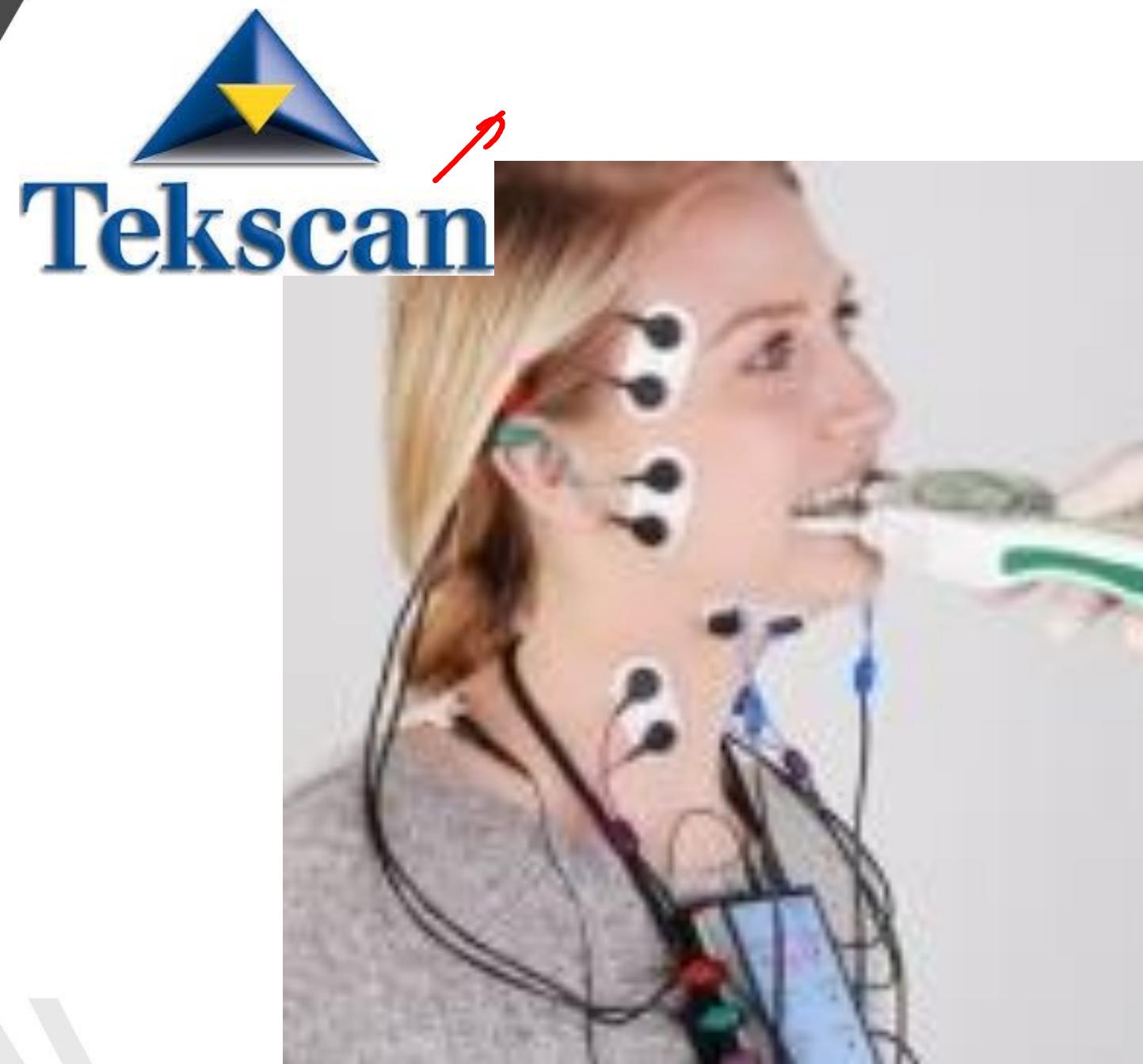
Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

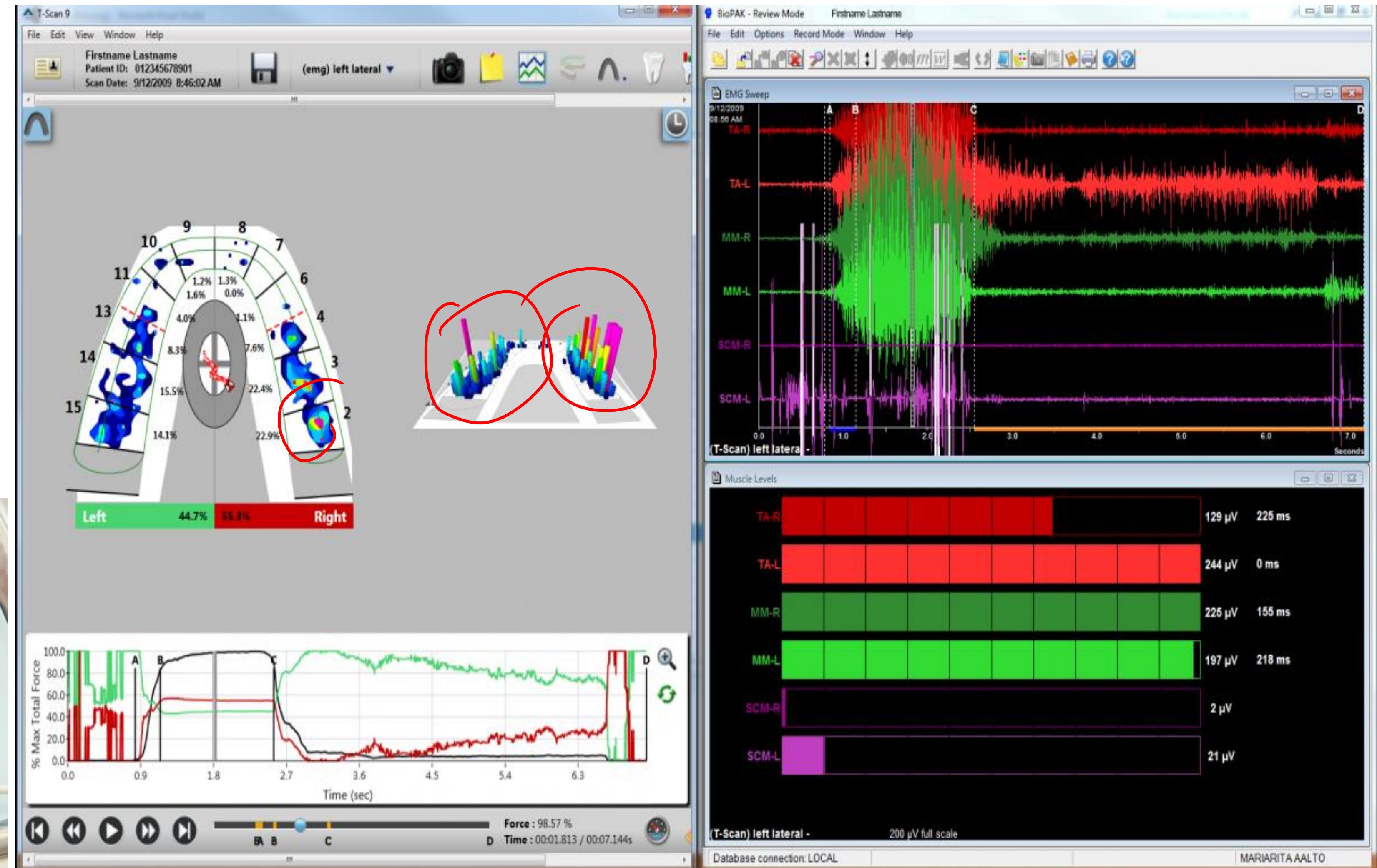
LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS



Tekscan



Utilidades Varias





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINE DUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS



Utilidades Varias





Uptc®

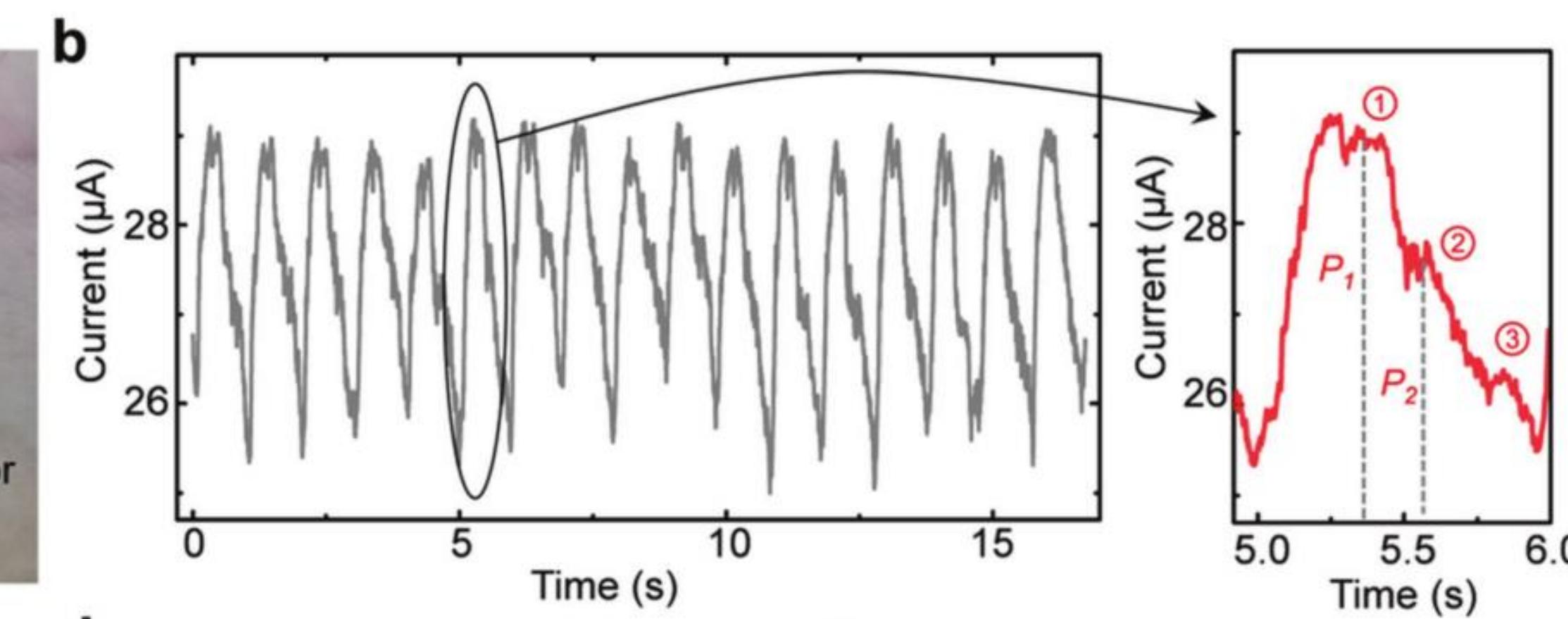
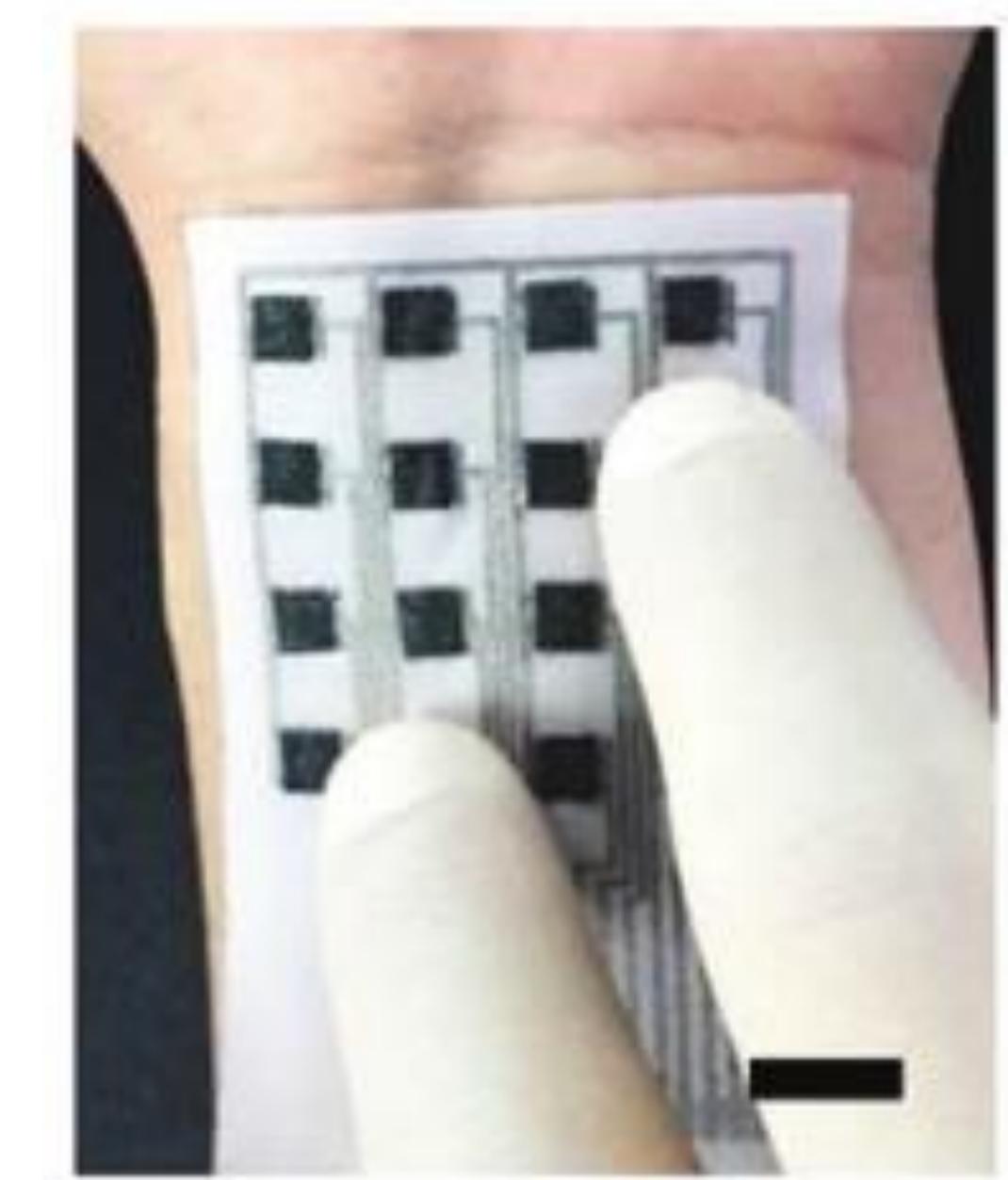
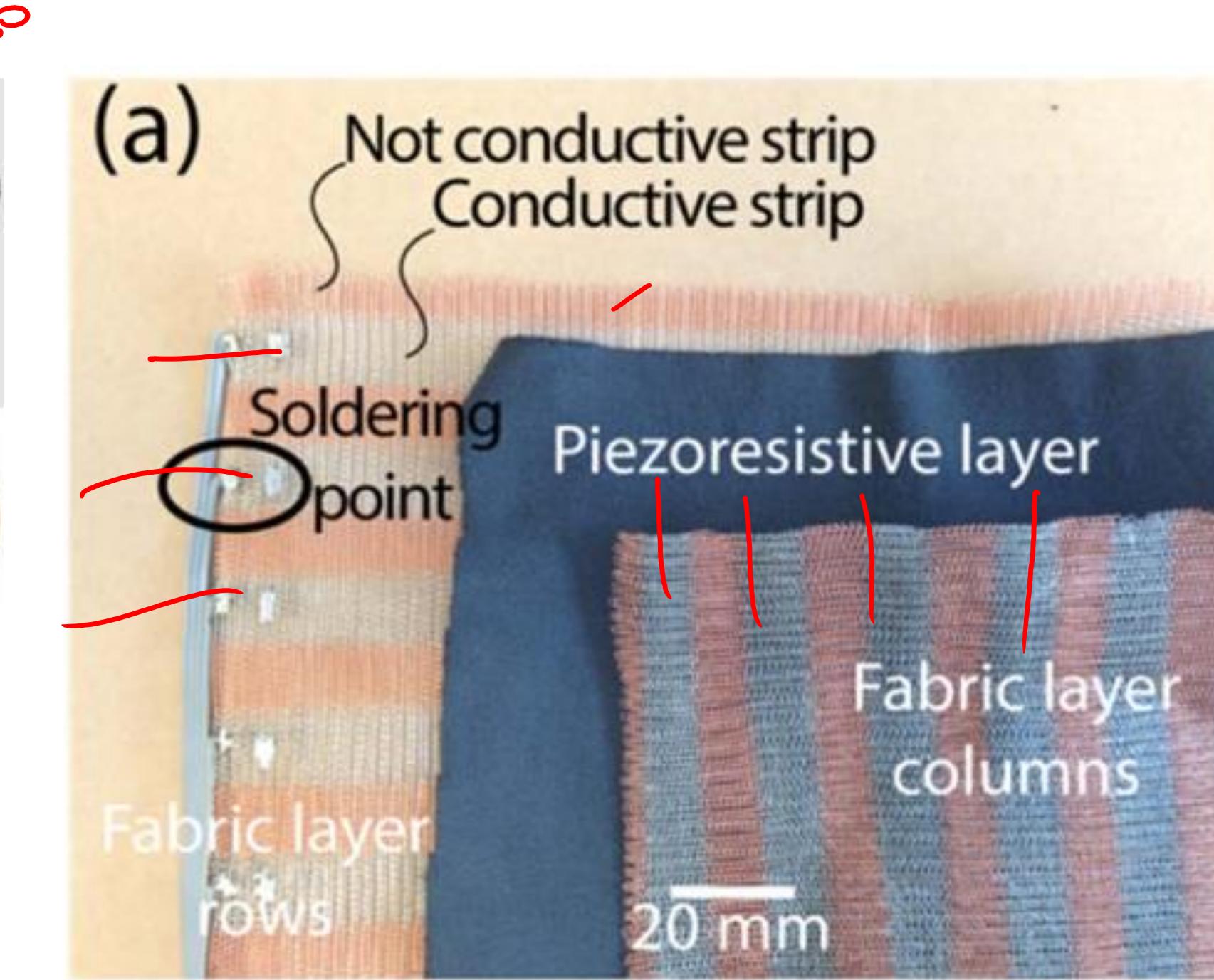
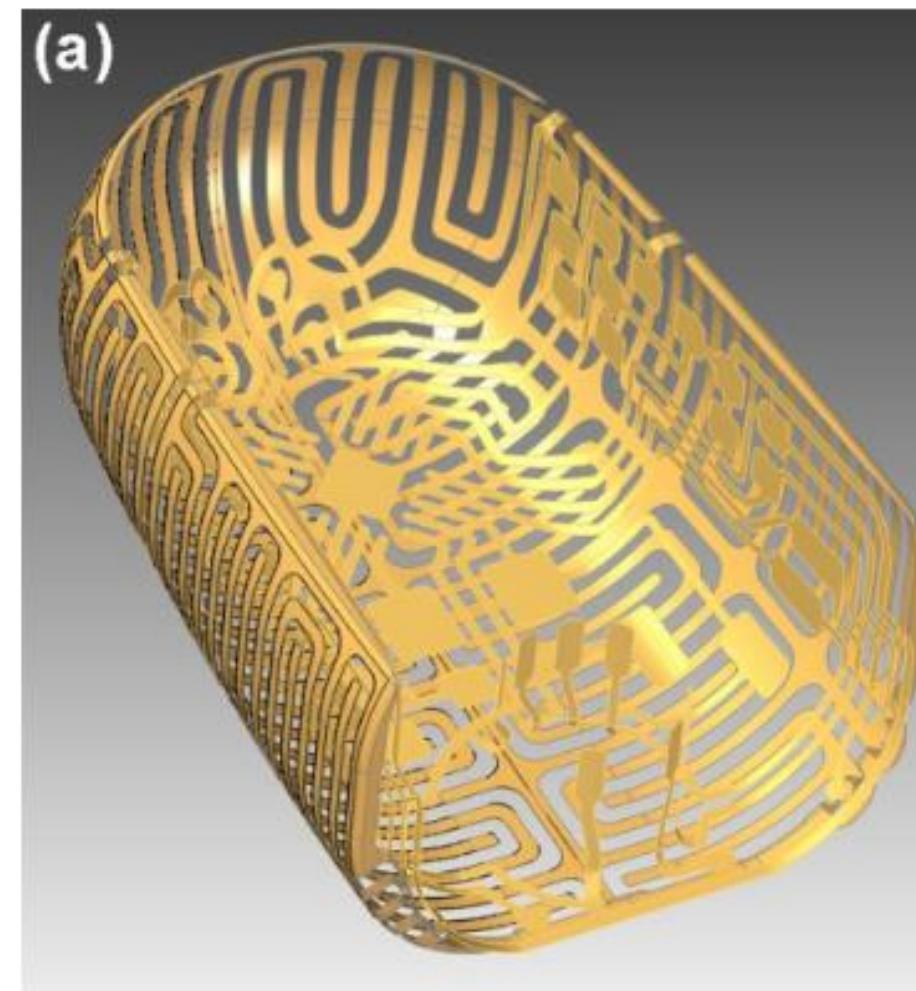
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Utilidades Varias





Uptc®

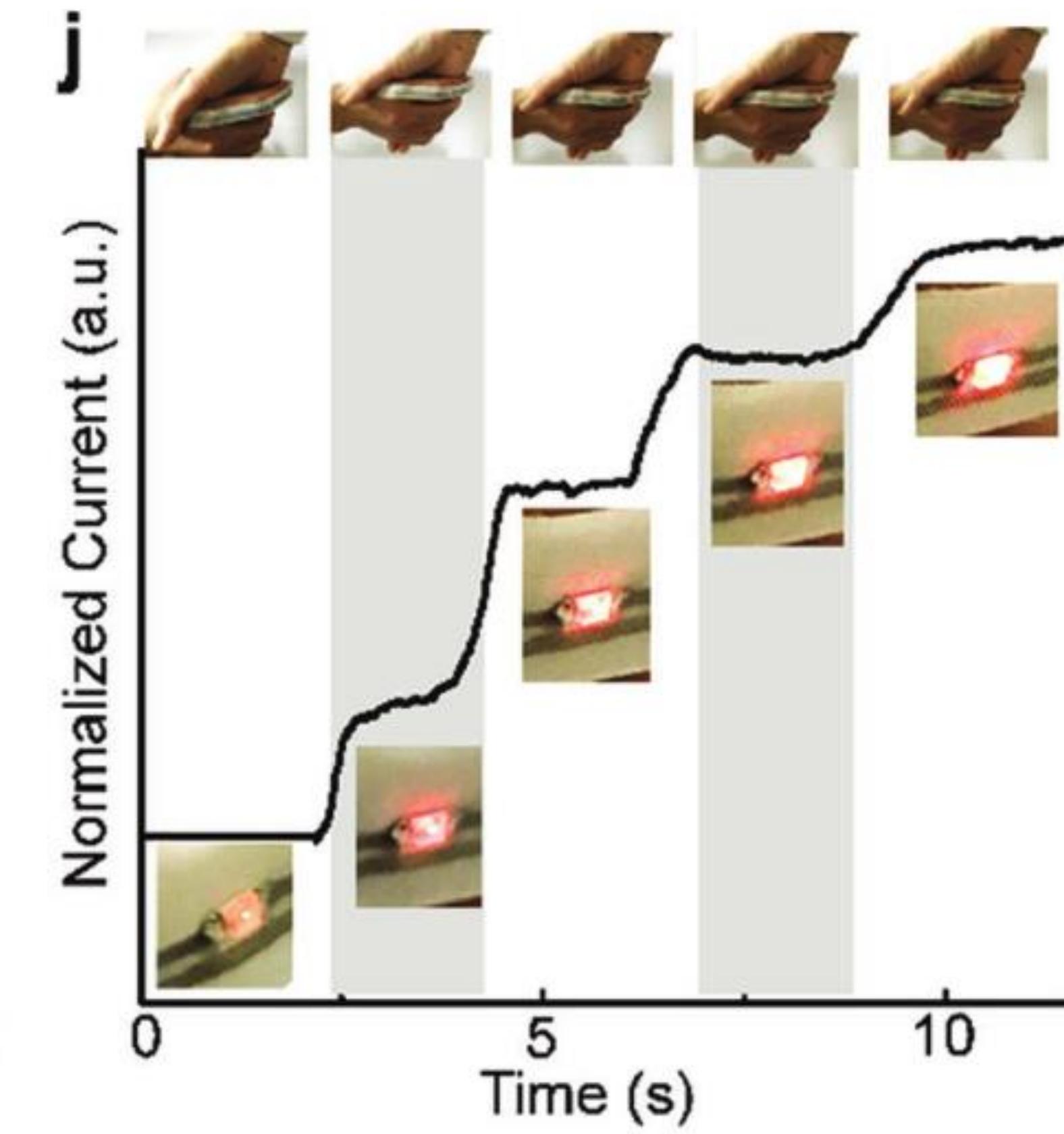
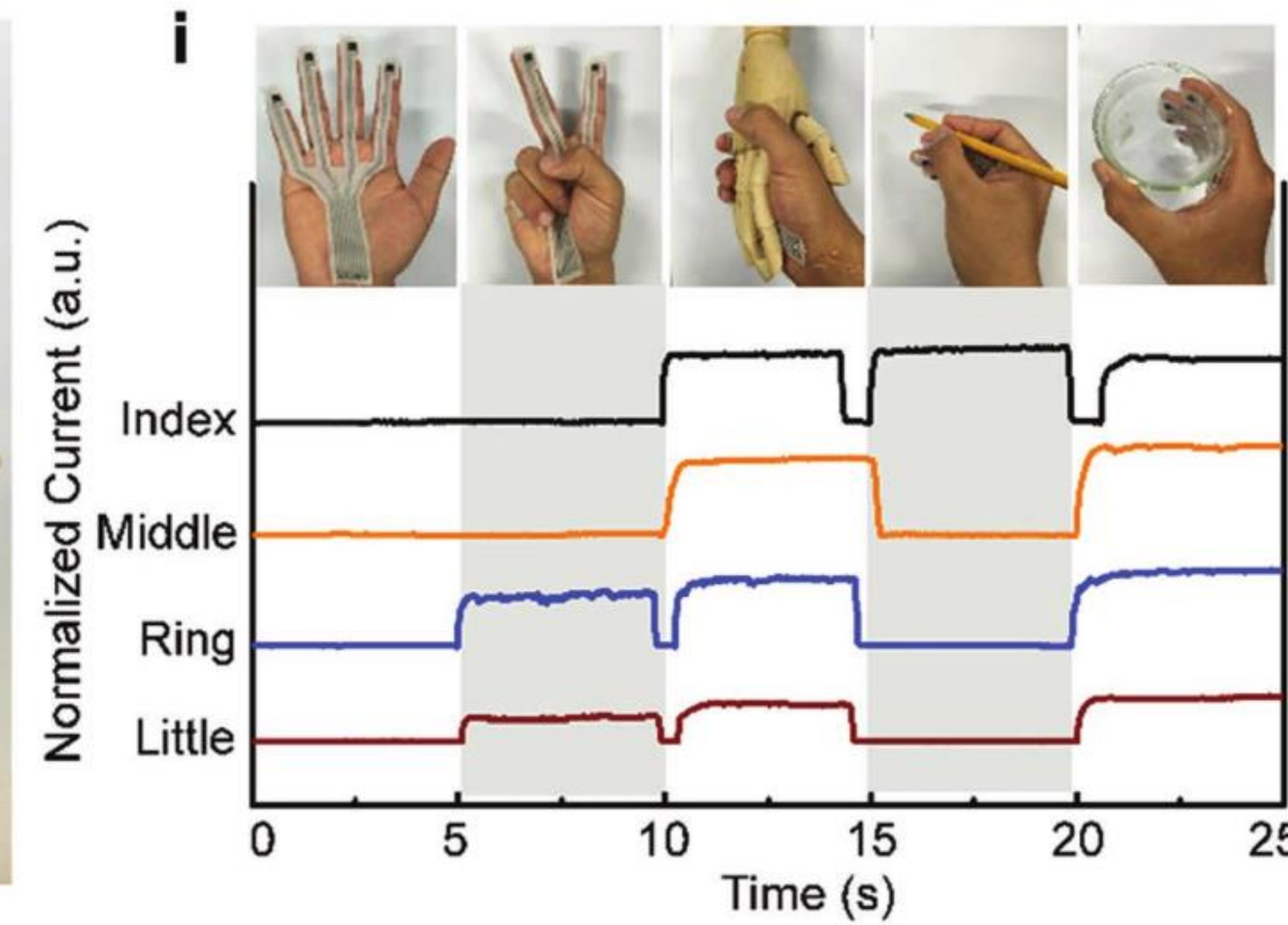
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

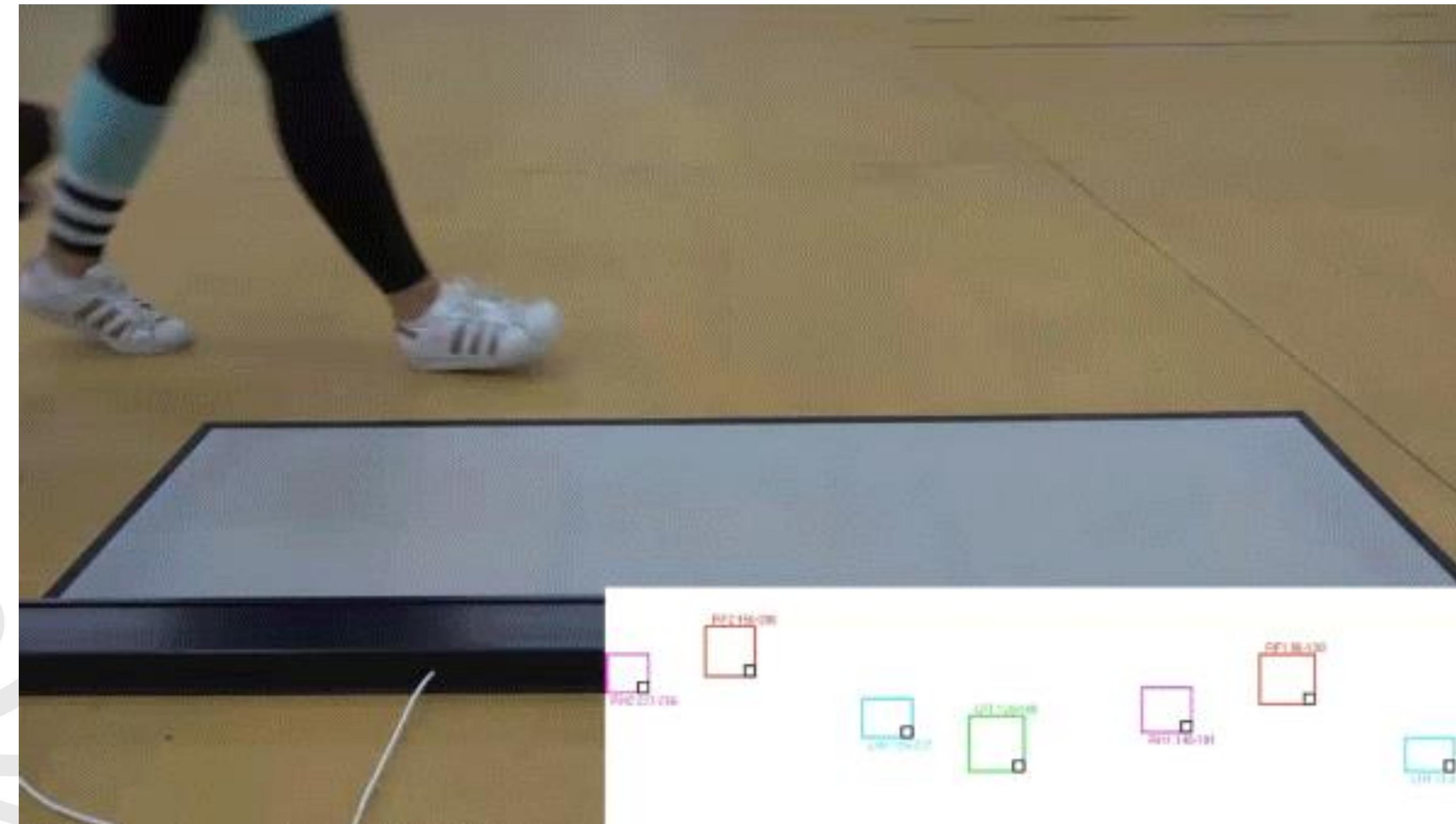
VIGILADA MINE DUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Utilidades Varias

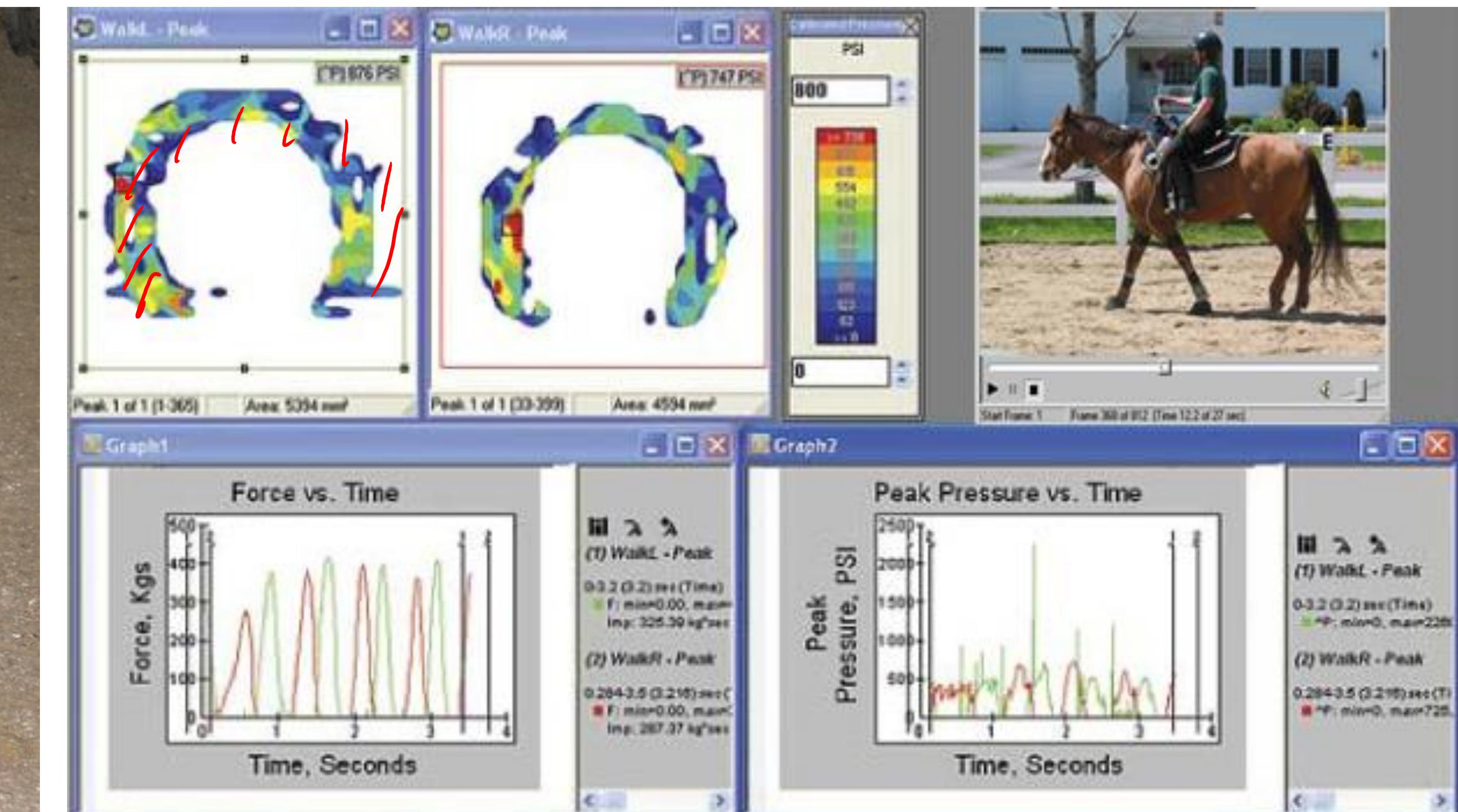


Utilidades Varias





Utilidades Varias





DUDAS?





Unidad 2: Biomecánica

Unidad 2.3: Sistemas de Video y Laboratorios



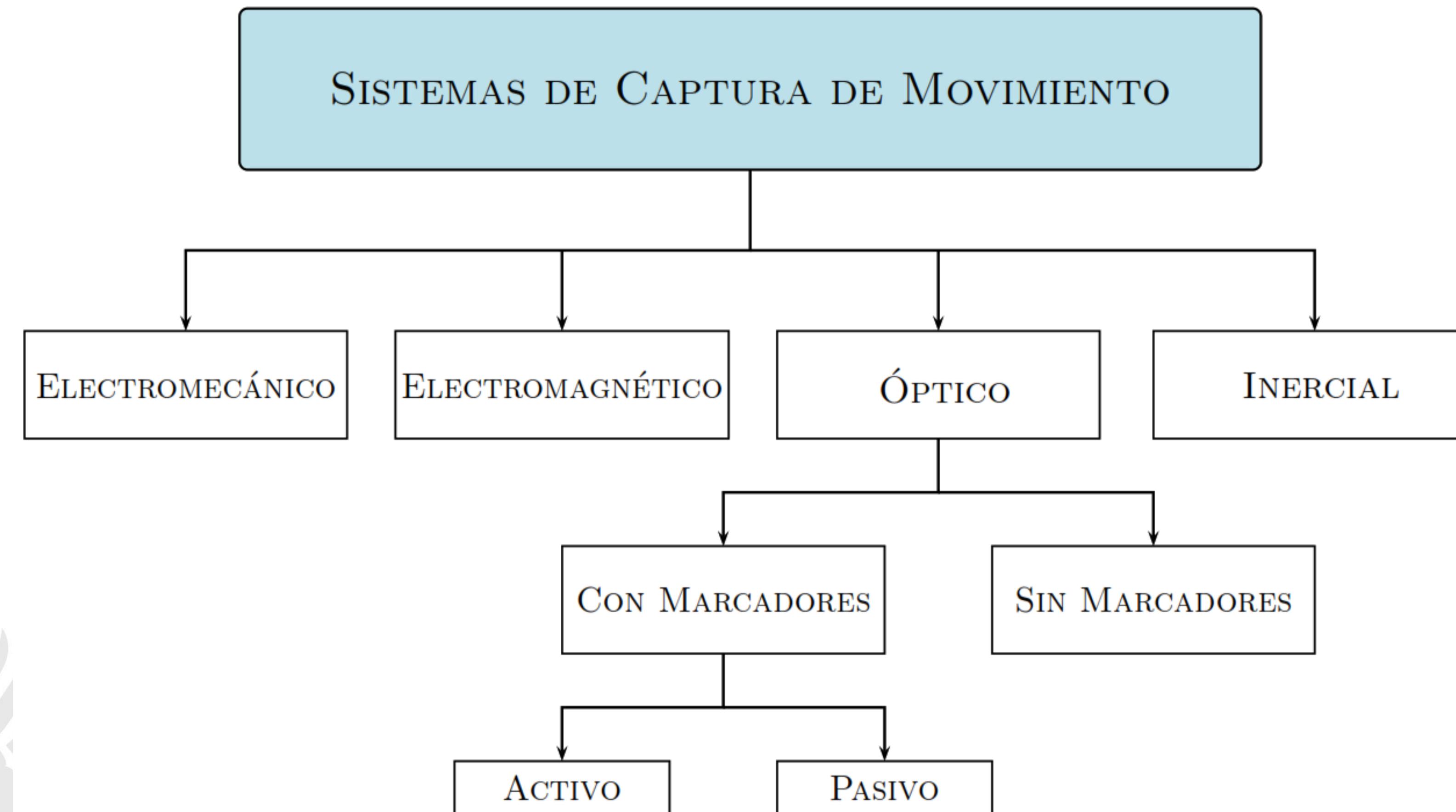
Unidad 2.3: Sistemas de Video y Laboratorios



- Sistemas de Captura del Movimiento;
- Sistemas de Cámaras;
- Laboratorios de Biomecánica y análisis del movimiento humano;

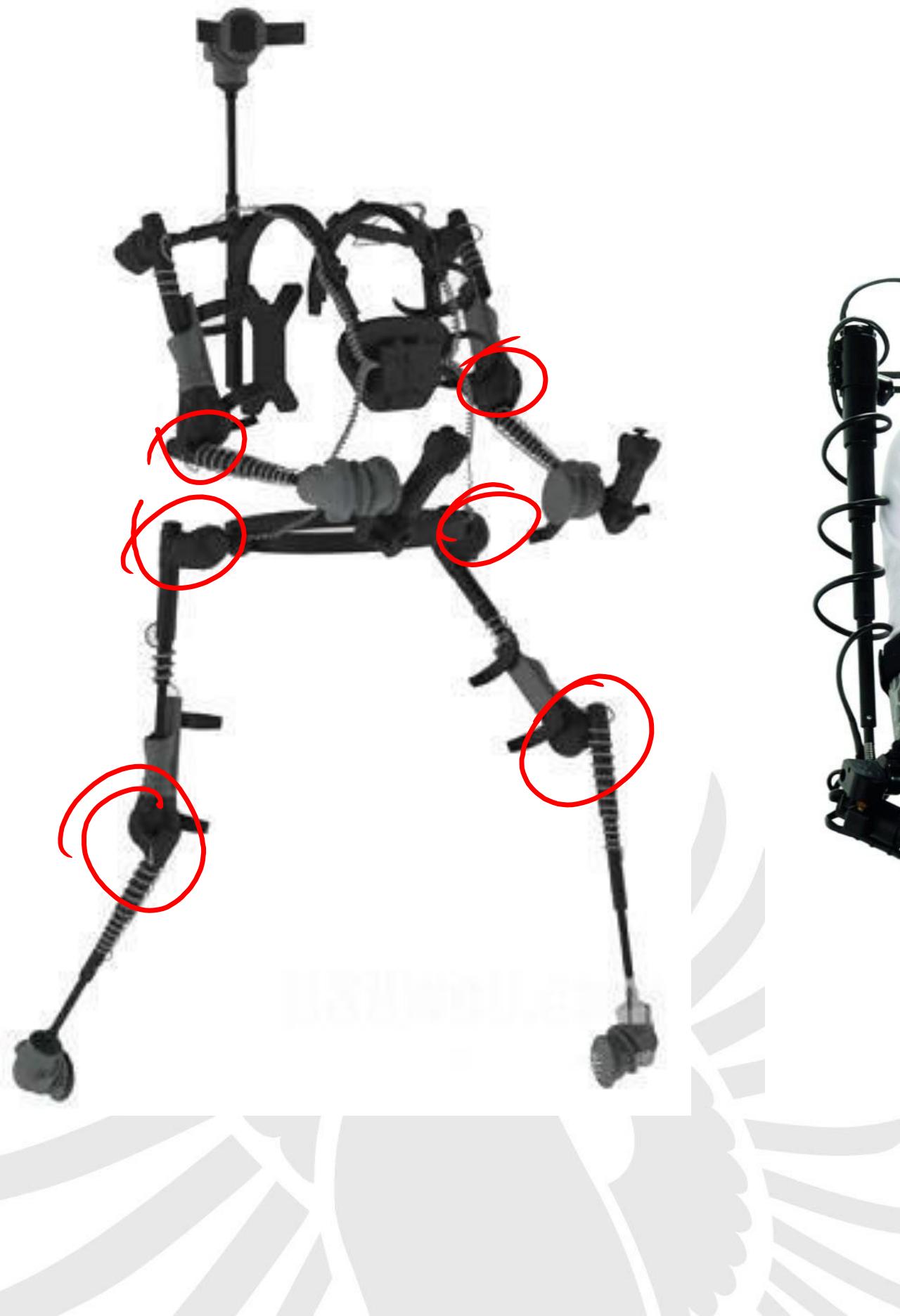


Sistemas de Captura de Movimiento



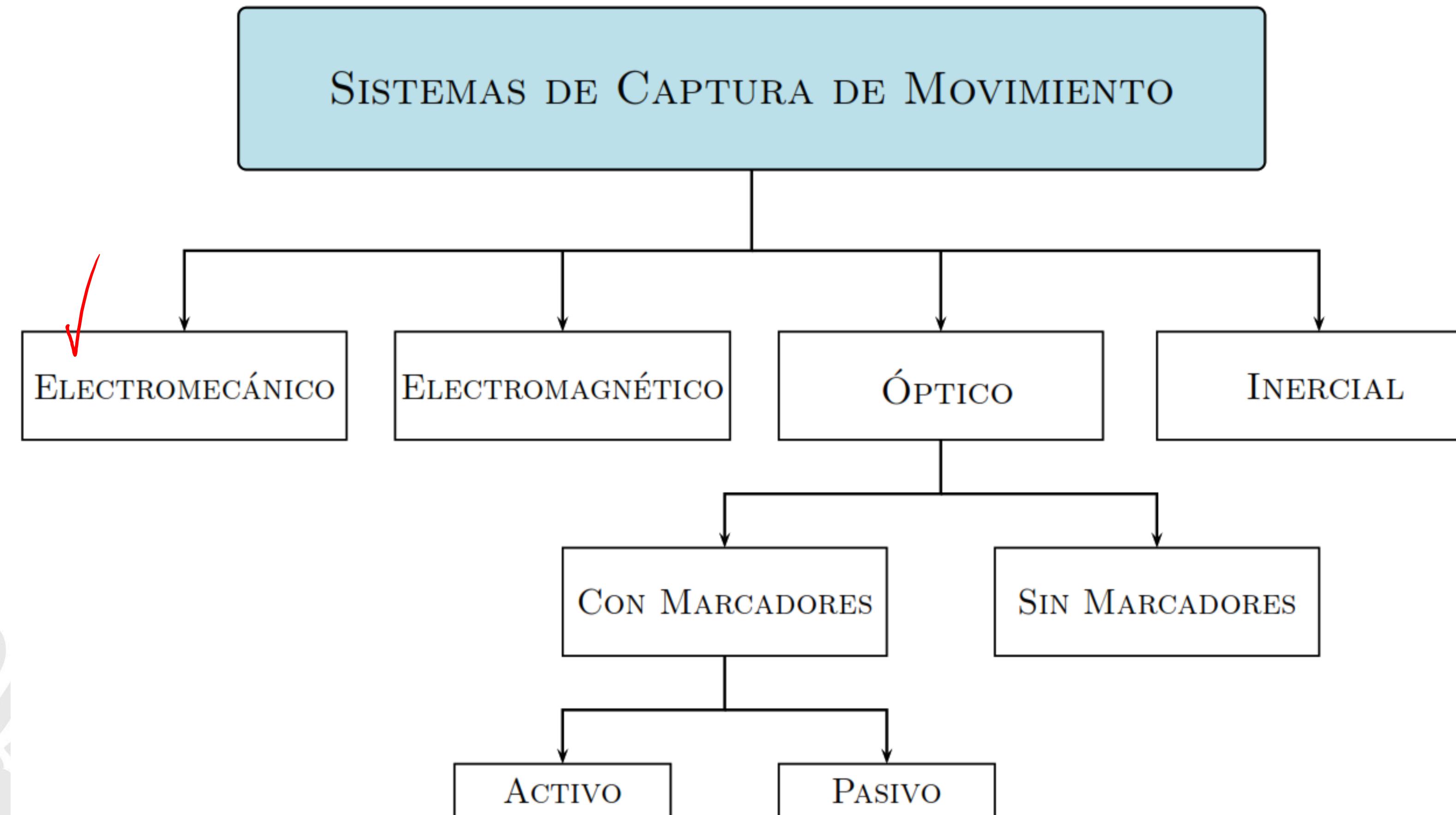


Sistemas de Captura de Movimiento Electromecánico - Gypsy



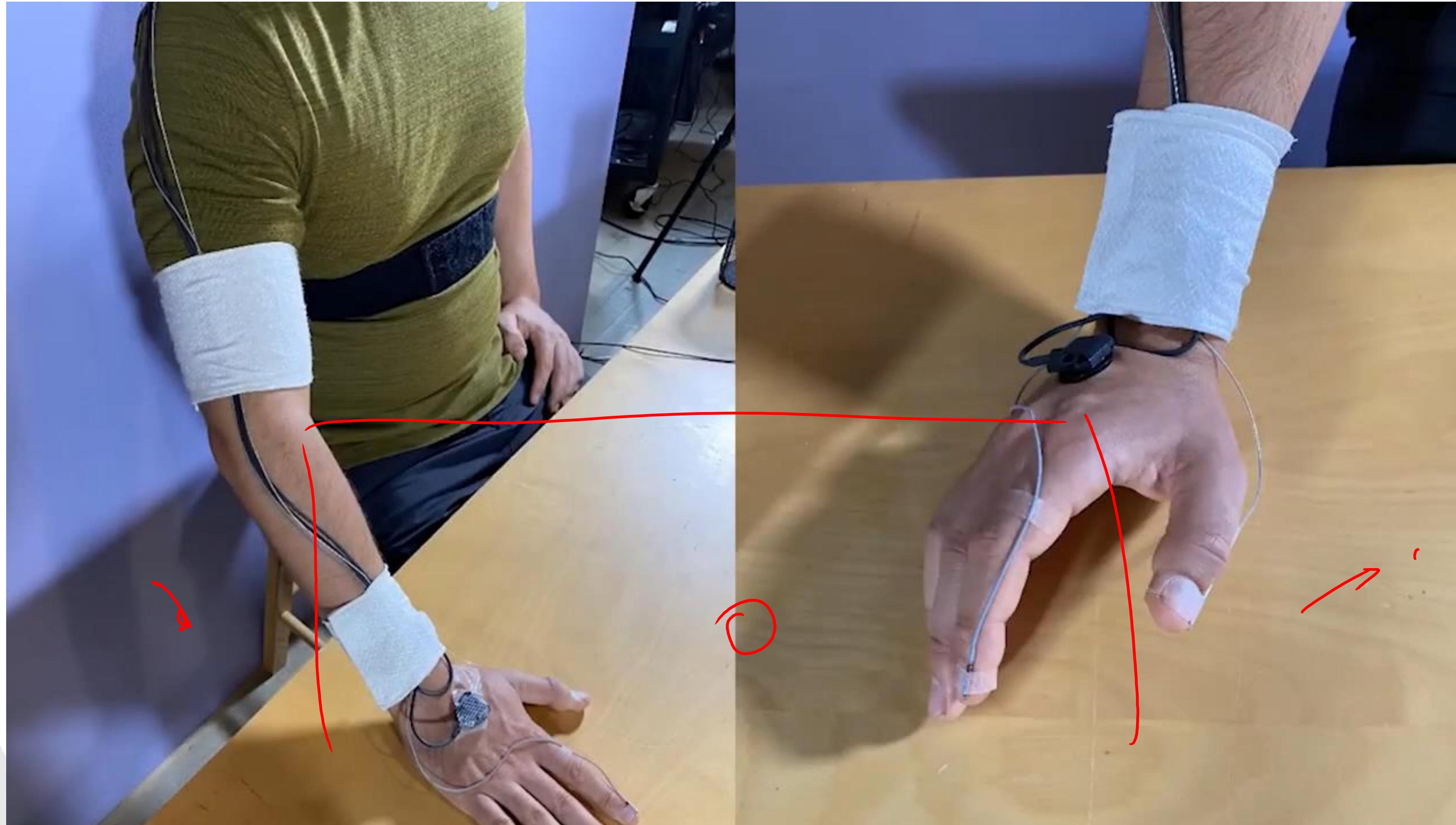


Sistemas de Captura de Movimiento





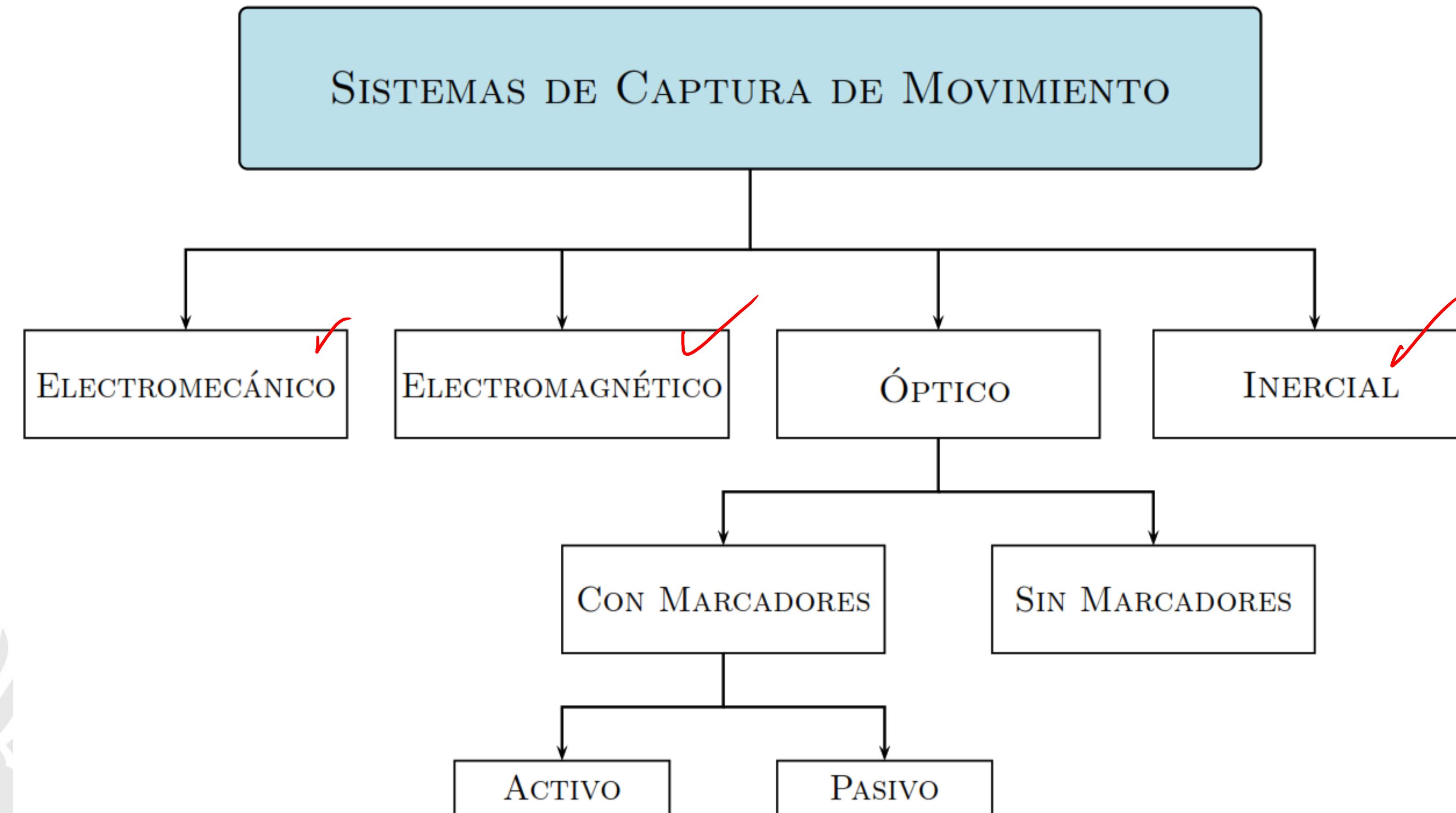
Sistemas de Captura de Movimiento Electromagnético - Polhemus



<https://www.youtube.com/watch?v=1Q4SX1XIUqQ>

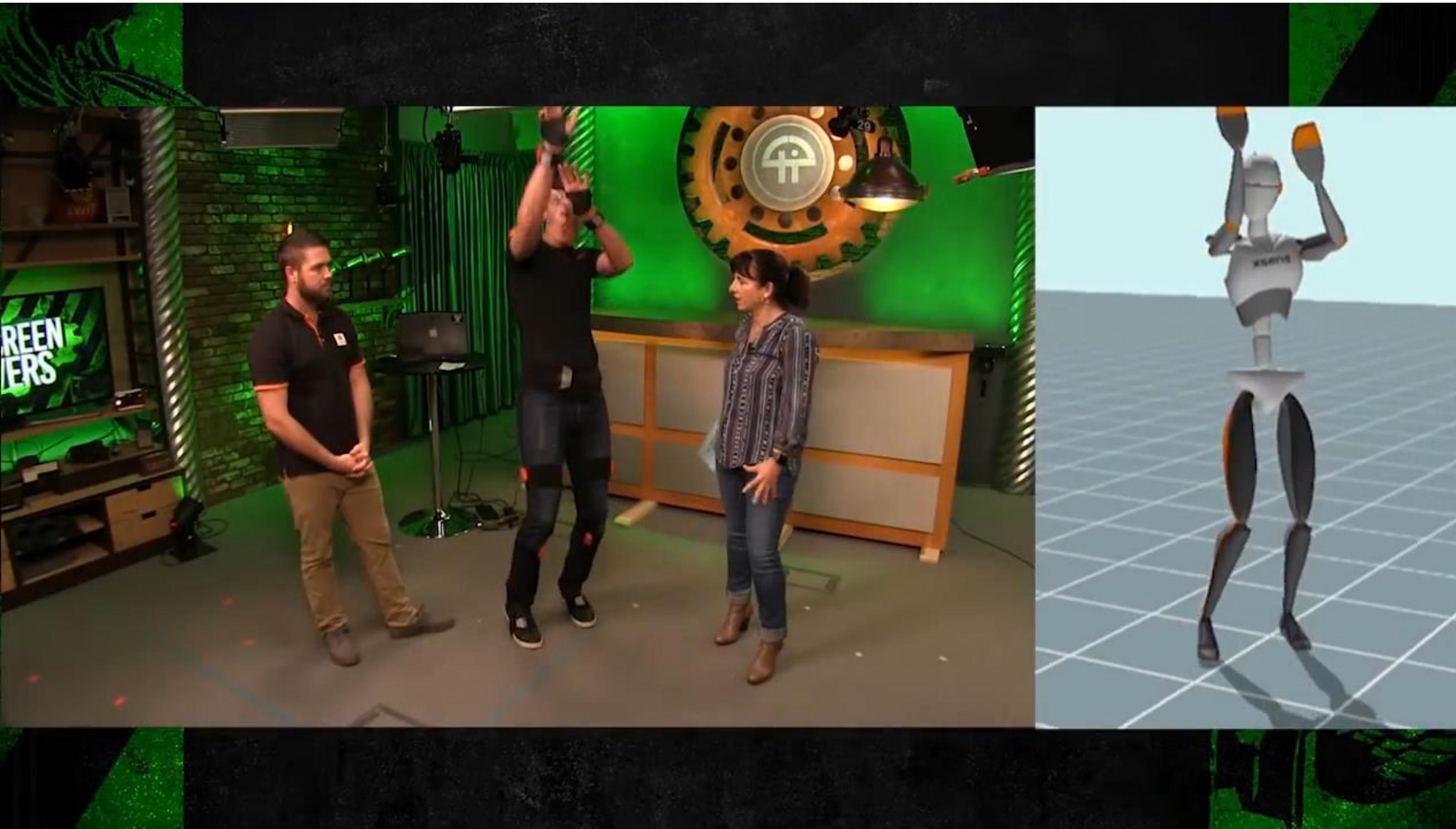


Sistemas de Captura de Movimiento





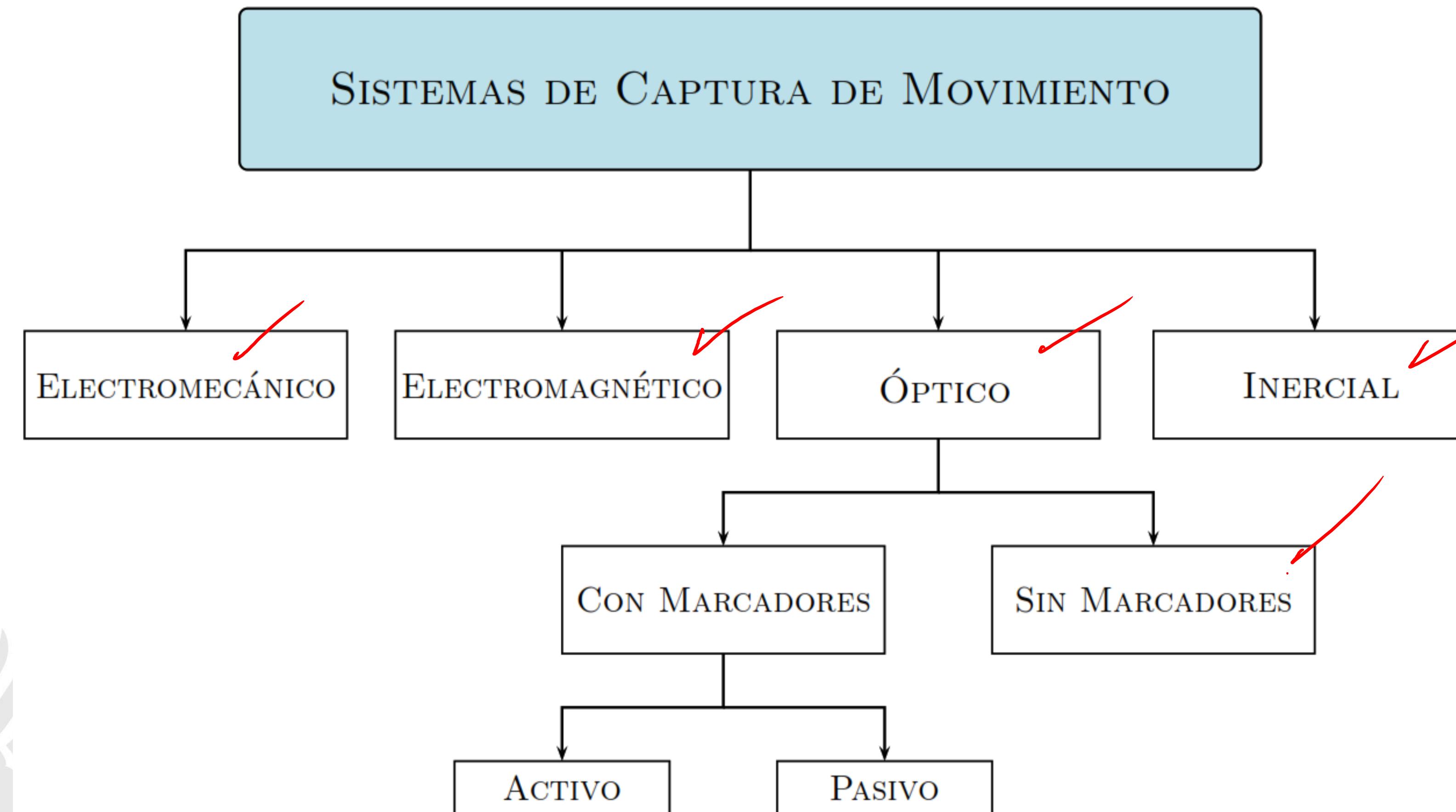
Sistemas de Captura de Movimiento Sensores Inerciales - XSens



acelerómetros triaxiales y giroscopios

<https://www.youtube.com/watch?v=KqKa2Gc7lh8>

Sistemas de Captura de Movimiento

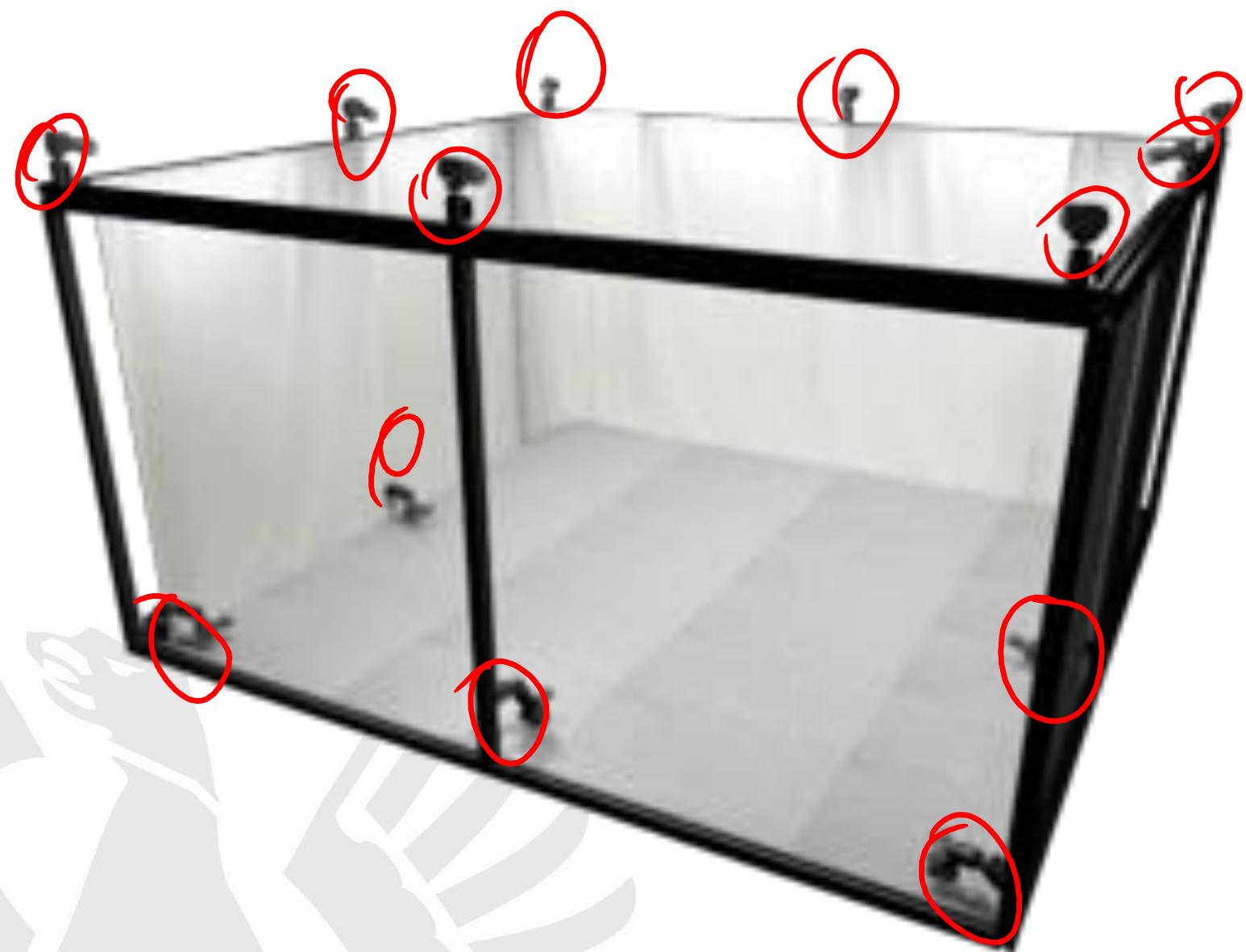




Sistemas de Captura de Movimiento

Sensores Ópticos – Sin Marcadores

Organic Motion



Microsoft Kinect





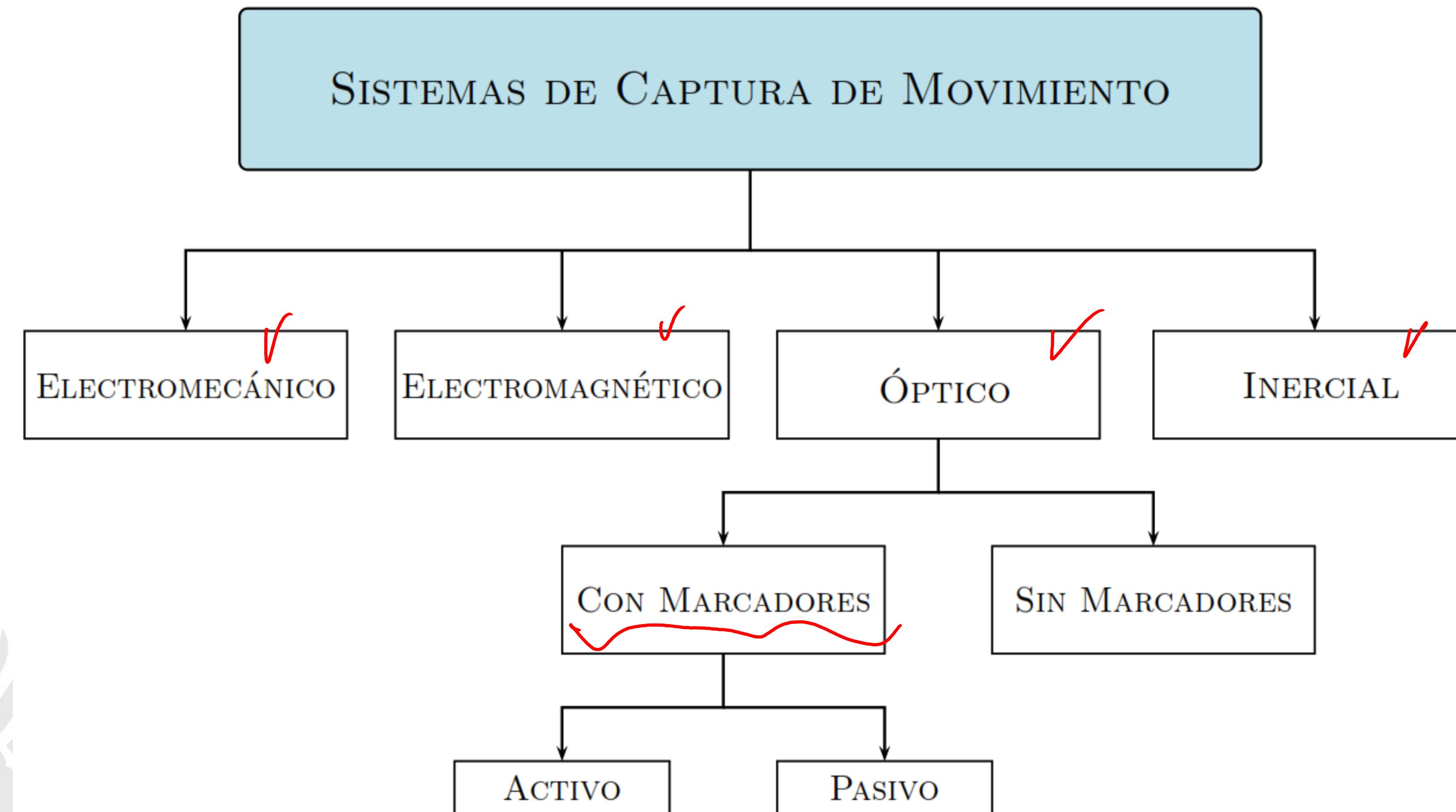
Sistemas de Captura de Movimiento

Sensores Ópticos – Sin Marcadores





Sistemas de Captura de Movimiento





Sistemas de Captura de Movimiento

Sensores Ópticos – Con Marcadores

Pasivos ✓

Marcadores Reflectivos

Activos

Diodos LED





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINE DUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sistemas de Cámaras

NICON

 **OptiTrack™**
by NaturalPoint ®



QUALISYS
Motion Capture Systems





Sistemas de Cámaras



Proporcionan sistemas de captura de movimiento personalizados para cualquier aplicación: ciencias de la vida, medios, entretenimiento y realidad virtual.



Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sistemas de Cámaras



Sistemas de Cámaras



Movement Sciences Prime^x 41 8 Cameras

8 12 16 20 24

Sample Layout (Pictured)

- Capture Volume: 25 x 25 x 8 feet
8 x 8 x 2 meters
- Setup Area: 40 x 40 feet
12 x 12 meters
- Subjects: 1

These sample layouts illustrate some of many possible configurations. Setup dimensions can be

Want to further customize your build?
You can modify cameras, lenses, cables, and more once this system has been added to your cart.

Money Back Guarantee
If the OptiTrack system you purchased is not exactly what you need for your specific application, then we want it back. Just return the non-disposables within 30 days and we'll refund your money less a 10% restocking fee.

\$54,685 ✓
TOTAL PRICE

Add to Cart

9.5 mm (3/8") M3 Markers- 10 pack

Part number: MKR095M3-10

\$50

Precision Spheres with 3M 7610 Reflective Tape and M3 Threads. 10 pack.

Movement Sciences Prime^x 41 24 Cameras

8 12 16 20 24

Sample Layout (Pictured)

- Capture Volume: 32 x 32 x 9 feet
10 x 10 x 3 meters
- Setup Area: 50 x 50 feet
15 x 15 meters
- Actors with Props: 5

These sample layouts illustrate some of many possible configurations. Setup dimensions can be

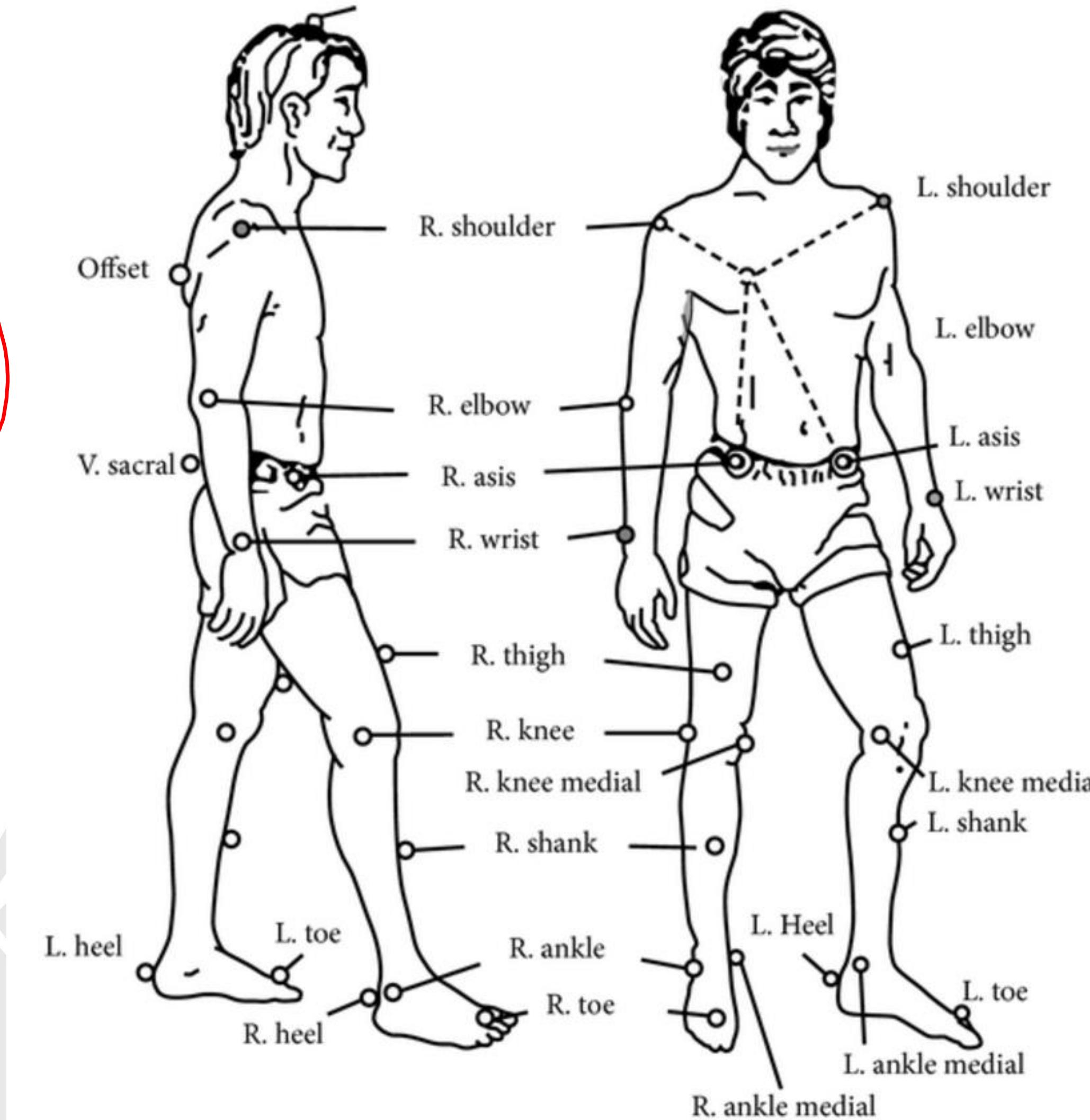
Want to further customize your build?
You can modify cameras, lenses, cables, and more once this system has been added to your cart.

Money Back Guarantee
If the OptiTrack system you purchased is not exactly what you need for your specific application, then we want it back. Just return the non-disposables within 30 days and we'll refund your money less a 10% restocking fee.

\$151,573 ✓
TOTAL PRICE

Add to Cart

Helen Hayes
Marker
Arrangement





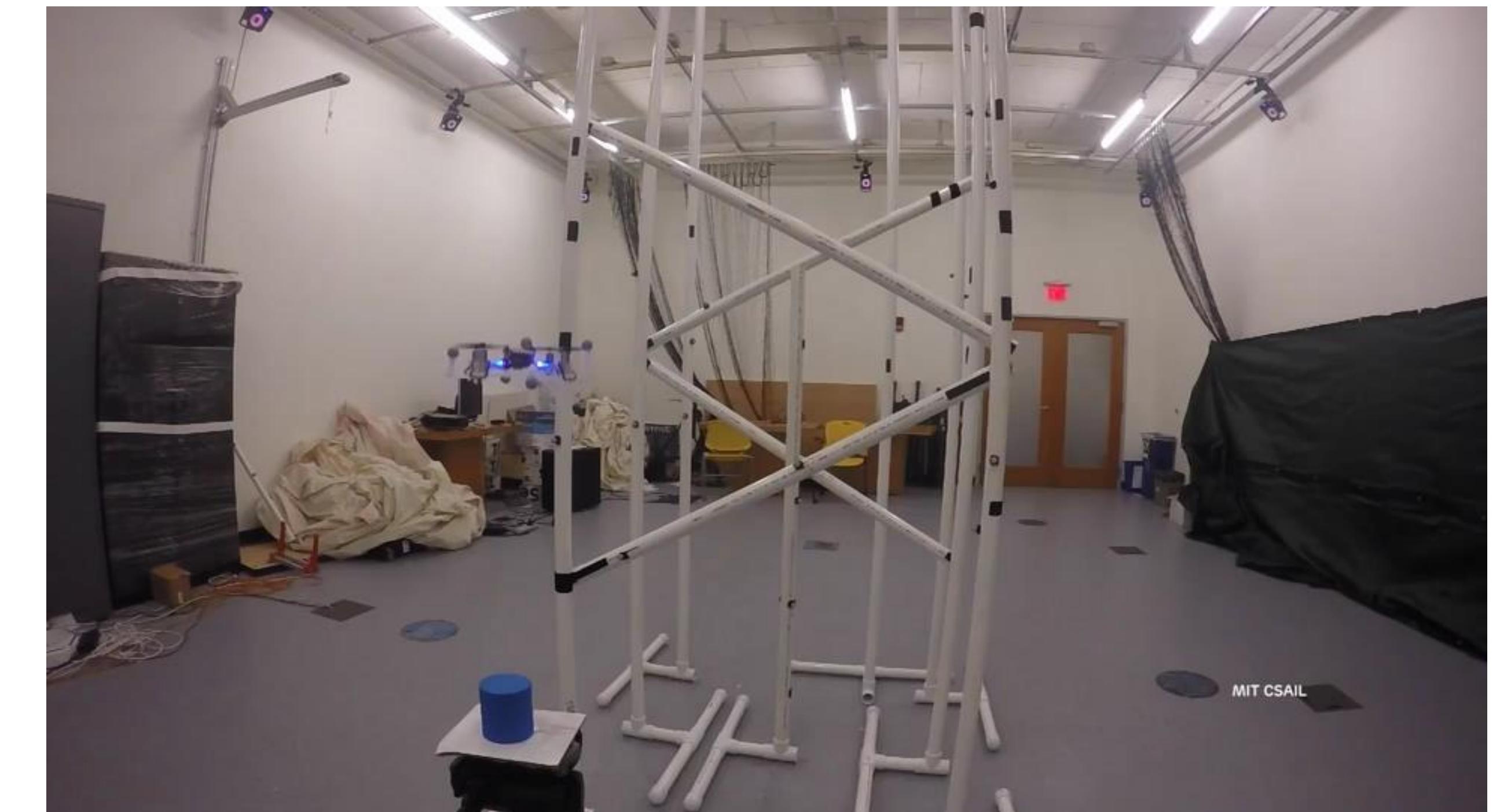
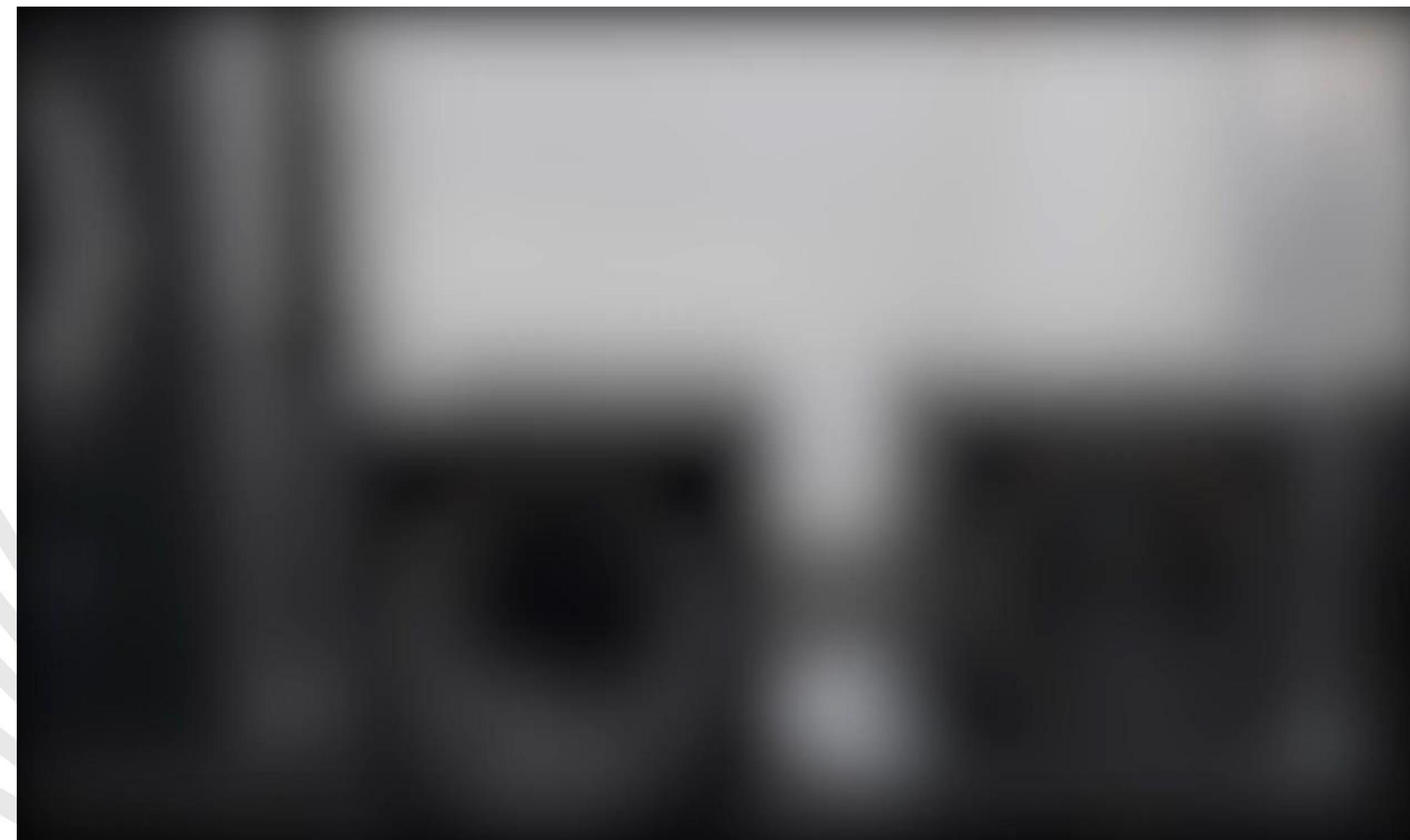
Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINE DUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sistemas de Cámaras





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sistemas de Cámaras





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Sistemas de Cámaras

QUALISYS
Motion Capture Systems

Sistemas de Cámaras

Virtual Production



Ultra precise camera tracking
for next-gen filmmaking.

Movement Sciences



Flexible, easy-to-use human
movement analysis tools.

Virtual Reality



Low latency, wide area VR
tracking for CAVEs and HMDs.

Robotics



6DoF tracking for drones,
ground & industrial robotics.

Animation



The preferred mocap toolset for
film, games, and education.



¿Qué tenemos en Colombia?





Laboratorios en Colombia

UNIANDES

Plantillas
Bisropodometria
Plantas de
Fuerza AMTI
↳ M hidrocarbon





Laboratorios en Colombia

**Universidad
Autónoma
De
Bucaramanga**





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS
VIGILADA MINECUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Laboratorios en Colombia

**Universidad
Pontificia
Bolivariana**





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS
VIGILADA MINE DUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Laboratorios en Colombia

**Universidad
EIA**

Envigado





Uptc®
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS
VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Laboratorios en Colombia

MovyLab

**Hospital Infantil
Universitario de
San Jose (Bgt)**

**8 Cámaras Vicon
4 Plataformas AMTI
8 Canales de EMG
1 Baropodómetro**



Laboratorios en Colombia

Universidad Manuela Beltrán

Universidad del Valle

Universidad Autónoma de Occidente (Cali)

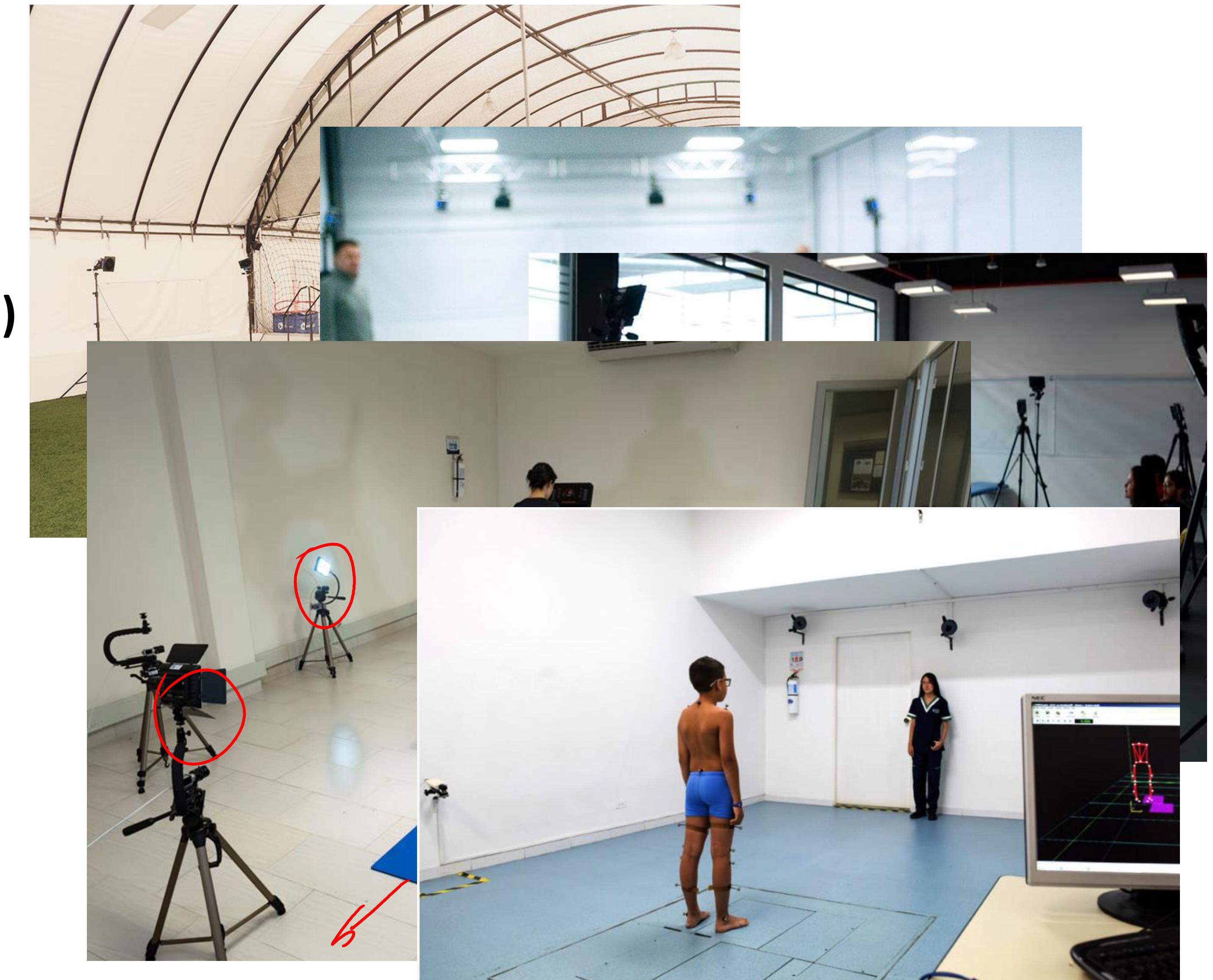
Escuela Colombiana de Ingenieros

Universidad del Rosario

Universidad CES (Med)

Universidad ITM (Med)

Fundación Universitaria María Cano





Uptc®

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
DE ALTA CALIDAD
MULTICAMPUS
RESOLUCIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

VIGILADA MINEDUCACIÓN

LA UNIVERSIDAD
QUE QUEREMOS

Laboratorio de Análisis de Movimiento Corporal





DUDAS?

