



**Estudio Cinemático
del Movimiento Humano de
Entrada/Salida del automóvil con
Técnicas de Fotogrametría**

Alumno Investigador: Pedro Huertas Leyva

Dirigido por: Álvaro Page

Valencia, 21 de Septiembre de 2012

Presentación D.E.A.

Programa Doctorado: Promoción del Conocimiento



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Índice

- Objetivo del Estudio

- Material y Métodos

- Distribución de las cámaras
- Marcadores
- Mapas de Presión
- Calibración del Espacio
- Registro del mapa de prresiones
- Mapas de presiones y Fuerzas

- Resultados: Percentile 50

- Fuerza sobre el asiento
- Cálculo del punto-H
- Movimiento de la pelvis como sólido
- Trayectoria del punto-H
- Rotación de las piernas
- Movimiento Entrada
- Movimiento Salida

- Conclusiones
- Futuros pasos

Objetivos

- El objetivo del presente trabajo de investigación es **desarrollar una metodología del análisis del movimiento E/S** que pueda ser utilizado en la industria actual para el diseño de **máquinas de ensayo de fatiga** que simulen el movimiento humano **y para el diseño** del propio asiento



Antecedentes

Simple tests de Durabilidad como en la industria del mueble (sillas y colchones)

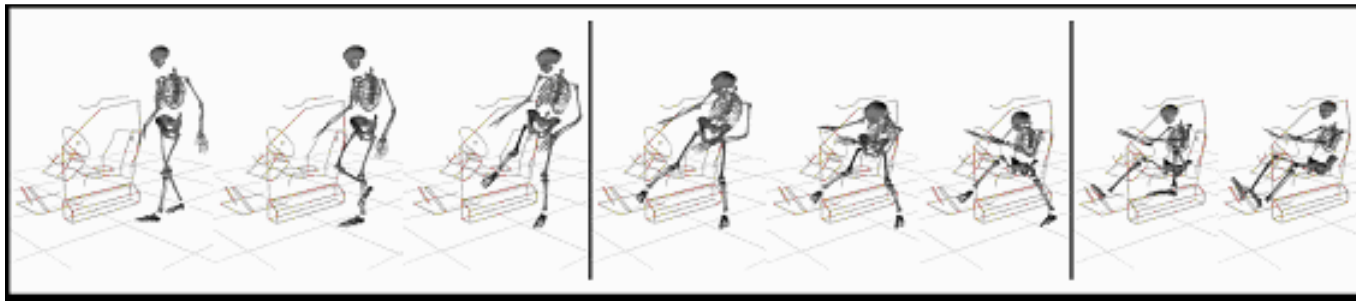
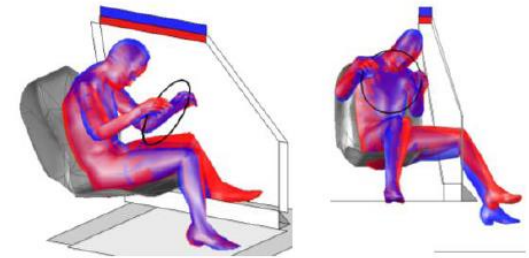
- Basado en medidas de presiones:
 - Comparaciones cualitativas de mapas (Stewart et al., 1999)
 - Picos de Presiones en 5 fases (Fritz et al., 2003)
- Sólo acciones perpendiculares. NO tangenciales.



Antecedentes

Análisis ergonómico de movimientos.

- Basado en medidas de fotogrametría
- Orientado a confort y accesibilidad
- Centradas en el diseño del vehículo (maquetas)
- **A veces combinado con fuerzas de tierra**



Objetivos

A partir del mencionado objetivo general, los **objetivos específicos** del presente estudio son:

- Definir la **fuerza ejercida** sobre el asiento en el movimiento de entrada/salida tanto normal como tangencial.
- Determinar **la posición y orientación de las piernas y la pelvis** (punto-H) respecto al asiento durante el movimiento de entrada y salida en un vehículo.
- **Caracterizar** la zona de contacto en la zona de los muslos y el movimiento de la pelvis para **percentiles de población diferentes**.
- Crear un **modelo representativo** que reproduzca la interacción entre el cuerpo y el **asiento simplificado** a 6 grados de libertad para que pueda ser implementado por un robot industrial.
- Definir un **procedimiento para realizar Tests de durabilidad** en asiento de automóvil que identifique el contacto cíclico con el cuerpo humano reproduciendo el movimiento de entrada y salida.



Material y Métodos

Modelo de Fuerzas

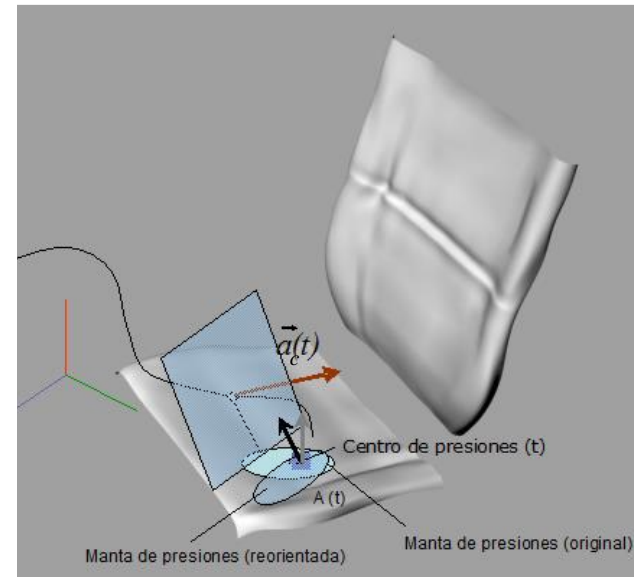
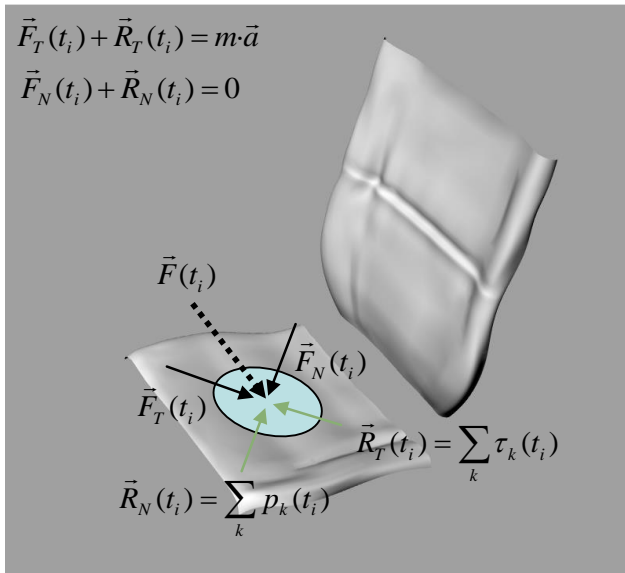


Diagrama de Fuerzas

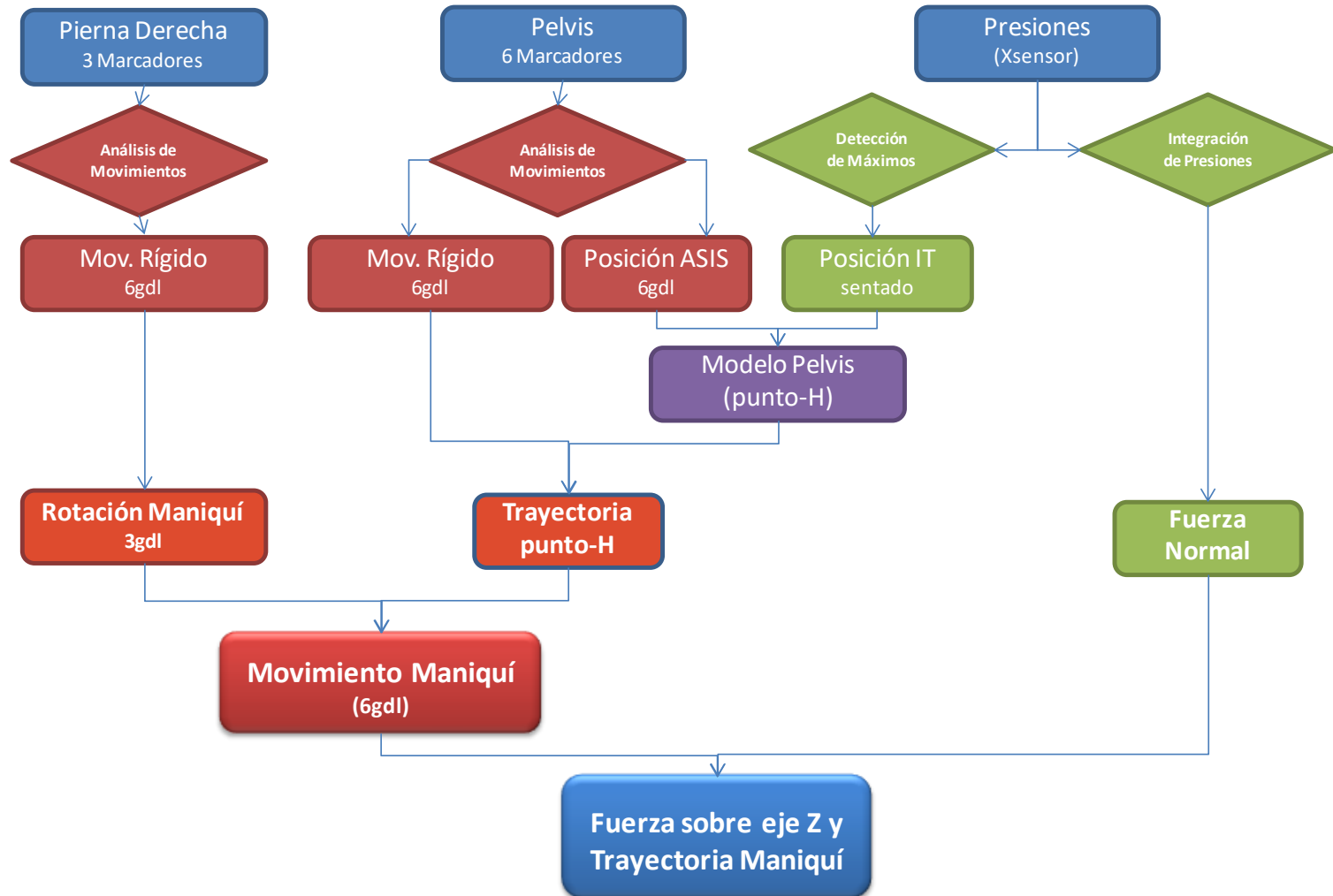
Dirección de Presión y Fuerza

- **$F(t_i)$ que actúa sobre el asiento y/o el respaldo**
- **el conjunto pelvis y piernas se consideró como un sólido rígido**
- **Punto-H de referencia utilizado para determinar y acotar posiciones de asiento en el vehículo**
- La hipótesis que se toma en este trabajo es que si el robot reproduce la misma F_N sobre la superficie del asiento, las fuerzas cortantes F_C sobre el asiento serán aplicadas indirectamente al reproducir el mismo movimiento de la pelvis.
- $a_c(t)$ representaría la aceleración resultante de la fuerza cortante F_C

$$F_T = F_N \text{ (calculada con XSensor)} + F_C \text{ (intrínseca al movimiento de la pelvis sobre la superficie del asiento)}$$

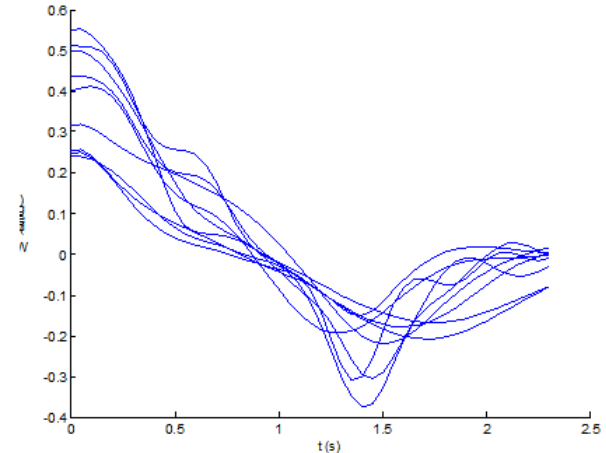
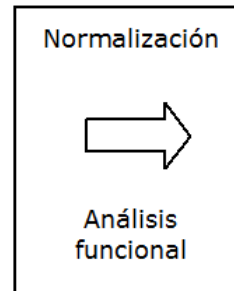
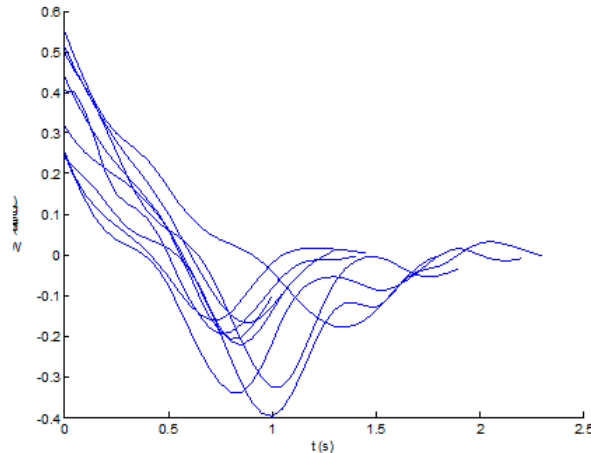
Material y Métodos

Análisis y Conversión



Material y Métodos

Análisis funcional

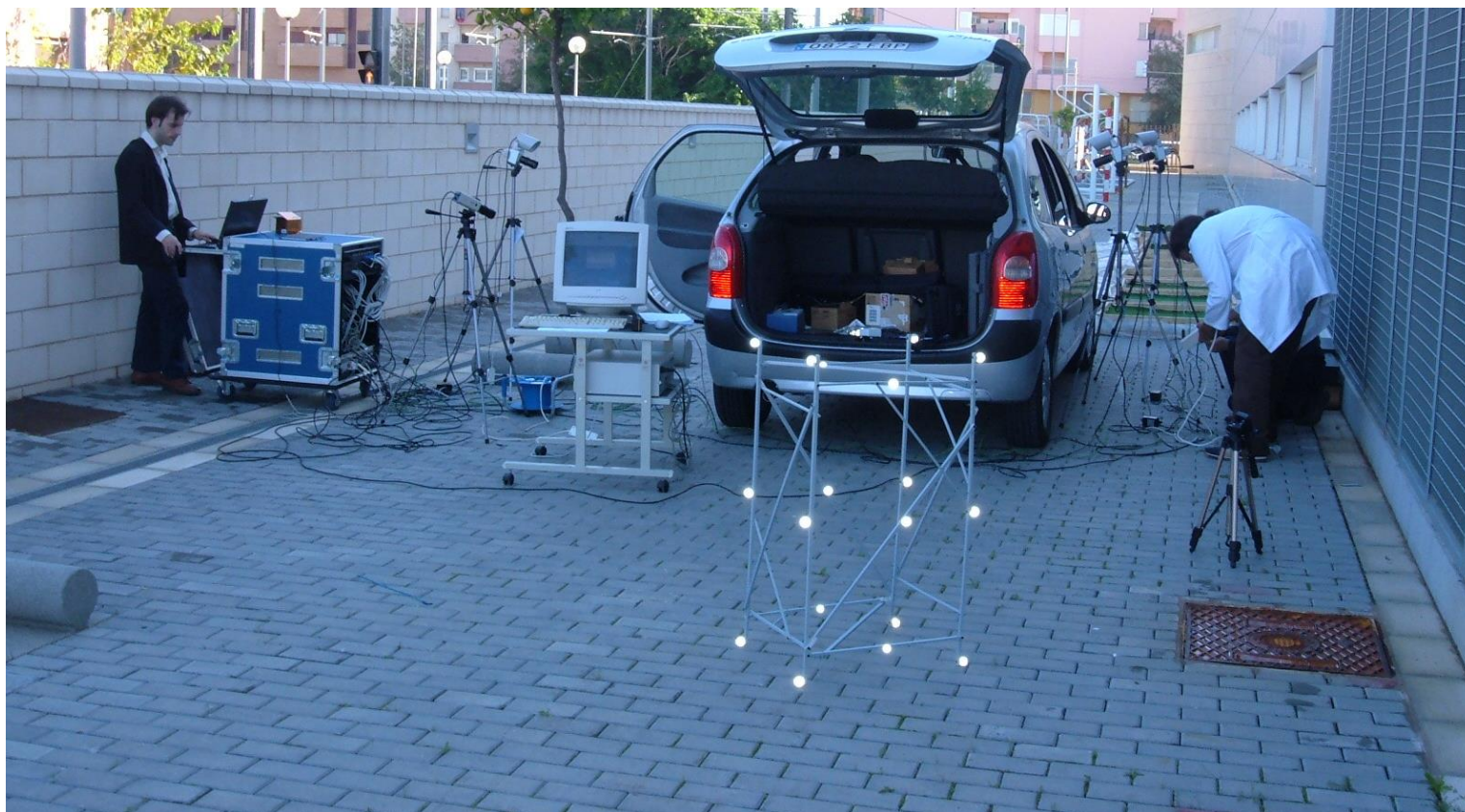


- Nos interesa comparar variables continuas que varían con el tiempo y la estadística convencional no sirve, para ello se usaron métodos de Análisis de Datos Funcionales (FDA), que permiten trabajar con funciones como datos individuales (Ramsay y Silverman, 2002)
- Este problema fue solucionado con técnicas funcionales para alinear las funciones y normalizar la escala de tiempos (Page et al., 2006, Ramsay y Li, 1998, Ramsay y Silverman, 1997)

Análisis funcional

- De las pruebas se obtienen funciones del tiempo (trayectorias, rotaciones, fuerzas) en intervalos temporales distintos.
- Se homogeinizan los intervalos temporales y se obtienen medias o percentiles funcionales.

Escenario de pruebas (general)



- Instrumentos:
 - Fotogrametría y manta de presiones sincronizadas (20 Hz)
- Muestra
 - Sujetos: Hombre P95; Hombre P50 y Mujer P05
 - Modelo Vehículo: Citroën Xsara Picasso
- Técnicas analíticas
 - Modelo antropométrico de la pelvis
 - Análisis de desplazamientos finitos
 - Análisis Funcional de Datos

Equipo de Presiones

Equipo de Presiones

- 2 unidades de registro de presiones (para asiento y respaldo, respectivamente)
- resolución espacial de 0,62 sensores/cm² y con un error en la repetibilidad de 2,8%
- resolución superior a 0,1 KPa
- alta frecuencia de adquisición de datos (20 Hz)



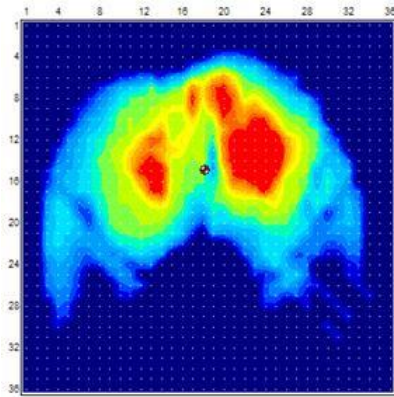
Equipo de Presiones

Equipo de Presiones

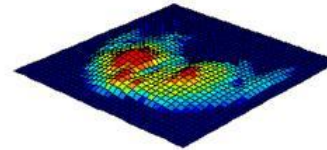
- A partir de los datos brutos de presiones se han obtenido una serie de parámetros:
 - Presión media en el asiento (Kpa),
 - Superficie media del asiento (cm),
 - Fuerza Normal perpendicular al asiento (N)
- La información será utilizada con tres propósitos:
 - Medir indirectamente la Fuerza Normal ejercida sobre el asiento
 - Identificación de las diferentes fases del movimiento E/S
 - Detectar las tuberosidades isquiáticas (sincronización con Kinescan)



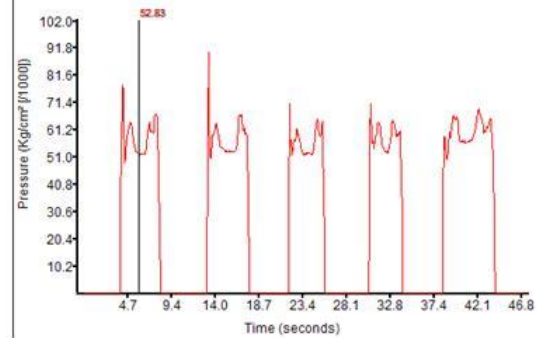
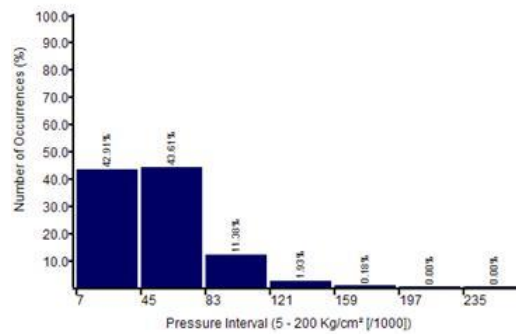
Medición de presiones



Pressure Distribution
(Frame 115)

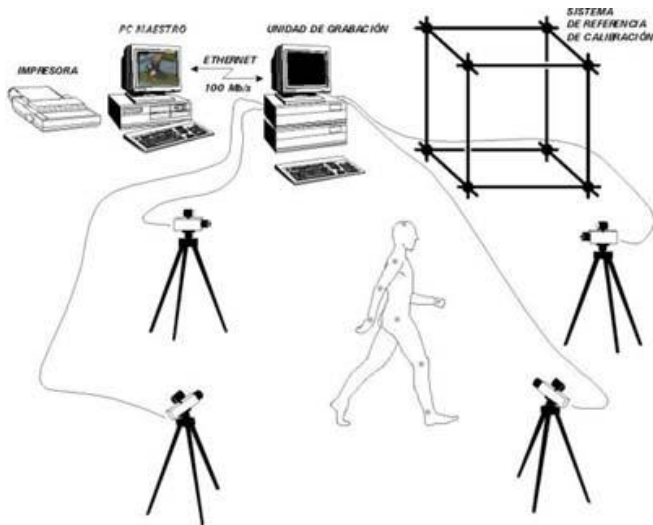


Average Pressure vs Time
(Frames 1 to 924)

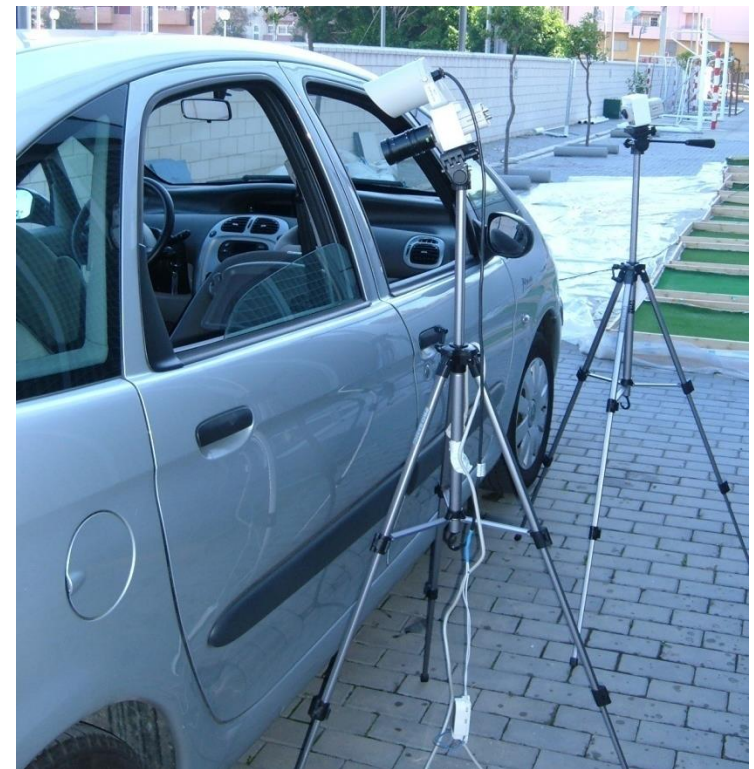


Sistema de Fotogrametría

- Sistema Fotogrametría Kinescan
- 4 cámaras
- Un sistema de Calibración



Equipo de fotogrametría (4 cámaras)



Equipo de fotogrametría (calibración)



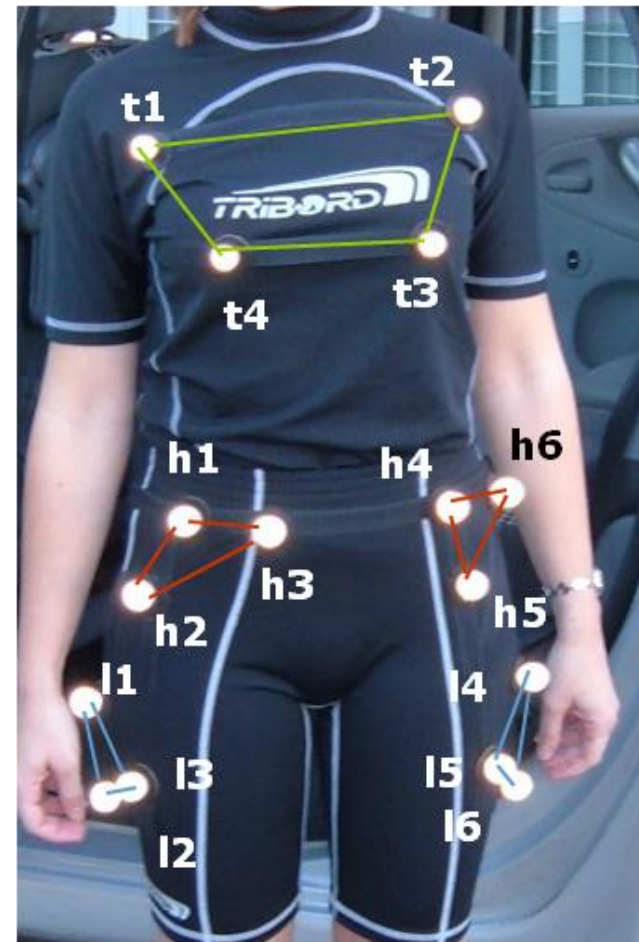
Entrada/salida de automóvil



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

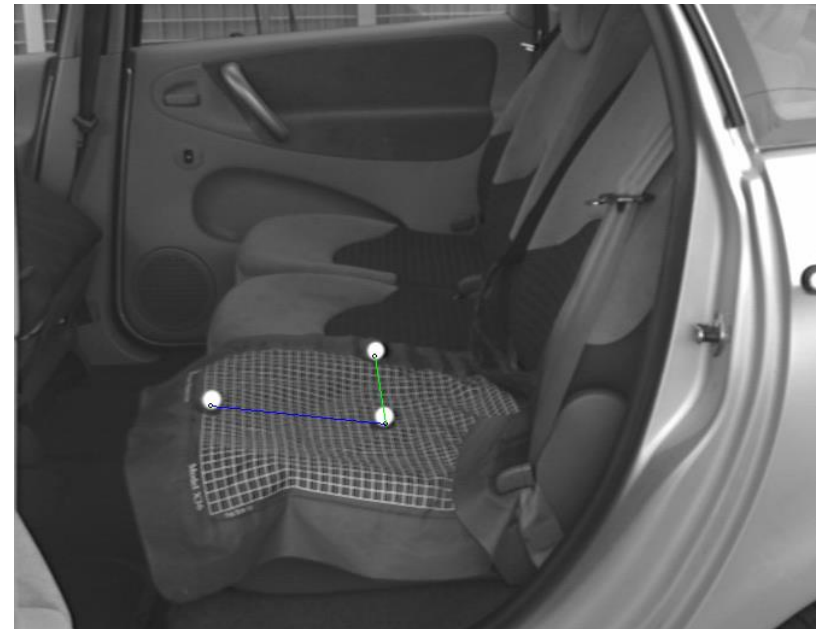
Sistemas de marcadores

- Sólidos Rígidos
 - Torso (4)
 - Pelvis (6)
 - Piernas (3x2)
- Marcadores anatómicos
 - ASIS (h1, h4)



Sistemas de marcadores

- Está sincronizada temporalmente con la fotogrametría
- Se define un sistema de referencia local, en el que la posición de la manta es conocida

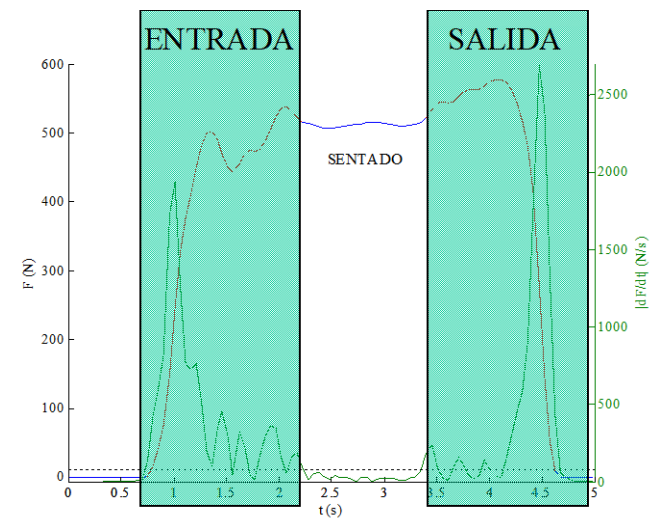


Ejemplo de registro

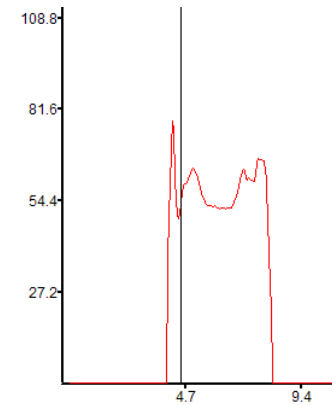
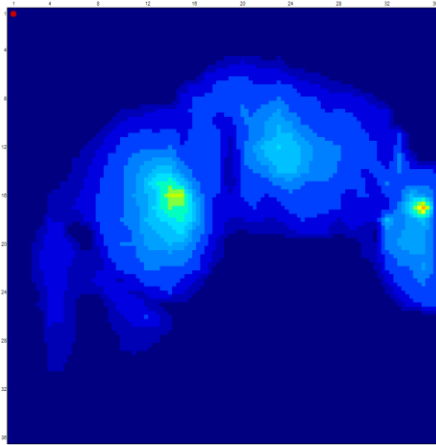


TRAMIENTO DE DATOS .Fases del movimiento

- Se analiza la derivada temporal de la presión media
- Se aíslan las tres fases del movimiento

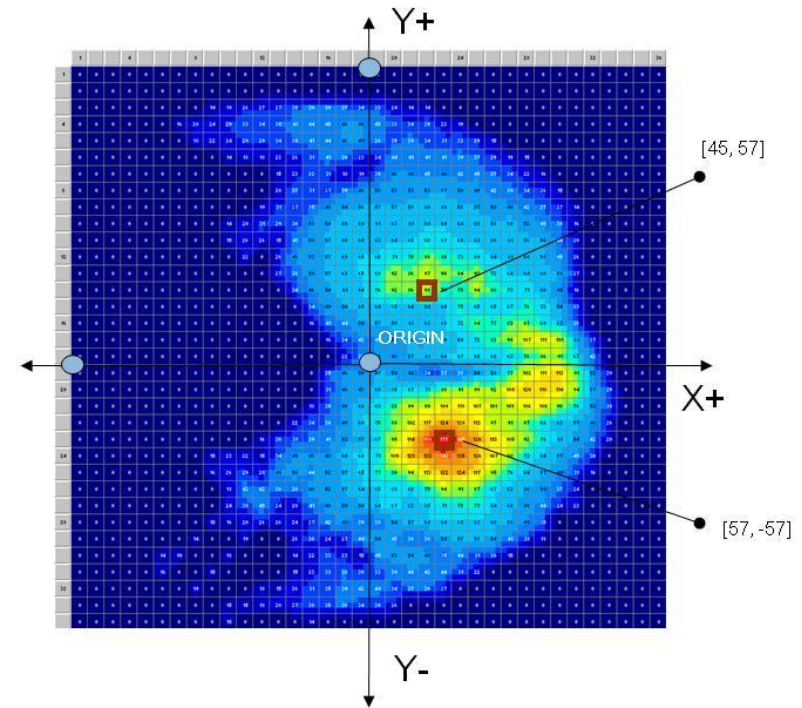


TRAMIENTO DE DATOS . fuerza normal ejercida sobre el asiento



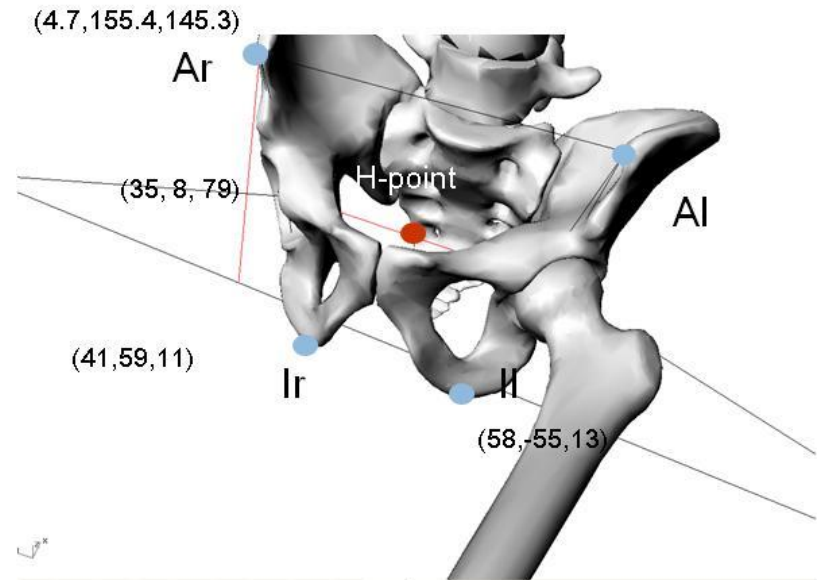
Obtención del punto H

- En la posición sentada se conoce la posición de los ASIS por fotogrametría
- Mediante un análisis funcional espacial de las presiones, se localizan las tuberosidades isquiáticas (máximos locales)



Obtención del punto H

- Se localiza el punto H en posición sentada, mediante un modelo antropométrico (Brodeur et al, 1996)



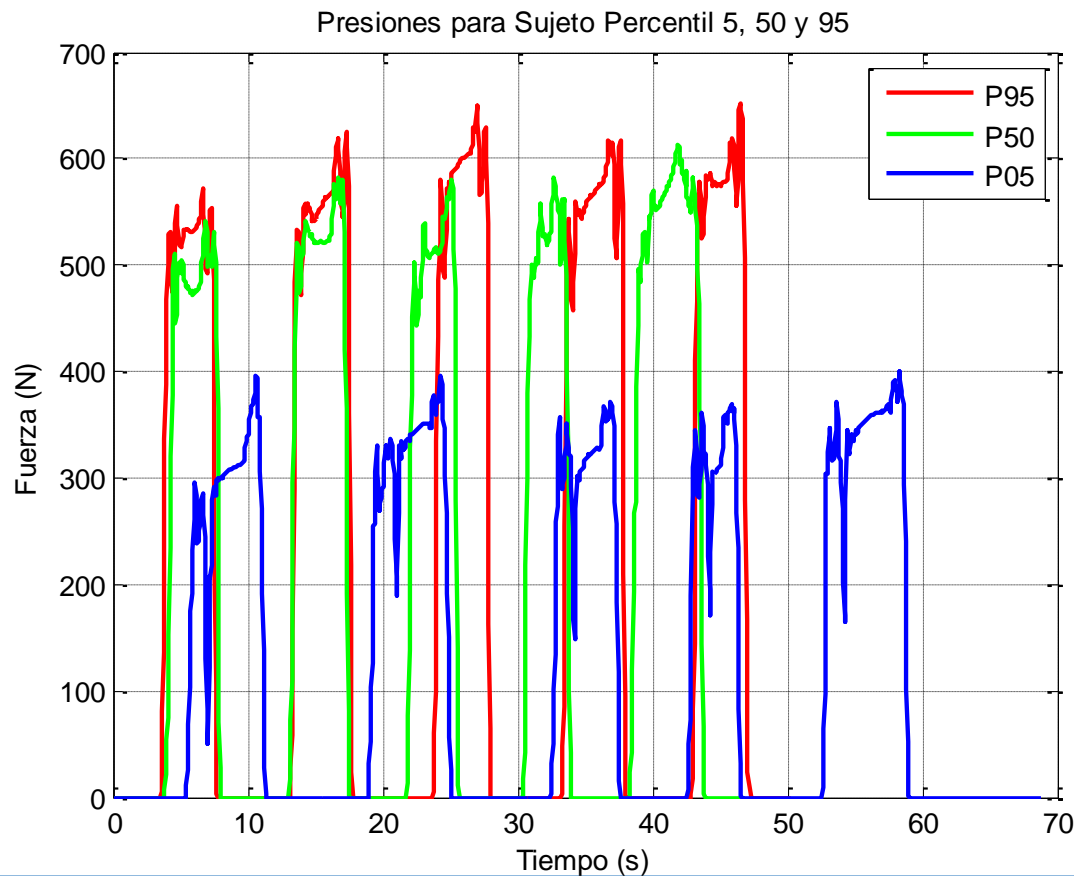
Análisis de desplazamientos

- Se calculan torsores de desplazamientos finitos
 - Cuerpos:
 - ▶ pelvis (6 marcadores)
 - ▶ piernas (3 marcadores cada una)
 - Variables:
 - ▶ Traslaciones respecto a la posición sentada
 - ▶ Rotaciones respecto a la posición sentada
 - Método.
 - ▶ Análisis cinemático de movimientos humanos mediante vectores duales
 - ▶ Programas para análisis cinemático de cadenas de dos segmentos mediante fotogrametría

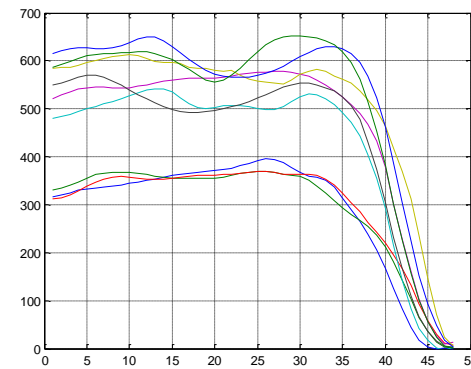
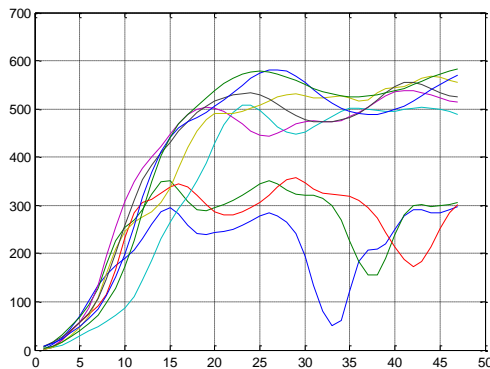
Resultados

Instrumentación y procedimientos

- DETECCIÓN DE LAS DIFERENTES FASES EN EL MOVIMIENTO E/S



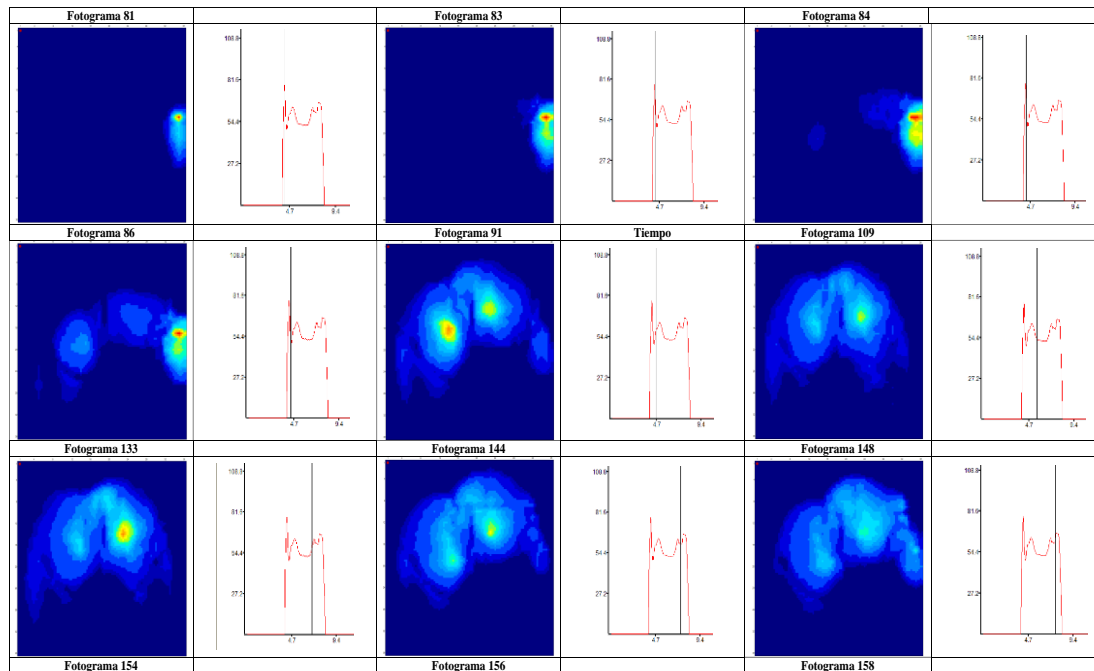
- DETECCIÓN DE LAS DIFERENTES FASES EN EL MOVIMIENTO E/S



Resultados. Fuerza normal al asiento

Instrumentación y procedimientos

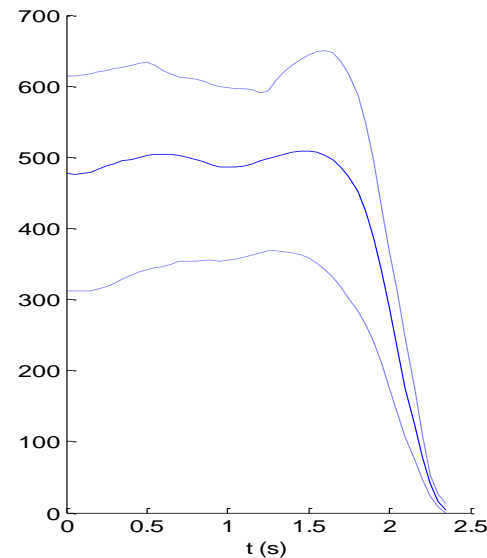
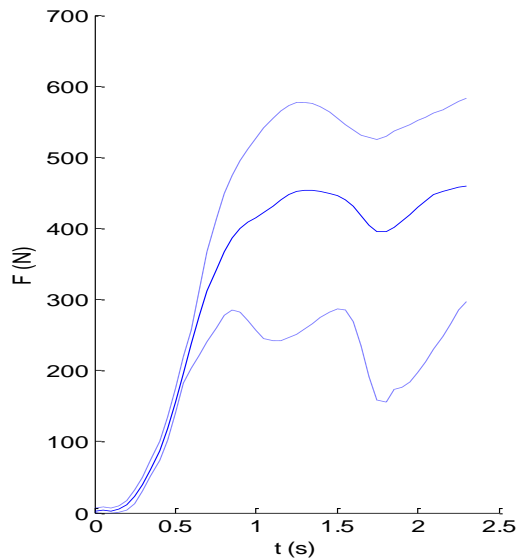
- DETECCIÓN DE LAS DIFERENTES FASES EN EL MOVIMIENTO E/S



Resultados. Fuerza normal al asiento

Instrumentación y procedimientos

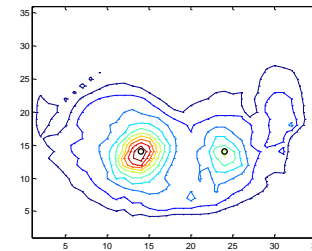
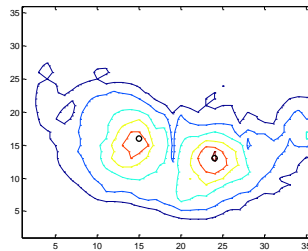
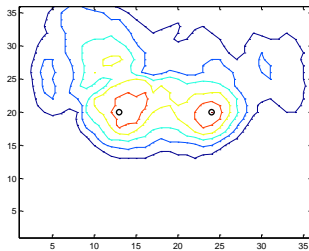
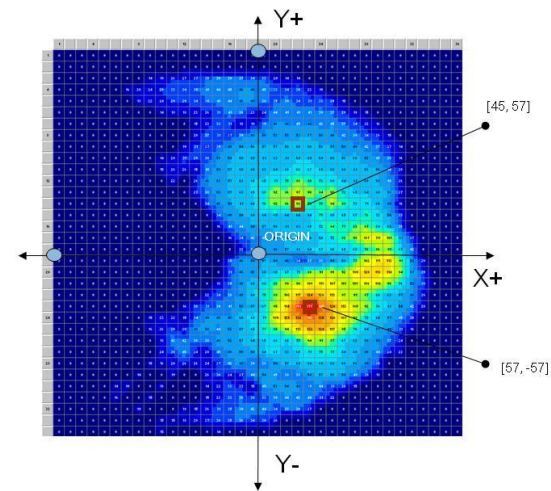
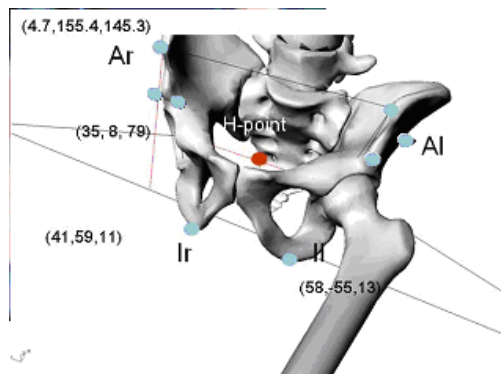
- DETECCIÓN DE LAS DIFERENTES FASES EN EL MOVIMIENTO E/S



Resultados. Detección de las Tuberosidades Isquiáticas

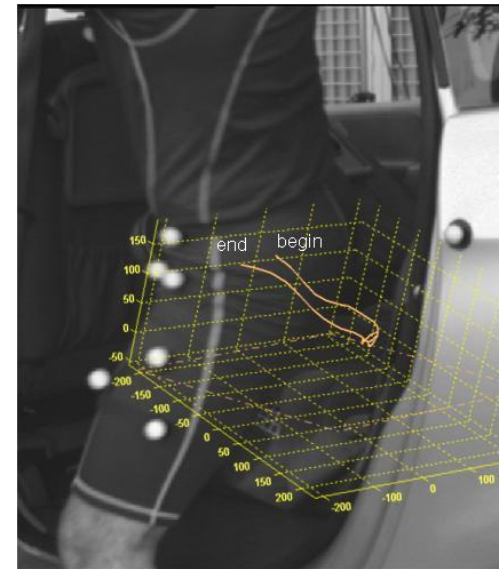
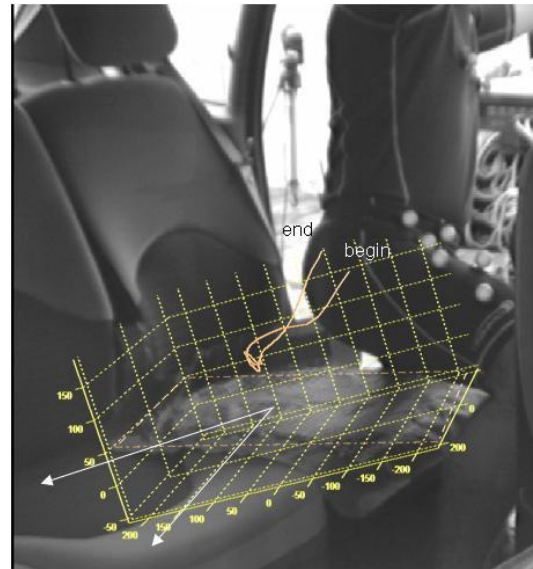
Instrumentación y procedimientos

- DETECCIÓN DE LAS DIFERENTES FASES EN EL MOVIMIENTO E/S



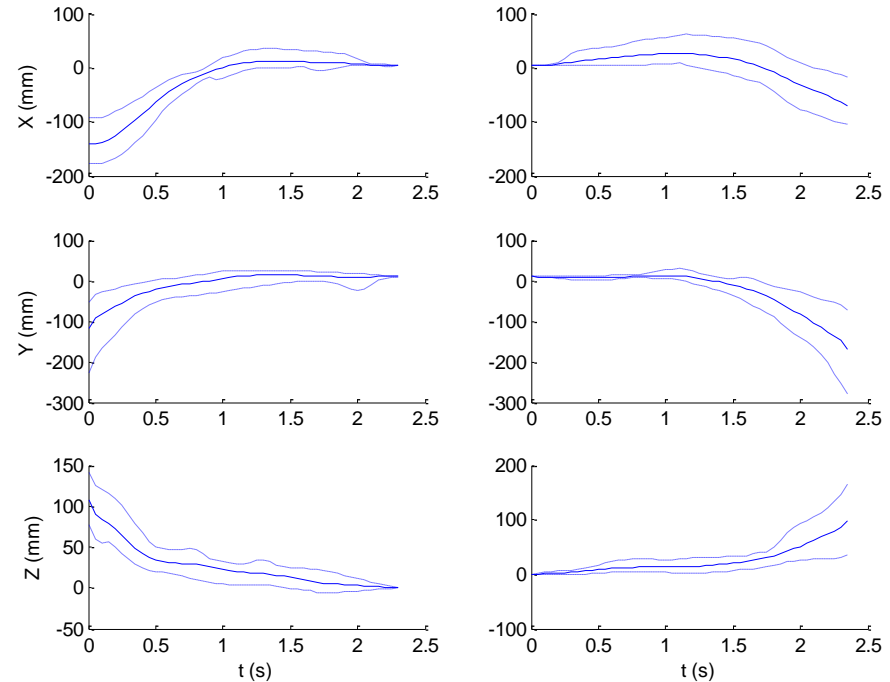
Resultados. Traslación del punto H

- Se parte de la ubicación en postura sentada
- Se le aplica el desplazamiento finito calculado para la pelvis



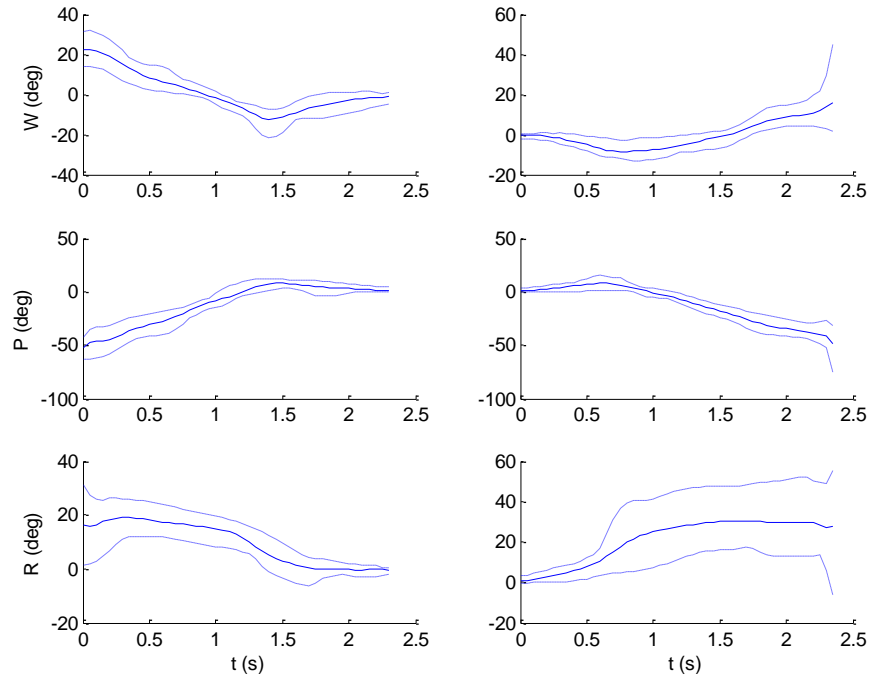
Resultados. Traslación del punto H

- Se parte de la ubicación en postura sentada
- Se le aplica el desplazamiento finito calculado para la pelvis



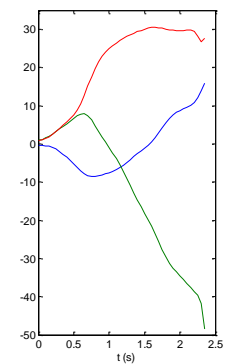
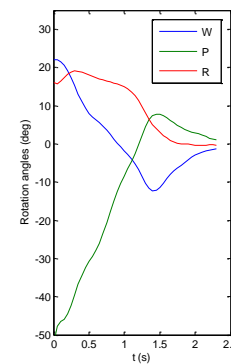
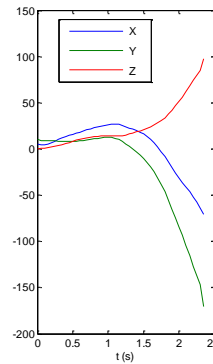
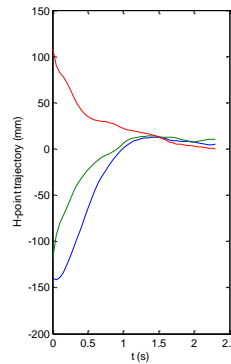
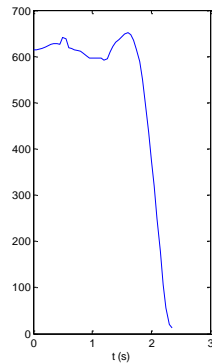
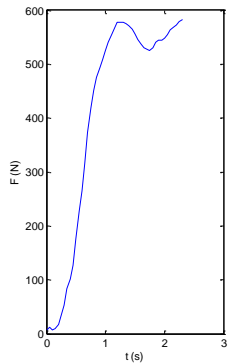
Resultados. Orientación de pelvis

- Se parte de la ubicación en postura sentada
- Se le aplica el la rotación calculado para la pierna derecha



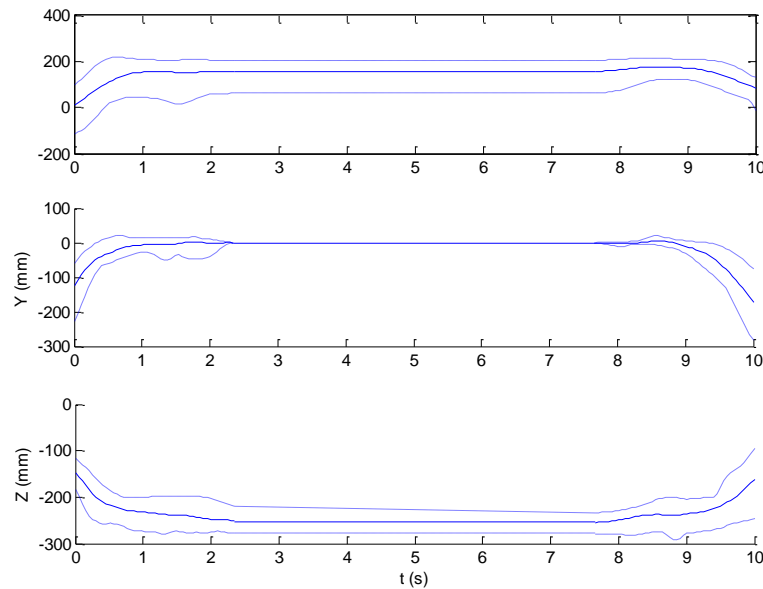
Resultados. Aplicación Robot

- Propuesta para la curva y fuerza definida para el test con robot con maniquí :
 1. Los **valores máximos de la fuerza** pues supone el máximo esfuerzo sobre el asiento y se asocia con el máximo desgaste.
 2. La **media de la trayectoria y de los ángulos**



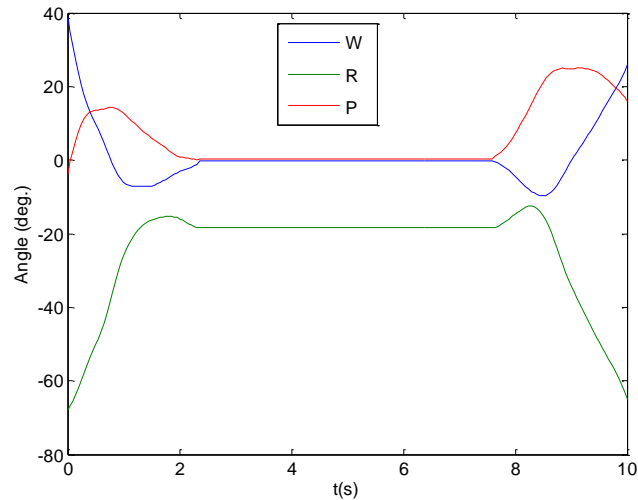
Resultados. Aplicación Robot

- Propuesta para la curva y fuerza definida para el test con robot con maniquí :
- La **media de la trayectoria**



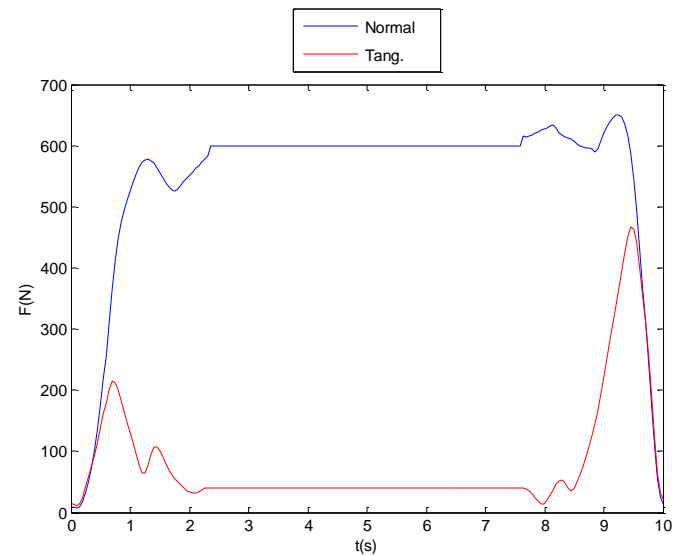
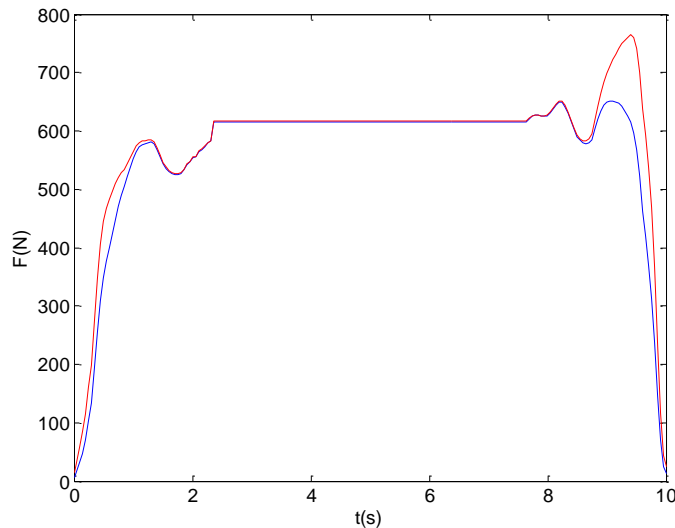
Resultados. Aplicación Robot

- Propuesta para la curva y fuerza definida para el test con robot con maniquí :
- La **media de los ángulos**



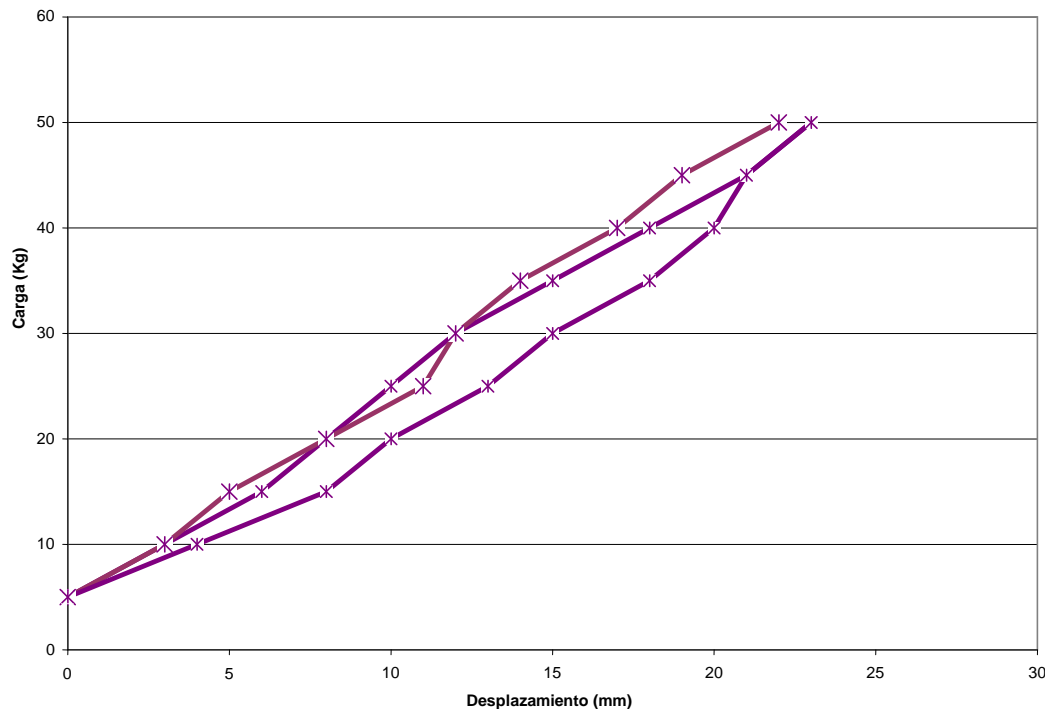
Resultados. Aplicación Robot

- Propuesta para la curva y fuerza definida para el test con robot con maniquí :
- Los **valores máximos de la fuerza** pues supone el máximo esfuerzo sobre el asiento y se asocia con el máximo desgaste.



Resultados. Ensayo Firmeza

- Propuesta para la curva y fuerza definida para el test con robot con maniquí :
1. Los **valores máximos de la fuerza** pues supone el máximo esfuerzo sobre el asiento y se asocia con el máximo desgaste.



Conclusiones

Avances

- Se han logrado combinar las medidas de presiones y fotogrametría se combinan para caracterizar movimientos e interacciones con el asiento.
- Se ha desarrollado una aplicación práctica de modelos de movimiento humano y antropométricos para futuros procesos industriales para el desarrollo de productos.
- El modelo está sujeto a simplificaciones:
 - Reducción a 6 dof para cumplir con los requisitos de la prueba industrial.
 - Promedio de la variabilidad antropométrica.
- Sin embargo, el modelo proporciona una buena representación del contacto con el asiento.
- Se ha desarrollado un modelo de la pelvis que podrá ser utilizado .

Limitaciones y mejoras futuras

- Pequeña muestra de sujetos:
 - Verificar si la variabilidad se mantiene con muestras más grandes
- El extremo robot está conectado a un elemento estándar (punto H del maniquí, SAE J826)
 - El robot se podría adaptar a diferentes perfiles antropométricos.
- Sólo se ha testado el asiento (no respaldo)
 - Incluir torso, con multi-robot articulado (pudiendo mover las piernas libremente).
- El modelo sólido rígido (no toma en cuenta deformación de la piel).
 - Parte posterior: uso elástico maniquí.
 - Parte anterior: incluir modelos con artefactos del movimiento del tejido...



INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA
Universidad Politécnica de Valencia · Edificio 9C
Camino de Vera s/n · E-46022 · Valencia (ESPAÑA)

☎ +34 96 387 91 60 · Fax +34 96 387 91 69
ibv@ibv.upv.es · www.iov.org

