INFORME

EVALUACIÓN DE COLCHONES, RELACIÓN POSTURA DE RAQUIS - DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES



Dirigido a: **VISCOFORM, S.L.**

SEPTIEMBRE 2009

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

IMPIVA
GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'INDÚSTRIA, COMERÇ I INNOVACIÓ

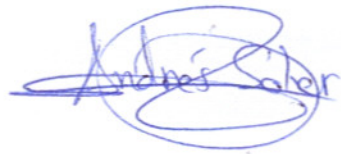
Este proyecto ha sido seleccionado en el marco de un programa operativo cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

HOJA DE FIRMAS Y CONDICIONES

Fecha: 21 /09 /09

Informe preparado por: D. **Andrés Soler**

Fdo.:



Revisado por:

D. **Tomás Zamora**
Director/a de Ámbito
Fdo.:

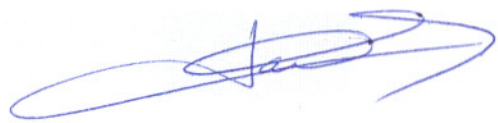


D. **José Luis Peris**
Director/a de Línea
Fdo.:



Aprobado por: D./Dña. ***Jaime M. Prat Pastor***
Director de I+D

Fdo.:



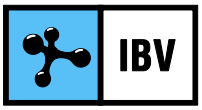
CONDICIONES

1. El Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) responde únicamente de los resultados consignados en este informe y referidos exclusivamente a los materiales o muestras que se indican en el mismo y que queden en su poder. Salvo mención expresa, las muestras han sido libremente elegidas y enviadas por el solicitante.
2. El IBV no se hace responsable de la errónea interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este informe, cuya reproducción total o parcial con fines de publicidad, sin autorización expresa del IBV, está prohibida.
3. Los resultados se consideran propiedad del solicitante y sin autorización previa el IBV se abstendrá de comunicarlos a un tercero.
4. La muestra de ensayo objeto de este informe permanecerá en el IBV durante un periodo de tiempo de seis meses a partir de la fecha de emisión del mismo. Transcurrido este plazo se procederá a su destrucción, por lo que cualquier reclamación debe realizarse dentro de ese plazo.

C o n t e n i d o

HOJA DE FIRMAS Y CONDICIONES

1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS
2. MATERIAL Y MÉTODOS
3. RESULTADOS
4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES
5. REFERENCIAS



PROY09/0260

1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El presente informe corresponde al desarrollo de la fase 1 del proyecto "Evaluación de colchones, relación postura de raquis-distribución de presiones y análisis estratégico para la comercialización de colchones en hoteles a través del canal contract" realizado para la empresa VISCOFORM S.L.. Esta fase consiste en la evaluación de dos colchones, uno "estándar" y otro "personalizado" teniendo en cuenta la adaptabilidad de la forma de la espalda y la distribución de presiones en la interfase sujeto-superficie descanso por una muestra de 6 usuarios.

Los objetivos de este estudio han sido los siguientes:

- Comparar la forma externa de la columna vertebral en la postura de cúbito supino al utilizar el colchón estándar y el colchón personalizado de cada usuario.
- Encontrar indicios de la relación entre postura de raquis y distribución de presiones.

La figura muestra el esquema seguido en el desarrollo del proyecto.

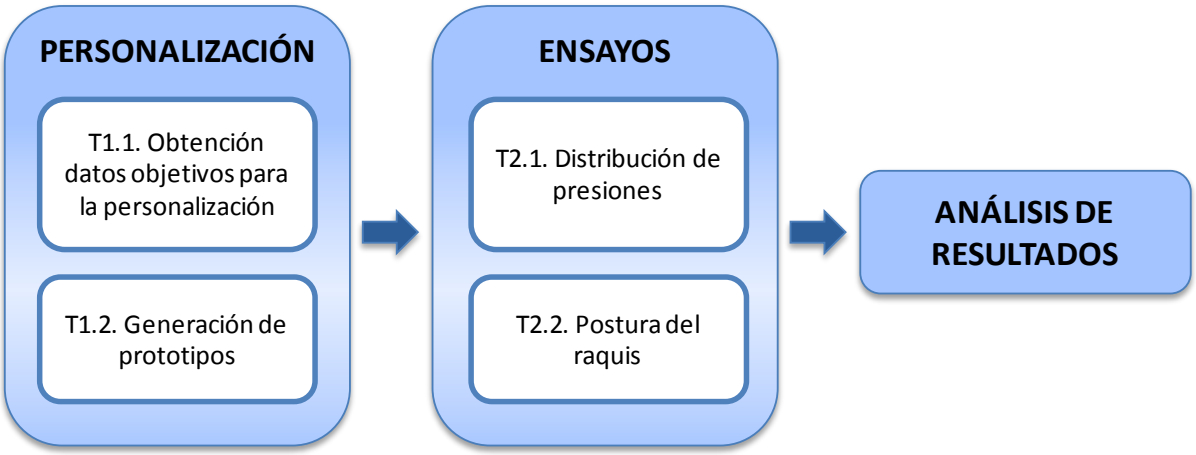


Figura 1.1. Esquema del proyecto

La segunda fase del proyecto correspondiente al análisis estratégico y estudio de mercado se describe en el informe "Análisis estratégico para la comercialización de colchones en hoteles a través del canal contract".

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se describe el procedimiento de los diferentes ensayos que se han llevado a cabo durante el proyecto para poder cuantificar los atributos del colchón, así como la muestra de usuarios utilizada para poder realizar los ensayos de adaptabilidad a la forma del cuerpo y distribución de presiones.

2.1. SUJETOS

En los ensayos se ha contado con una muestra representativa de la población adulta española sin patologías específicas de espalda o cervicales. No es posible desagregar los resultados para ninguno de los grupos de usuarios resultantes por no haberse diseñado el experimento para tal aspecto.

La muestra se divide del siguiente modo:

- 3 hombres con un IMC (índice de masa corporal) entre 20 y 25 (peso normal)
- 3 hombres con un IMC entre 25 y 30 (sobrepeso moderado)

Tabla 2.1. Descripción de las características de la muestra de usuarios que han participado en el estudio.

	Estatura (cm)	Peso (Kg)	IMC
Sujeto 01	178.0	72.1	22.7
Sujeto 02	170.0	63.6	22.0
Sujeto 03	168.2	66.7	23.6
Sujeto 04	175.3	79.0	25.7
Sujeto 05	176.3	81.9	26.3
Sujeto 06	174.4	85.6	28.1

Tabla 2.2. Media y desviación típica de la muestra de usuarios

	Estatura (cm)	Peso (kg)
Promedio	174.8	75.5
Desv. típica	3.5	8.0

En la realización de los ensayos los sujetos han llevado una indumentaria adecuada compuesta por una camiseta y unos pantalones cortos de algodón o chándal para evitar cualquier elemento concentrador de presiones como cinturones o costuras gruesas, además esta indumentaria proporciona al usuario mayor movilidad para poder situarse convenientemente en el colchón y facilita la instrumentación.

2.2 MUESTRAS DE ENSAYO

En la siguiente tabla se describen las muestras proporcionadas por la empresa VISCOFORM S.L. que han sido empleadas en la realización de los ensayos.

Tabla 2.3. Muestras

MU09-0380	Colchón estándar
MU09-0381	Colchón personalizado S01
MU09-0382	Colchón personalizado S02
MU09-0383	Colchón personalizado S03
MU09-0384	Colchón personalizado S04
MU09-0385	Colchón personalizado S05
MU09-0386	Colchón personalizado S06

2.3 PERSONALIZACIÓN

El proceso de personalización comienza con el registro de presiones, a cada uno de los sujetos, sobre una superficie de referencia proporcionada por VISCOFORM S.L. (Figura 2.1).

Los datos de presiones se exportan y se envían a VISCOFORM S.L para que empiece a desarrollar los prototipos de los colchones adaptados a cada uno de los usuarios (6 colchones personalizados).

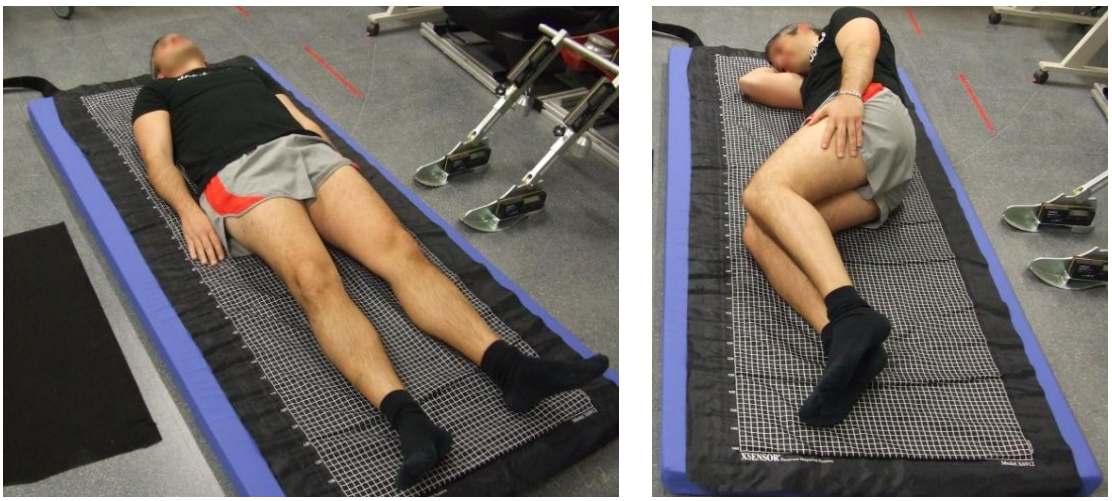


Figura 2.1 Registro de presiones sobre superficie de referencia para la personalización

PROY09/0260

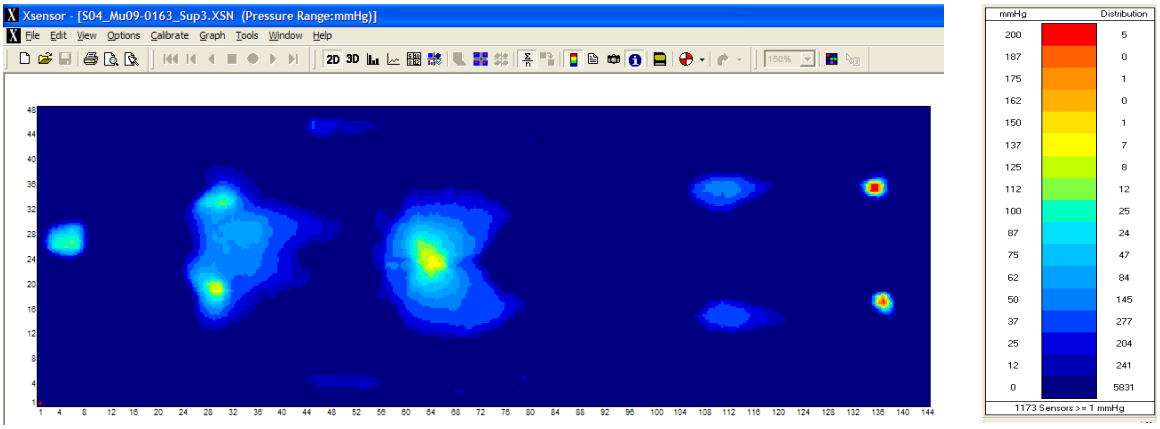


Figura 2.2. Distribución de presiones en posición decúbito supino (tumbado boca arriba)

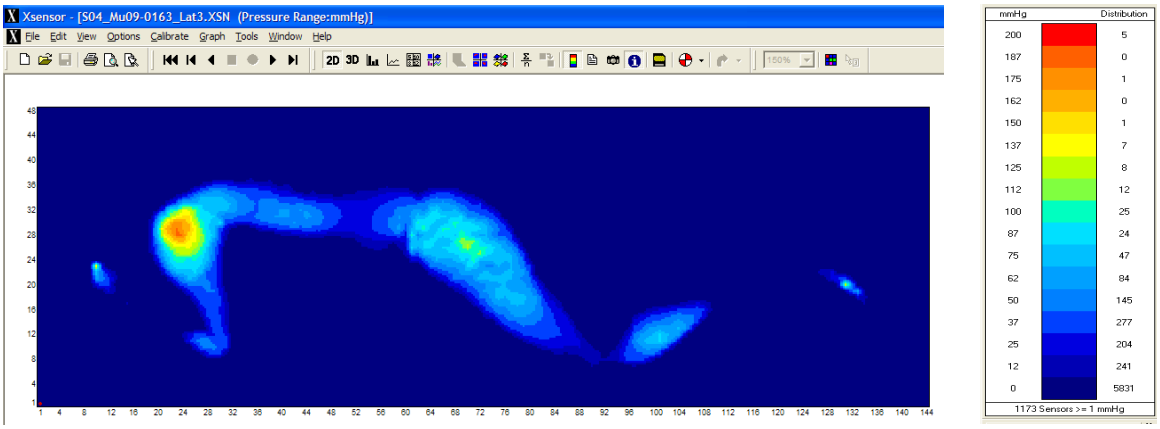


Figura 2.3. Distribución de presiones en posición decúbito lateral (tumbado de lado)

Una vez fabricados los prototipos, comienza la segunda subfase donde se llevan a cabo una serie de ensayos para evaluar la distribución de presiones y la postura de raquis. Cada usuario ensaya dos colchones el "Estándar" –común a todos- y el "Personalizado".

Tras la obtención de resultados de cada uno de los ensayos se evalúa la relación existente entre postura de raquis y distribución de presiones

2.4. ENSAYO DE DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES

Se realiza la medida de la distribución de presiones en todo el cuerpo del conjunto de usuarios durante un cierto período de tiempo, dejando un tiempo para que se adapte el colchón a la forma del usuario antes de proceder al registro de presiones. Posteriormente, se deja que se recupere la muestra ensayada antes de iniciar la siguiente repetición. Para ello, se utiliza una sábana Xsensor sensible a las presiones de cuerpo completo, dotada de más de 6000 sensores de presión individuales (Figura 2.4), correspondiente a una matriz de 144x48 sensores de presión separados entre sí 1.27 cm y montados entre dos capas extremadamente delgadas de tejido. La sábana en conjunto es muy delgada de modo que interfiere de manera mínima en el contacto usuario-superficie de soporte. Las medidas se realizan con el usuario en posición decúbito supino (boca arriba).



Figura 2.4. Manta de presiones XSensor

Como resultado se obtienen los mapas de presiones de todo el cuerpo y se dividen para poder estudiarlos en su conjunto y en zonas (tórax y pelvis), calculando los parámetros necesarios (estimadores robustos de la presión media, presión máxima) por medio de un programa de ordenador específicamente desarrollado para este fin (Figura 2.5)

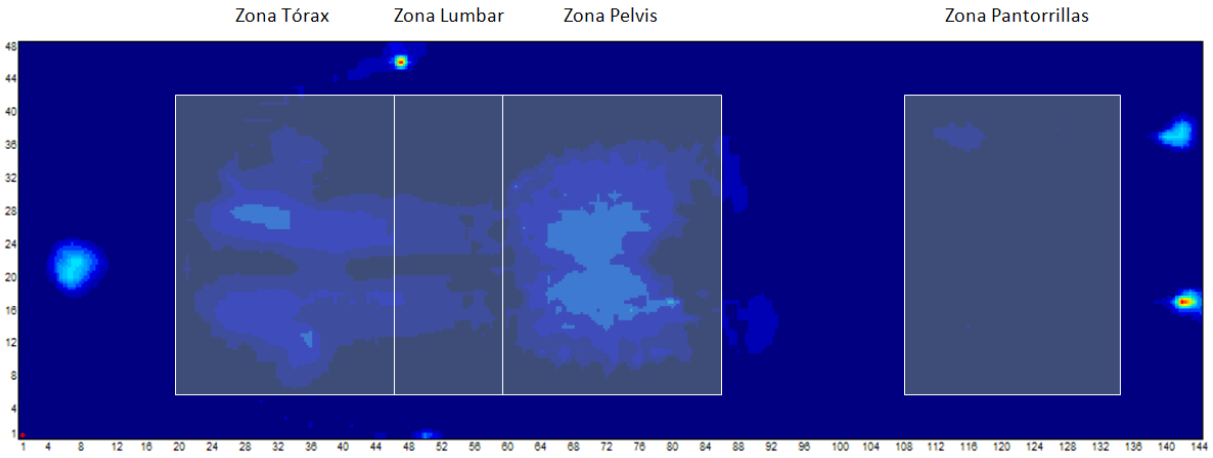


Figura 2.5: Separación de los mapas de presiones por zonas, mediante programa informático desarrollado por el IBV de la posición decúbito supino

PROY09/0260



Figura 2.6: Medida de las presiones y obtención de los parámetros de presión máxima, mínima y superficie de contacto en posición decúbito supino

También se calcula el grado de cambio de la presión entre unos puntos y otros de la zona de contacto del cuerpo (Gradientes de Presiones) que tienen una relación directa con las presiones de corte (Figura 2.7).

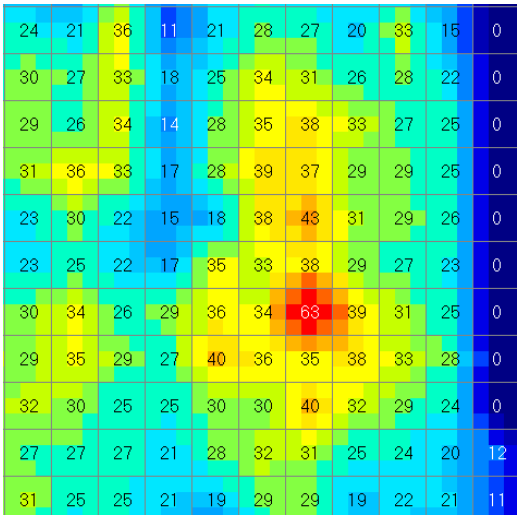


Figura 2.7. Método de obtención del gradiente de presiones

Los gradientes se definen como los incrementos o decrementos de presión entre dos sensores consecutivos en dos direcciones X e Y en valor absoluto. Cuanto mayor sea el

Gradiente de Presiones, tanto mayor es el cambio de la presión entre un punto de contacto y otro punto de contacto.

A partir de los datos brutos de presiones se han obtenido una serie de parámetros para cada una de las zonas (Torax, Lumbar, Pelvis):

PRESIONES

- **Percentil 95 de la presión en el colchón (mmHg):** Se calcula como la media temporal del percentil 95 de las presiones en el colchón en cada instante de tiempo.
- **Presión media en el colchón (mmHg):** Se calcula como la media temporal de la presión media en el colchón en cada instante de tiempo.
- **Percentil 05 de la presión en el colchón (mmHg).** Se calcula como la media temporal del percentil 05 de las presiones en el colchón en cada instante de tiempo.

SUPERFICIE

- **Superficie media del colchón (cm²):** Es la media temporal de la superficie del colchón ocupada por el usuario durante en el ensayo.

GRADIENTE DE PRESIONES

Se calcula en dirección TRANSVERSAL (de lateral a lateral del colchón) y FRONTAL (en la dirección desde el borde trasero del colchón hasta el delantero)

- **Percentil 95 del gradiente transversal (Gx) (mmHg/cm):** Media temporal de los percentiles 95 del gradiente transversal de cada asiento.
- **Percentil 95 del gradiente frontal (Gy) (mmHg/cm):** Media temporal de los percentiles 95 del gradiente frontal de cada asiento.



Figura 2.8 Se marcan las direcciones de los gradientes x e y sobre el colchón.

2.5. ENSAYO DE ADAPTABILIDAD A LA FORMA DEL CUERPO

La **adaptabilidad a la forma del cuerpo** es definida como el efecto de una superficie de soporte corporal (colchón) sobre la forma interior de la columna vertebral a partir de la medición de cómo cambia la forma externa de la columna en posición decúbito supino (tumbado hacia arriba).

En primer lugar es necesario indicar que no está probado científicamente cuál es la forma óptima de la columna vertebral en las distintas posiciones tumbadas. Basándose en consideraciones biomecánicas, algunos autores han propuesto la hipótesis de que en posición tumbada la forma de la columna vertebral debería ser similar a la de postura de pie erguida o bien con una forma ligeramente más plana en vista lateral (Adams, 1985; Oliver, 1991).

Las técnicas empleadas históricamente para el estudio directo de la columna vertebral son notablemente invasivas (sensores de presión insertados en los discos intervertebrales, radiografías). Por esta razón la mayor parte de los estudios se realizan actualmente mediante técnicas menos perjudiciales y/o molestas para las personas que colaboran en ellos aunque supone utilizar variable indirectas.

En particular, se ha estudiado la forma externa de la columna vertebral bajo la hipótesis de que aunque la forma real (interna) de la misma sea desconocida, los cambios en la forma de la columna sí son medibles, al menos en el plano sagital del cuerpo (Vergara, 1999). De esta forma se puede estudiar el efecto de un modelo de colchón sobre la forma interna de la columna estudiando cómo cambia su forma externa.

Para caracterizar la forma de la espalda se han considerado las posiciones de las zonas de la piel que se encuentran sobre las apófisis espinosas de la vértebra que indica el principio de la zona dorsal de la columna (vértebra C7), la separación entre zona dorsal y zona lumbar (vértebra T12), y la apófisis que indica el final de la zona lumbar (vértebra L5) (Figura 2.9).



Figura 2.9: Instrumentación para observar los cambios en la forma de la columna.

Se realiza la medida de la forma externa de la columna vertebral de la muestra de usuarios durante un cierto periodo de uso del colchón. Para ello, se utiliza el raquímetro inclinómetrico, instrumento consistente en sensores planos capaces de medir los ángulos externos de la columna vertebral en las zonas cervical, dorsal y lumbar.

Para llevar a cabo la medición se realiza una toma de datos para cada usuario constituida por tres repeticiones de la postura decúbito supino, dejando el tiempo suficiente para que el usuario se adapte.

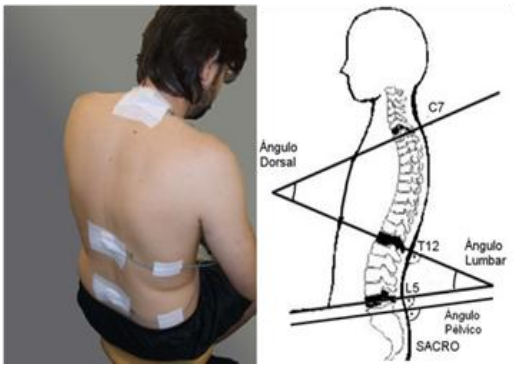


Figura 2.10: Instrumentación de los sujetos.

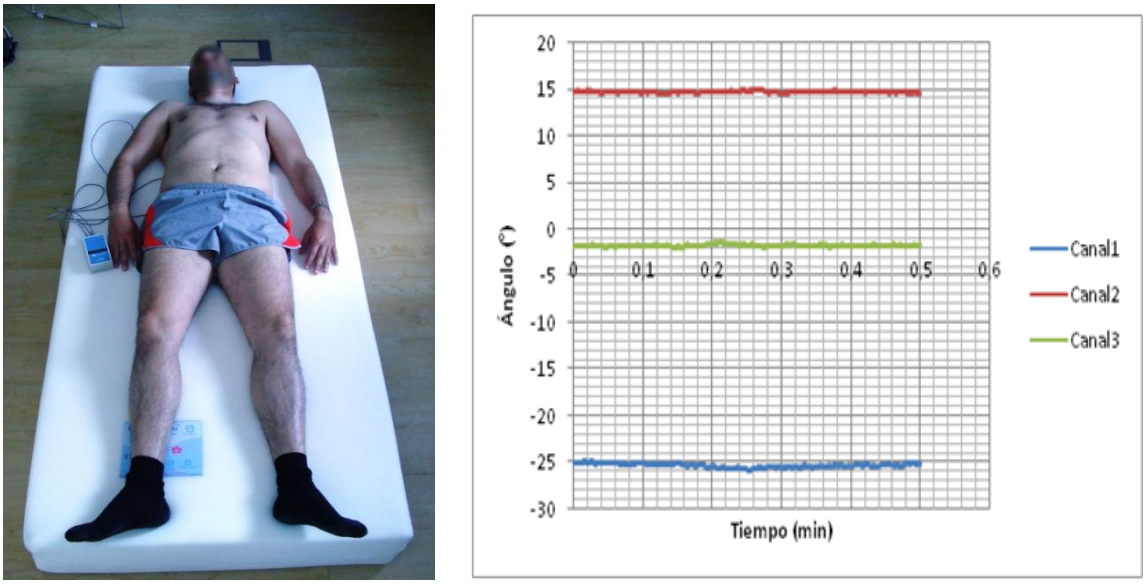


Figura 2.11: Toma de datos en postura decúbito supino.

Tras la fase de medición se realiza la estimación del ángulo dorsal y del ángulo lumbar del sujeto en posición decúbito supino, y se evalúa la variación de dichos ángulos respecto a la posición erguido. Para ello, se comparan los ángulos que comprenden los arcos de las curvas de la columna vertebral de modo que se pueda establecer si la columna está más o menos curvada en la posición decúbito supino sobre cada colchón tomando como referencia la curva medida en la postura de pie con el sujeto erguido (Figura 2.12).

PROY09/0260

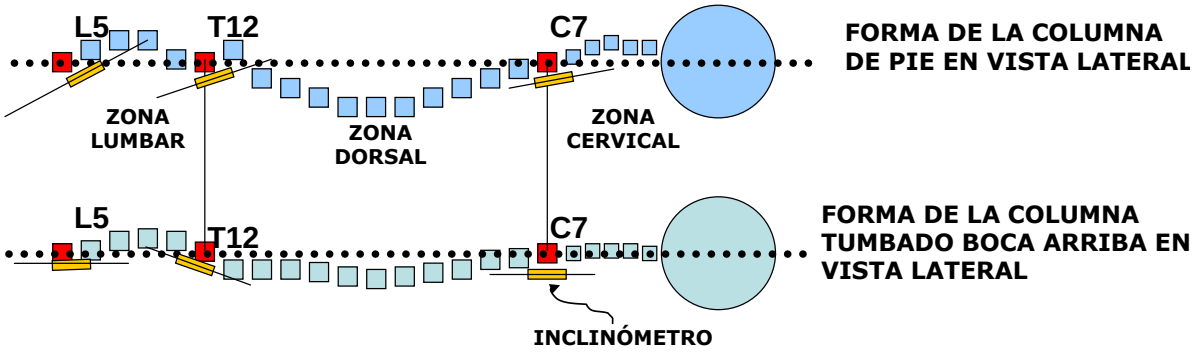


Figura 2.12 Modelo gráfico del aplanamiento de la columna vertebral al adoptar la postura decúbito supino.

3. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado. Cabe señalar que los resultados obtenidos en el presente estudio sólo se pueden hacer extensibles a la muestra de usuarios utilizada en el estudio.

3.1. ACLARACIÓN PARA LA INTERPRETACIÓN DE DIAGRAMAS

Las variables obtenidas en los distintos ensayos son diferentes de un usuario a otro y de una repetición de la medida a otra. Esta variabilidad natural se puede estudiar resumiendo los valores mediante diagramas como los de la figura 3.1., que aparecen en este informe y que se explica en el mismo. En este diagrama se incluye con un trazo grueso horizontal el nivel de la variable que tiene por debajo de él al 50% de los datos medidos con los distintos sujetos (la mediana). Este trazo está contenido por un rectángulo cuyo lado superior es el nivel de la variable que tiene por debajo de él al 75% de los datos, siendo el lado inferior el nivel que tiene por debajo el 25%.

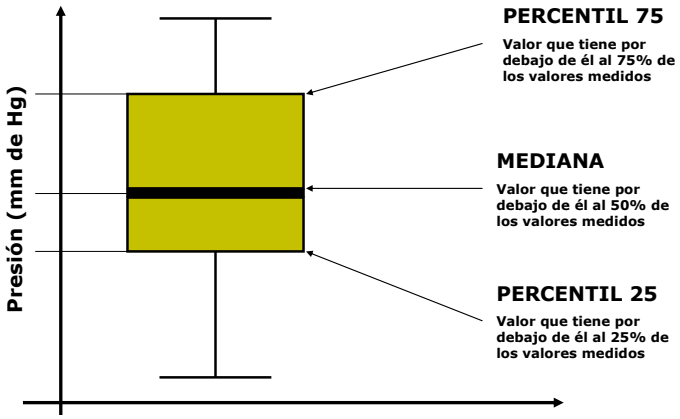


Figura 3.1. Interpretación de diagramas

En el informe se han incluido tablas de todas las pruebas estadísticas realizadas (ANOVA de Medidas Repetidas) y se ha destacado en amarillo el riesgo (*Significación*) de que una diferencia detectada con los datos de la muestra en realidad no exista en la población total. El criterio para aceptar que una diferencia existe es que ese riesgo sea inferior al 5% (o expresado como tanto por uno, 0.05).

3.2 INCLINOMETRÍA

Los datos de inclinometría proporcionan información de los ángulos del raquis, tal y como se describe en el apartado 2.5. En este proyecto se han medido los ángulos correspondientes a la postura erguida y la postura decúbito supino adoptada sobre el colchón estándar y el colchón personalizado.

En los siguientes diagramas de caja y arbotante se muestra el ángulo dorsal (figura 3.2) y el ángulo lumbar (figura 3.3.) en las diferentes posturas de raquis para cada uno de los sujetos del ensayo.

En ellas, se puede apreciar la repetibilidad de las medidas y las diferencias existentes. En los siguientes subapartados se analiza en detalle estás diferencias.

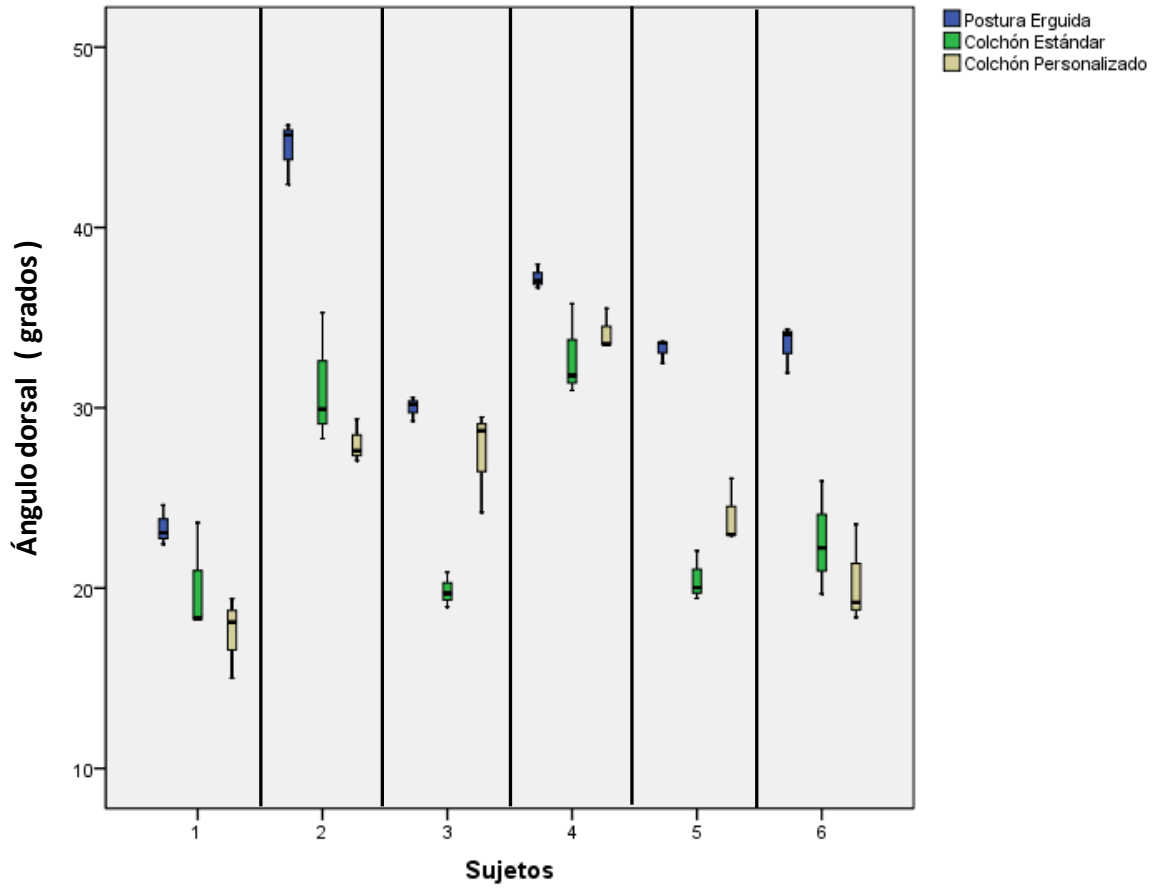


Figura 3.2. Diagrama ángulo dorsal frente a sujeto.

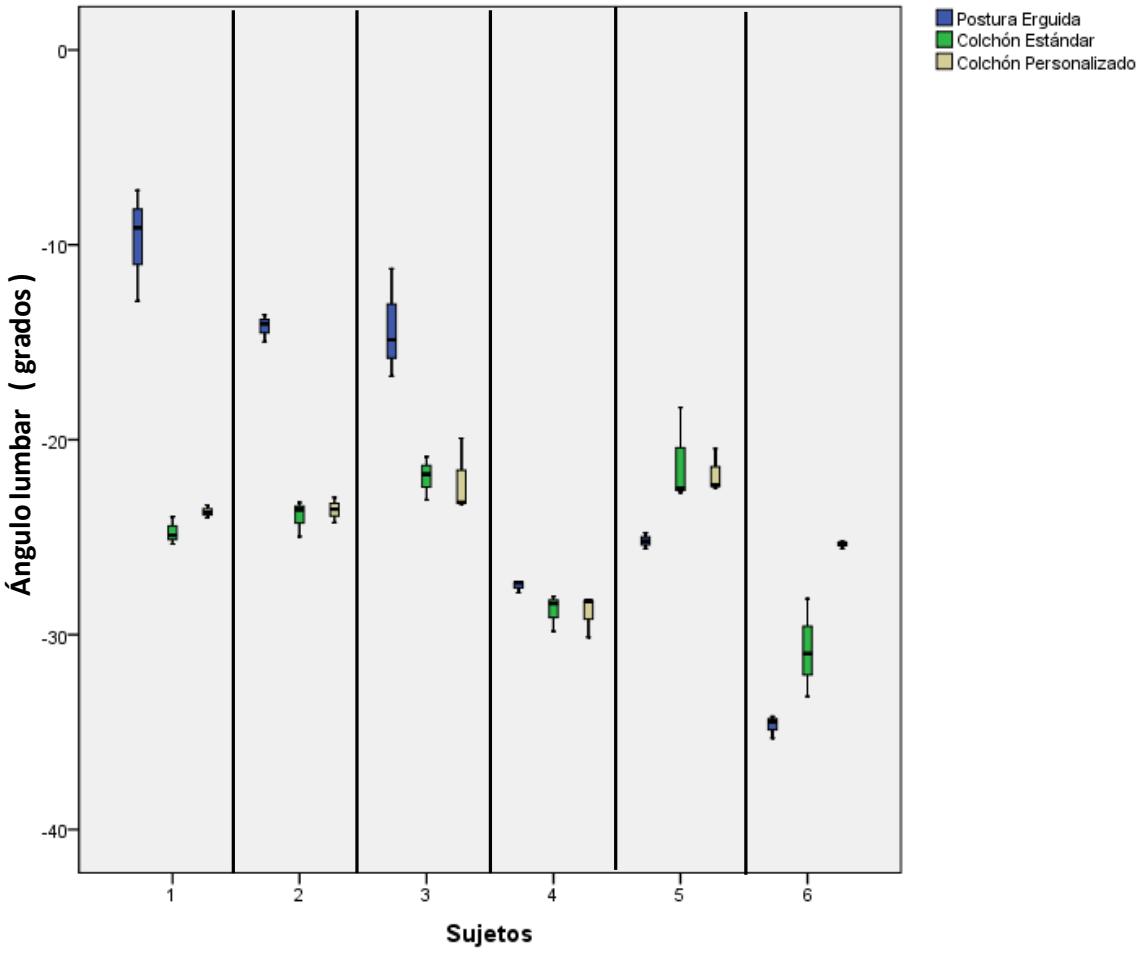


Figura 3.3. Diagrama ángulo lumbar frente a sujeto.

3.2.1 VARIACIÓN DEL ÁNGULO DORSAL Y LUMBAR

En la tabla 3.1, se presenta la variación producida en el ángulo dorsal y el ángulo lumbar medidos respecto a los valores de referencia correspondientes a la postura erguida de los usuarios entre los diferentes sujetos de la muestra. Por tanto, cabe señalar, que los valores recogidos en la tabla 3.1 son relativos respecto a los ángulos de la posición erguida (Δ Dorsal, Δ Lumbar) y en ningún caso son absolutos.

Tabla 3.1. Resultados del cambio producido en la zona dorsal y la zona lumbar

	Colchón Estándar		Colchón Personalizado	
SUJETO	**Δ dorsal**	**Δ lumbar**	**Δ dorsal**	**Δ lumbar**
S1	-3,31	-14,99	-5,86	-13,95
S2	-10,08	-12,52	-13,19	-12,2
S3	-10,16	-7,63	-2,53	-7,86

	Colchón Estándar		Colchón Personalizado	
SUJETO	**Δ dorsal**	**Δ lumbar**	**Δ dorsal**	**Δ lumbar**
S4	-4,38	-1,27	-3,03	-1,41
S5	-12,73	4,01	-9,25	3,45
S6	-10,85	3,88	-13,09	9,25

A continuación se muestra la interpretación de los valores de la tabla 3.1.

Δ dorsal

- 0 se alcanza el valor óptimo
- Mayor que 0. Indica más cifosis en la zona dorsal que en la postura erguida
- Menor que 0. Indica menos cifosis en la zona dorsal que en la postura erguida

Δ lumbar

- 0 es el valor óptimo
- Mayor que 0. Indica menos lordosis en la zona lumbar que en la postura erguida
- Menor que 0. Indica más lordosis en la zona lumbar que en la postura erguida

La tabla 3.2 muestra la variación (en promedio) así como, la desviación típica obtenida entre los diferentes sujetos de la muestra para el colchón estándar.

Tabla 3.2. Promedio y desviación típica del cambio producido en la zona dorsal y la zona lumbar del colchón estándar.

Colchón Estándar	Δ dorsal	Δ lumbar
Promedio	8,59	7,38
Desv. típica	3,81	5,39

3.2.2 ÁNGULO ABSOLUTO DORSAL Y LUMBAR

La tabla 3.3 muestra el ángulo dorsal obtenido en los usuarios para cada uno de los colchones evaluados en posición decúbito supino. El signo indica el tipo de curvatura, un signo negativo indica una curva lordótica mientras que uno positivo indica una curva cifótica.

Tabla 3.3: Ángulos en la zona dorsal y la zona lumbar.

	Colchón Estándar		Colchón personalizado	
SUJETO	**Ángulo dorsal**	**Ángulo lumbar**	**Ángulo dorsal**	**Ángulo lumbar**
S1	20,06	-24,73	17,51	-23,69
S2	30,83	-24,34	27,72	-24,02
S3	19,85	-21,91	27,48	-22,14
S4	32,84	-28,76	34,19	-28,9
S5	20,51	-21,18	23,99	-21,74
S6	22,62	-30,77	20,38	-25,4

Tabla 3.4. Promedio y desviación de los ángulos en la zona dorsal y la zona lumbar del colchón estándar.

Colchón Estándar	Ángulo dorsal	Ángulo lumbar
Promedio	24,45	-25,28
Desv. típica	5,84	3,78

Se ha realizado un análisis de medidas repetidas para establecer si existen diferencias significativas entre los dos colchones ("Estándar" y "Personalizado")[1] respecto al ángulo lumbar y dorsal. El ángulo lumbar es considerado como más crítico en la valoración del confort de colchones y, por lo tanto, para el análisis de los datos es el que se considera como representativo.

Pruebas de efectos intra-sujetos.

Medida:lumbar

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad	Potencia observada[a]
colchon_pers	Esfericidad asumida	2,729	1	2,729	,904	,385	,153	,904	,122
	Greenhouse-Geisser	2,729	1,000	2,729	,904	,385	,153	,904	,122
	Huynh-Feldt	2,729	1,000	2,729	,904	,385	,153	,904	,122
	Límite-inferior	2,729	1,000	2,729	,904	,385	,153	,904	,122
Error(colchon_pers)	Esfericidad asumida	15,093	5	3,019					
	Greenhouse-Geisser	15,093	5,000	3,019					
	Huynh-Feldt	15,093	5,000	3,019					
	Límite-inferior	15,093	5,000	3,019					

a. Calculado con alfa = ,05

[1] El análisis se realiza según el tipo de colchón, el "estándar" y el "personalizado". En este caso llamamos personalizado al conjunto formado por los 6 colchones adaptados a cada uno de los usuarios.

PROY09/0260

Pruebas de efectos intra-sujetos.

Medida:dorsal

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta al cuadrado parcial	Parámetro de no centralidad	Potencia observada[a]
colchon_pers	Esfericidad asumida	5,587	1	5,587	,580	,481	,104	,580	,096
	Greenhouse-Geisser	5,587	1,000	5,587	,580	,481	,104	,580	,096
	Huynh-Feldt	5,587	1,000	5,587	,580	,481	,104	,580	,096
	Límite-inferior	5,587	1,000	5,587	,580	,481	,104	,580	,096
Error(colchon_pers)	Esfericidad asumida	48,142	5	9,628					
	Greenhouse-Geisser	48,142	5,000	9,628					
	Huynh-Feldt	48,142	5,000	9,628					
	Límite-inferior	48,142	5,000	9,628					

a. Calculado con alfa = ,05

Como muestran las tablas, **no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas** entre los dos tipos de colchones **en el ángulo dorsal ni el ángulo lumbar.**

La figura 3.3 muestra el ángulo lumbar para cada uno de los sujetos en los diferentes colchones. Tanto el colchón estándar cómo el colchón personalizado se comportan de manera similar (no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en conjunto). Sin embargo, en la personalización realizada para el sujeto 6 - el de mayor IMC con 28.1 - el ángulo lumbar en el colchón personalizado es significativamente menor que en el colchón estándar.

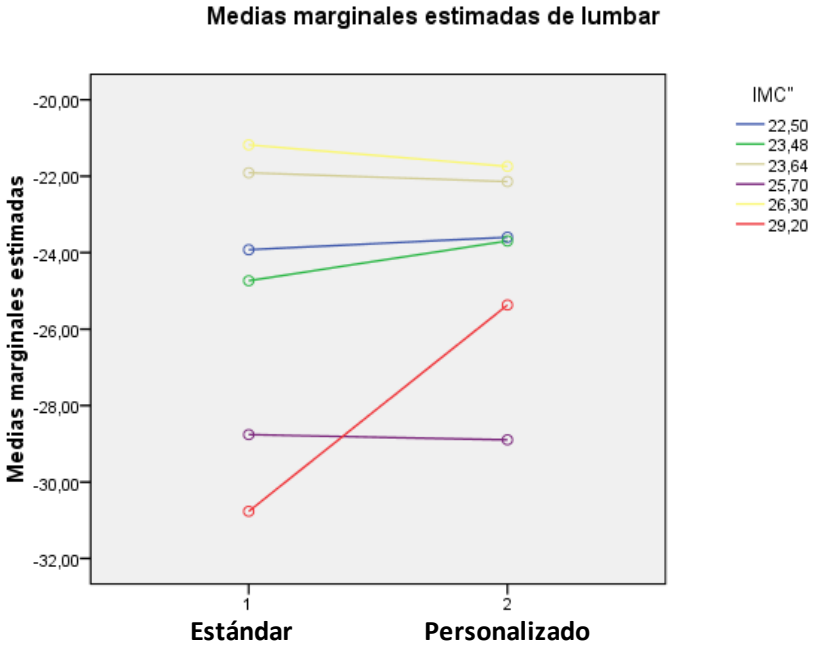


Figura 3.3. Medias marginales el ángulo lumbar para cada colchón según el índice de masa corporal.

3.3 ENSAYO DE PRESIONES

En los ensayos de distribución de presiones se han analizado las variables comentadas en el apartado 2.4 según el factor colchón.

FACTOR COLCHÓN

- Para analizar el factor colchón con dos niveles (COLCHÓN1, COLCHÓN2), se ha hecho un promediado de las muestras de colchón personalizadas (MU09-0381, MU09-0382, MU09-0383, MU09-0384, MU09-0385, MU09-0386) mientras que COLCHON1 se compone únicamente de la muestra MU09-0380.

  COLCHON1 = ESTÁNDAR

  COLCHON2 = PERSONALIZADO

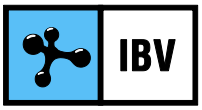
La siguiente tabla muestra las diferencias obtenidas en dichas variables en función del factor COLCHÓN. En amarillo están marcadas las casillas con un nivel de significación menor de 0.05.

Tabla 3.5. Efecto del colchón

	FACTOR COLCHON		
		Nivel de significación	Diferencia entre medias
Pr_P95_tórax		0.573	
Pr_P50_tórax		0.520	
Sup_med_tórax		0.351	
Gr_P95_frontal_tórax	ESTD<PERS	0.009	0.5
Pr_P50_lumbar		0.361	
Sup_med_lumbar		0.116	
Pr_P95_pelvis	ESTD<PERS	0.000	3.7
Pr_P50_pelvis		0.294	
Sup_med_pelvis		0.563	
Gr_P95_frontal_pelvis		0.244	

En general, se puede observar que **se produce menores presiones máximas en la zona de la pelvis y menores gradientes con el colchón estándar que con el personalizado**.

En el ANEXO I y en el ANEXO II se encuentran, respectivamente, las distribuciones de presión y los descriptivos de las variables de presión representativas (presión máxima, gradiente, superficie) para cada sujeto en los dos colchones.



3.4 RELACION ENTRA POSTURA RAQUIS Y PRESIONES

En este apartado se analiza la relación existente entre la postura del raquis (ángulos dorsal y lumbar) y la distribución de presiones del sujeto con el objetivo de encontrar un modelo capaz de predecir la postura del raquis a partir de las medidas antropométricas (Altura, Peso, IMC) y las variables procedentes de los registros de presiones.

Las variables independientes introducidas en el modelo son:

a) Valor medio en el tiempo de la Presión máxima en cada área.
b) Valor medio en el tiempo de la Presión media en cada área.
c) Valor medio en el tiempo de la Presión mínima en cada área.
d) Valor medio en el tiempo del módulo del Gradiente máximo en cada área.
e) Valor medio en el tiempo del módulo del Gradiente medio en cada área.
f) Valor medio en el tiempo de la Superficie media de contacto en cada área.
g) Altura, Peso e índice de masa corporal.

En total se han utilizado 21 variables. El modelo obtenido está acotado por la muestra de usuarios empleada. Al tratarse de una muestra de usuarios pequeña, no es posible extrapolar los resultados al resto de la población sin una validación previa. Sin embargo, se observan claros indicios de una relación entre la postura del raquis, las medidas antropométricas (Altura, Peso, IMC) y las presiones obtenidas.

A continuación se describen los modelos obtenidos que predicen el ángulo dorsal y lumbar.

3.4.1. Ángulo dorsal

El modelo se ha obtenido a partir de una regresión lineal utilizando como variable dependiente el ángulo dorsal y como variables independientes las variables descritas en el apartado 3.4. La tabla 3.6 muestra el resumen del modelo. **La máxima capacidad de predicción del modelo** viene determinada por el valor de R cuadrado corregida (0.523) siendo de un **52.3%**. Esta es la máxima variabilidad que se puede explicar sin considerar otros factores (p. ej. Firmeza, hábitos posturales, fortaleza del músculo, medidas antropométricas, etc.). El modelo de la postura del raquis es complejo y no solo depende de la distribución de presiones.

Tabla 3.6. Resumen del modelo "Ángulo Dorsal"

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,760[a]	,577	,523	4,04629

a. Variables predictoras: (Constante), P95 Pelvis, Superficie Tórax, P50 Tórax, IMC"

b. Variable dependiente: angulo_dorsal

Tabla 3.7. Coeficientes del modelo "Ángulo Dorsal"

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	12,049	8,599		1,401	,171
	Superficie Tórax	,026	,007	,581	3,586	,001
	P50 Tórax	1,836	,420	,862	4,370	,000
	IMC"	-3,311	,569	-1,284	-5,819	,000
	P95 Pelvis	,446	,179	,384	2,485	,019

a. Variable dependiente: angulo_dorsal

De esta forma, la ecuación para el ángulo dorsal (ver tabla 3.7) se puede expresar como:

Ángulo Dorsal *= 12.049 + 0.026 * **Superficie Tórax** + 1.836 * **Presión P50 Tórax** + + 0.446 * **Presión P95 Pelvis** – 3.311 * **IMC***

En la figura 3.4 se muestra para cada una de las medidas la dispersión entre el valor real y el valor pronosticado.

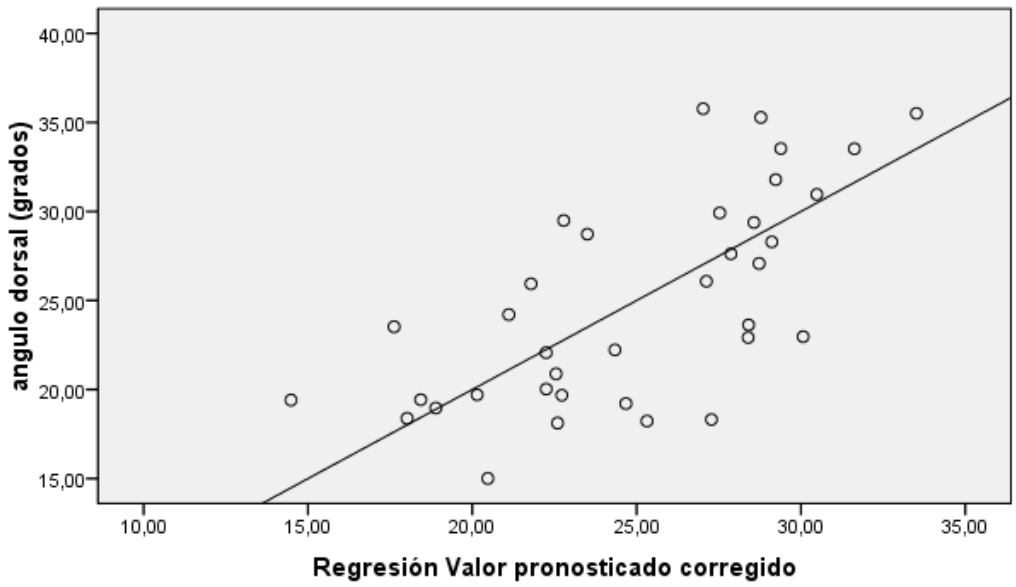


Figura 3.4. Dispersión entre el valor real y el valor pronosticado para el ángulo dorsal.

Utilizando este modelo y los valores medios de las tres repeticiones, la tabla 3.8 muestra el valor real de la medida obtenido con inclinómetros, el valor pronosticado por nuestro modelo y el error cometido.

Tabla 3.8. Ángulo dorsal (grados)

Sujeto	Tipo colchón	Valor Real	Valor predicho	Error (%)
1	Estándar	20.06	26.88	25.3
2	Estándar	30.83	29.19	5.6
3	Estándar	19.85	20.94	5.2
4	Estándar	32.84	29.67	10.6
5	Estándar	20.51	21.37	4.0
6	Estándar	22.62	23.52	3.8
1	Personalizado	17.51	19.60	10.6
2	Personalizado	27.72	28.78	3.6
3	Personalizado	27.48	23.26	18.1
4	Personalizado	34.19	32.46	5.3
5	Personalizado	23.99	28.38	15.6
6	Personalizado	20.38	20.54	0.7

El error medio cometido en nuestro modelo de predicción del "Ángulo dorsal" es de **11.4%**. Este error se calcula como:

$$Error\ medio = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(Error_i)^2}{N}} \qquad \text{(Ec. 1)}$$

3.2.2. Ángulo lumbar

El modelo se ha obtenido a partir de una regresión lineal utilizando como variable dependiente el ángulo lumbar y como variables independientes las variables descritas en el apartado 3.4. La **máxima capacidad de predicción obtenida del modelo** es de un **58.2%**.

Tabla 3.9. Resumen del modelo "Ángulo Lumbar"

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
4	,794[d]	,630	,582	2,11369

d. Variables predictoras: (Constante), P50 Pelvis, Superficie Tórax, IMC", Superficie Pelvis

Tabla 3.10. Coeficientes del modelo "Ángulo Lumbar"

Coeficientes[a]

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
4	(Constante)	1,691	4,465		,379	,707
	P50 Pelvis	-1,156	,214	-1,011	-5,401	,000
	Superficie Tórax	-,012	,003	-,483	-3,400	,002
	IMC"	1,252	,383	,870	3,268	,003
	Superficie Pelvis	-,010	,006	-,323	-1,668	,105

a. Variable dependiente: angulo_lumbar

De esta forma, la ecuación para el ángulo dorsal (ver tabla 3.10) se puede expresar como:

Ángulo lumbar *= 1.691 + 1.252 * **IMC** - 0.012 * **Superficie Tórax** -*
*- 1.156 * **Presión P50 Pelvis** - 0.01 **Superficie Pelvis***

En la figura 3.5 se muestra para cada una de las medidas la dispersión entre el valor real y el valor pronosticado.

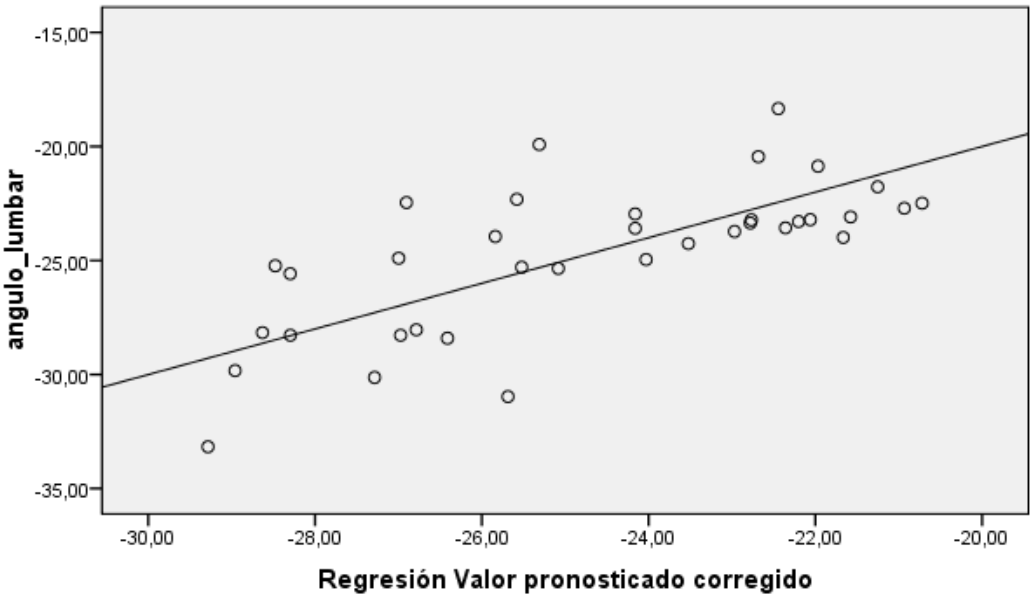


Figura 3.5. Gráfico de dispersión entre el valor real y el valor pronosticado para el ángulo lumbar.

La tabla 3.11 muestra el valor real de la medida obtenido con inclinómetros, el valor pronosticado por nuestro modelo y el error cometido.

Tabla 3.11. Ángulo lumbar

Sujeto	Tipo colchón	Valor Real	Valor esperado	Error (%)
1	Estándar	-24.73	-26.12	5.3
2	Estándar	-24.34	-24.03	1.3
3	Estándar	-21.91	-21.96	0.2
4	Estándar	-28.76	-27.92	3.0
5	Estándar	-21.18	-21.72	2.5
6	Estándar	-30.77	-28.92	6.4
1	Personalizado	-23.69	-22.98	3.1
2	Personalizado	-24.02	-23.73	1.2
3	Personalizado	-22.14	-23.44	5.5
4	Personalizado	-28.90	-28.06	2.9
5	Personalizado	-21.74	-25.09	13.3
6	Personalizado	-25.40	-27.15	7.5

El error medio en nuestro modelo de predicción del "Ángulo lumbar" es de **5.6%**.

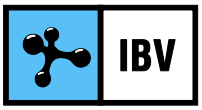
4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos puede concluirse que:

- La forma de la espalda adoptada por los usuarios es aceptable en ambos colchones, no provocando ningún riesgo para la salud por mantener en la zona lumbar parte de la lordosis natural.
- **No se encuentran diferencias significativas en la postura del raquis en función del COLCHON** para el conjunto de la muestra**.** Sin embargo en la personalización del sujeto con mayor índice de masa corporal se encuentran las mayores diferencias en la curvatura lumbar**,** manteniendo el colchón estándar una postura más cercana a la posición erguida que el colchón personalizado**.**
- Se producen menores presiones máximas en la zona de la pelvis y menores gradientes máximos con el colchón estándar que el personalizado.

MODELO DE PREDICCIÓN

- Se observan **claros indicios** de una **relación** entre la **postura del raquis, las superficies de contacto, las distribuciones de presiones y el índice de masa corporal**.
    - ***Ángulo Dorsal*** *depende de* ***Superficie Tórax, Presión P50 Tórax****,* ***Presión P95 Pelvis****,* ***IMC.***
    - ***Ángulo lumbar*** *depende de* ***IMC, Superficie Tórax****,* ***Superficie Pelvis, Presión P50 Pelvis.***
- La capacidad de predicción del modelo dorsal es de un 52.3% con un error del 11.4% mientras que el modelo lumbar tiene una capacidad de predicción del 58.2% y un error del 5.6%.
- Los modelos así obtenidos están acotados por la muestra de usuarios empleada en el estudio. Para extrapolar los resultados a diferentes perfiles de la población sería necesario aumentar la muestra y realizar una validación previa.



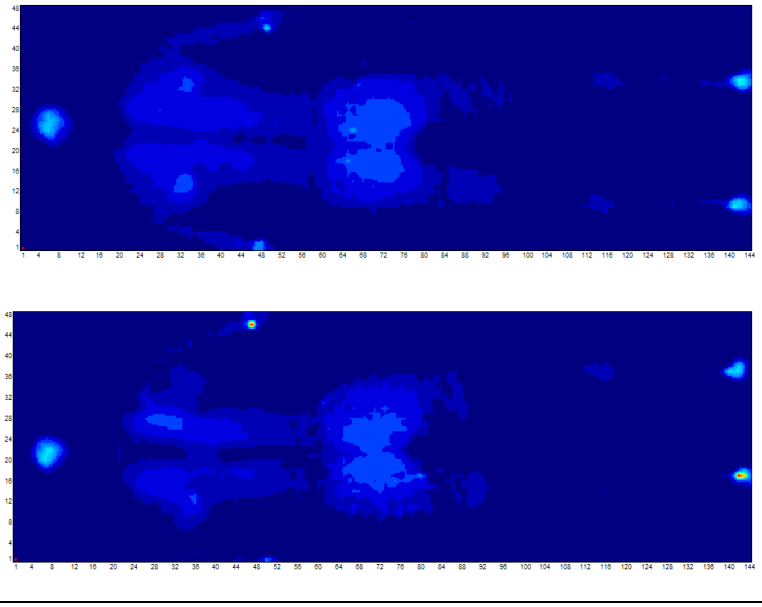
5. REFERENCIAS

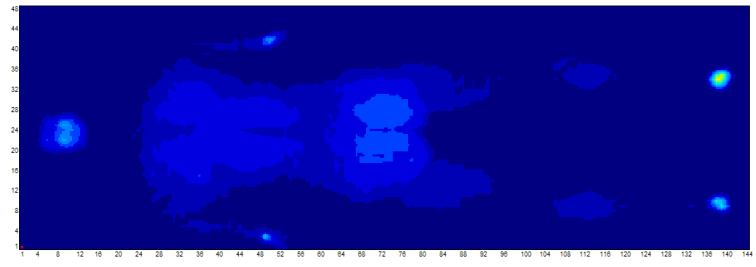
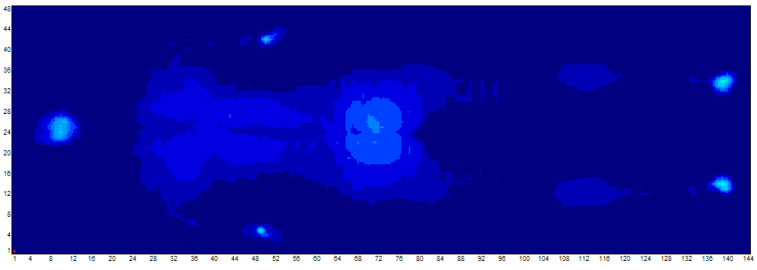
1. Adams, M.A. (1985) The effect of posture on the lumbar spine. *J. Bone Surgery 1985* 67 (4) pp 625-629
2. Oliver, J., Middledicth, (1991) A. Posture en *Functional anatomy of the spine. Butterworth-Heinemann* Oxford, pp 294-305
3. Vergara, M.; Page, A; Moraga, R., (1998) Analysis of lumbar flexion in sitting posture: location of lumbar vertebrae with relation to easily identifiable skin marks

ANEXO

Mapas de presión



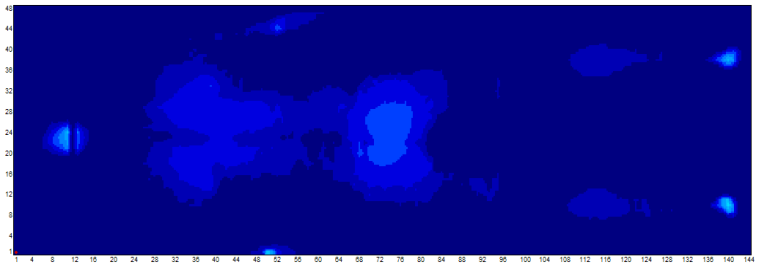
Sujeto/ Colchón	Mapa de presiones
S01 Estándar	
S01 Personalizado	

Sujeto/ Colchón	Mapa de presiones
S02 Estándar	
S02 Personalizado	

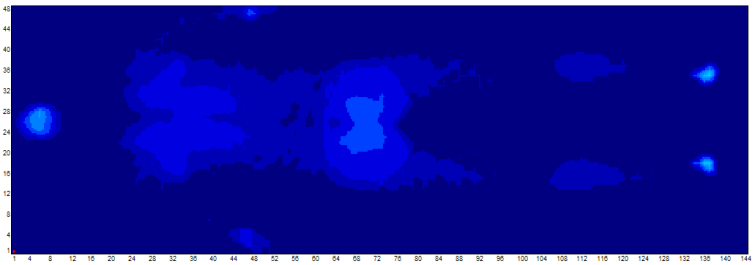
Sujeto/
Colchón

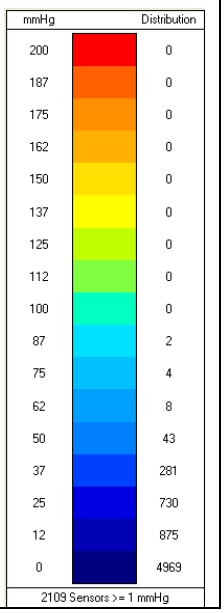
Mapa de presiones

S03 Estándar



S03 Personalizado

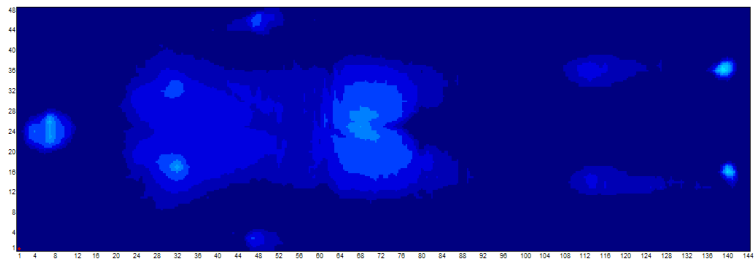




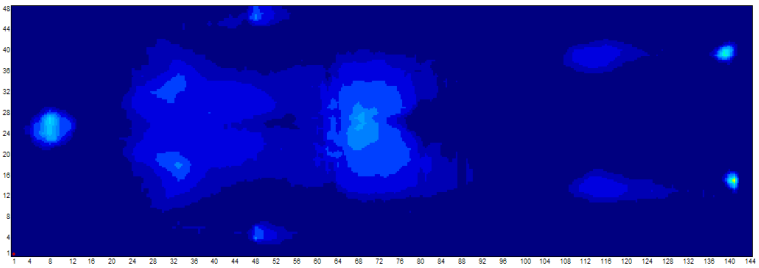
Sujeto/
Colchón

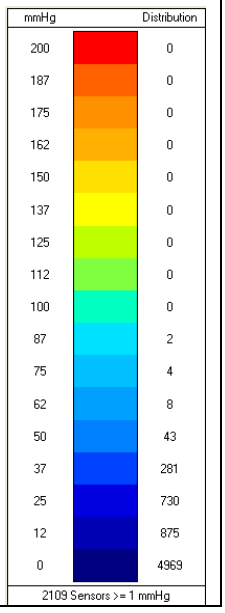
Mapa de presiones

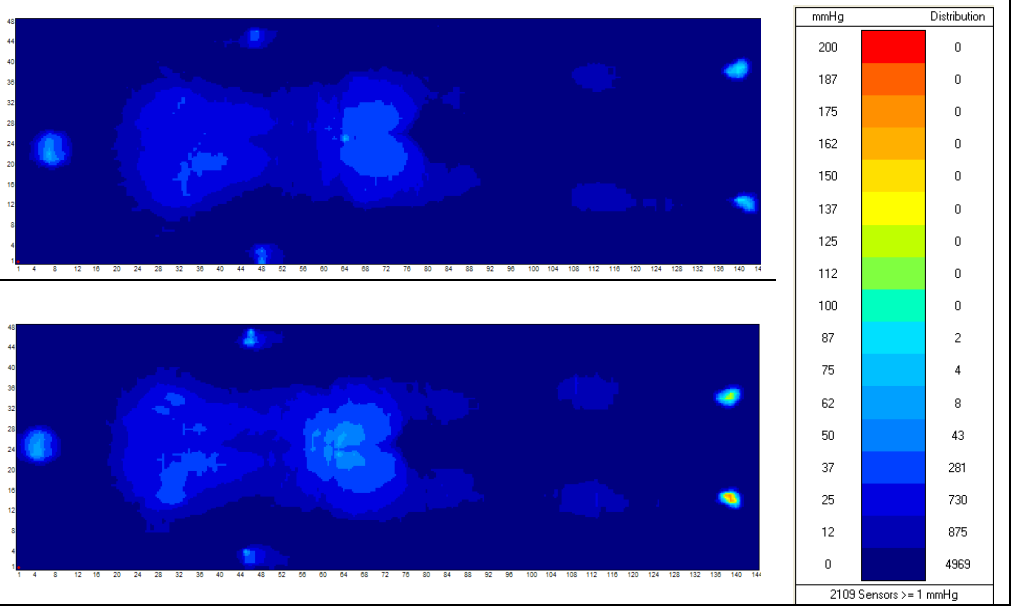
S04 Estándar

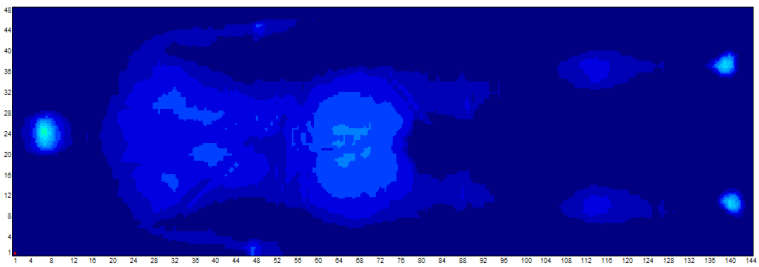
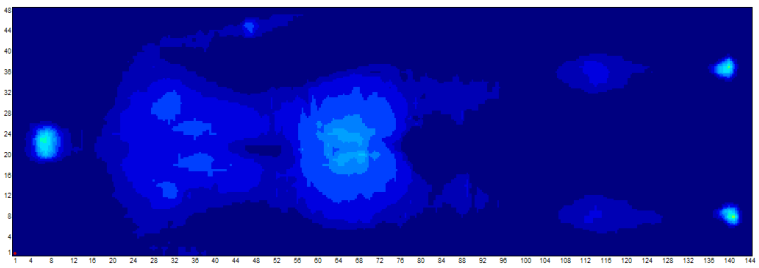


S04 Personalizado





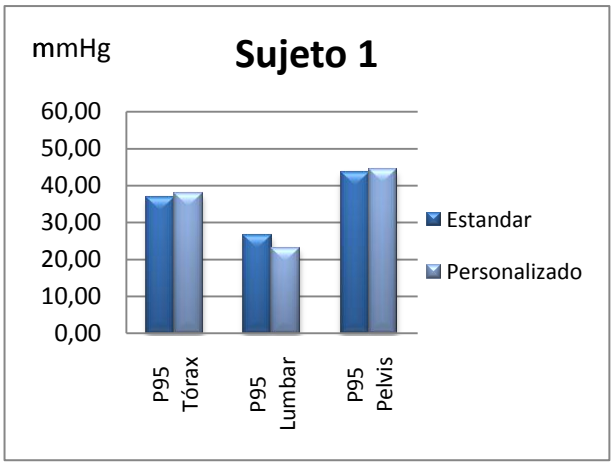
Sujeto/ Colchón	Mapa de presiones
S05 Estándar	
S05 Personalizado	

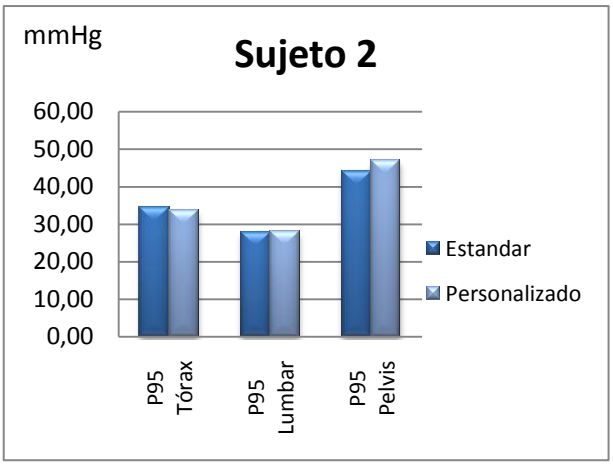
Sujeto/ Colchón	Mapa de presiones
S06 Estándar	
S06 Personalizado	

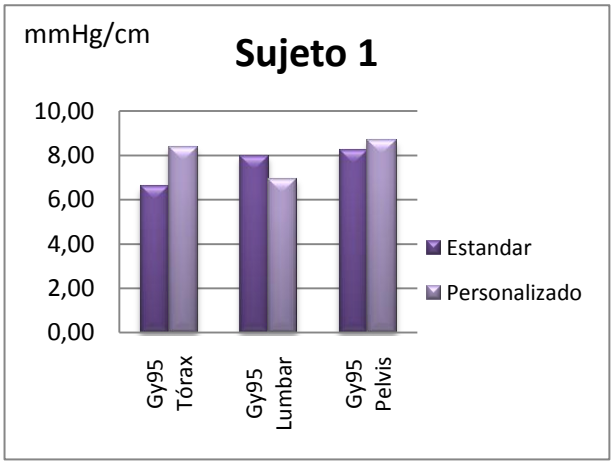
A N E X O

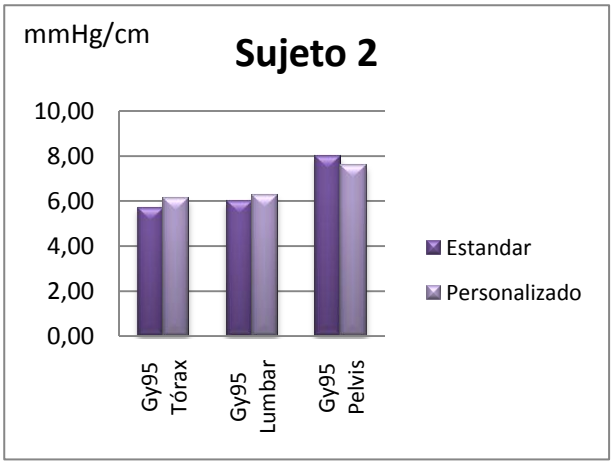
Graficas de las variables de presión

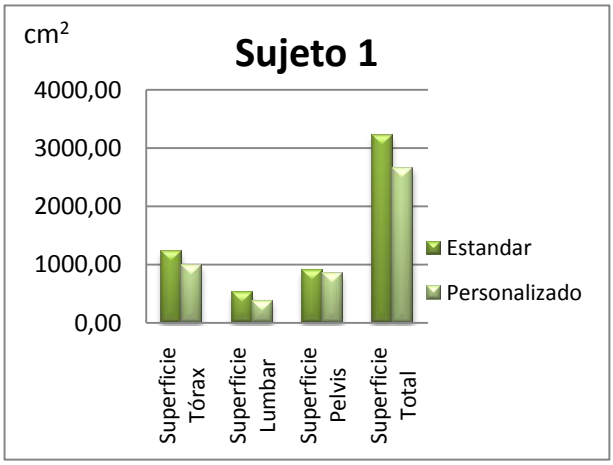


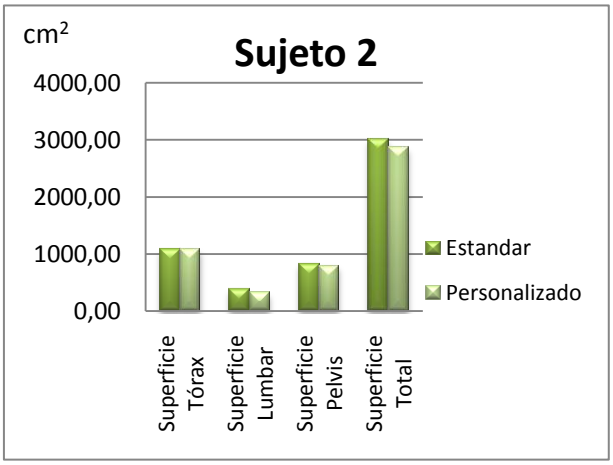

mmHg
Sujeto 1
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado

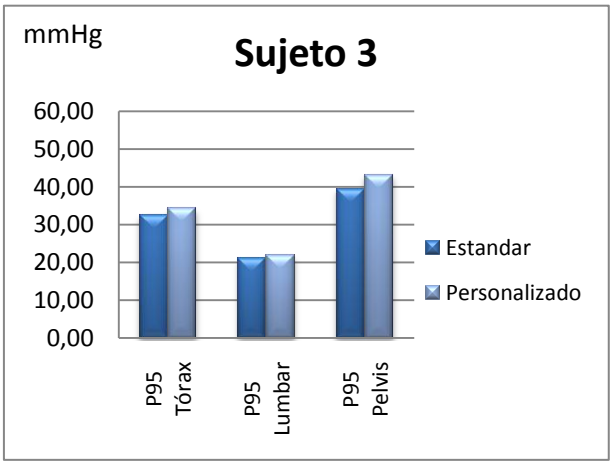

mmHg
Sujeto 2
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado

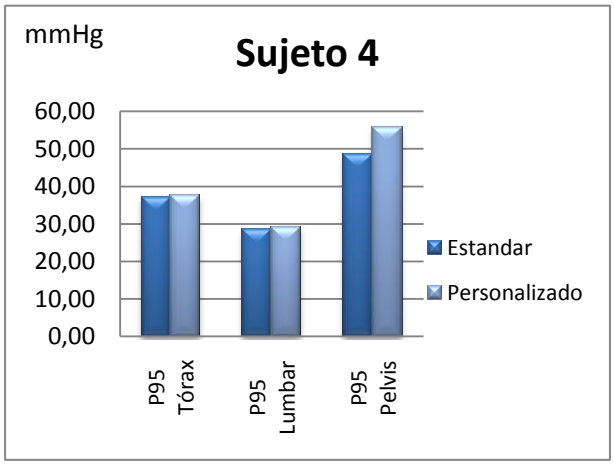

mmHg/cm
Sujeto 1
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado

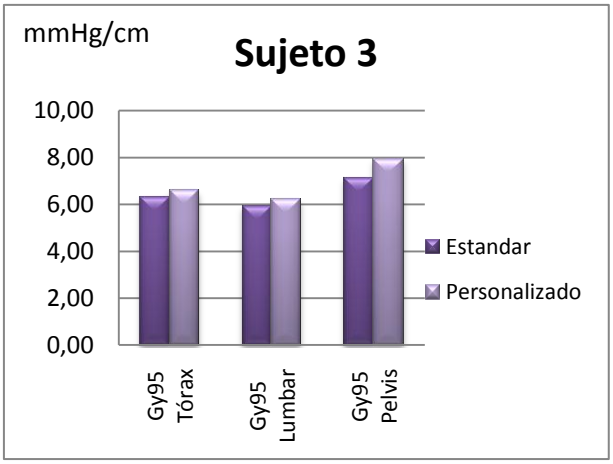

mmHg/cm
Sujeto 2
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado

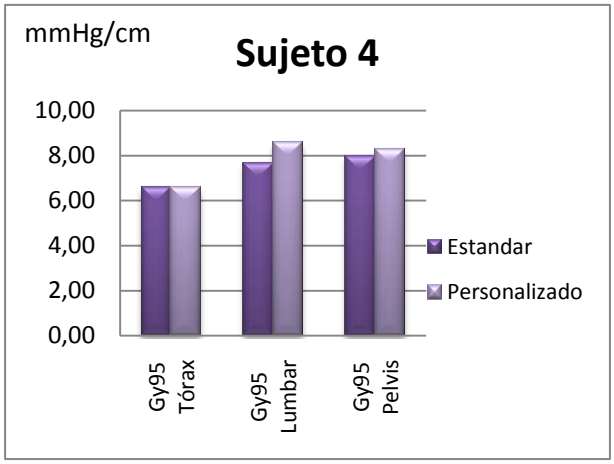

cm²
Sujeto 1
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado

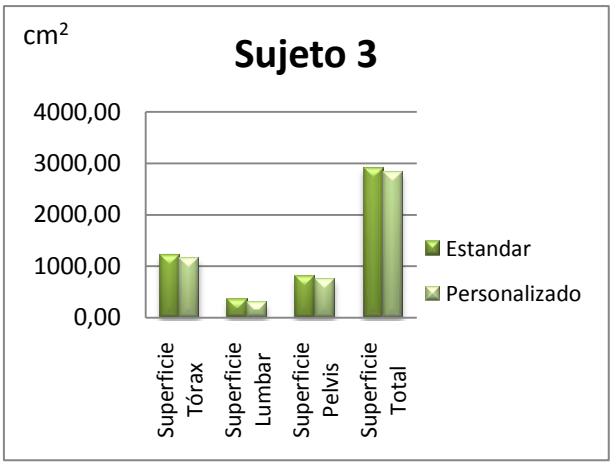

cm²
Sujeto 2
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado

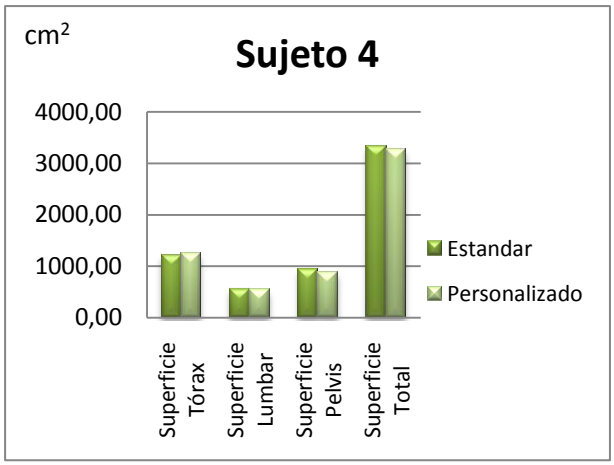

mmHg
Sujeto 3
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado

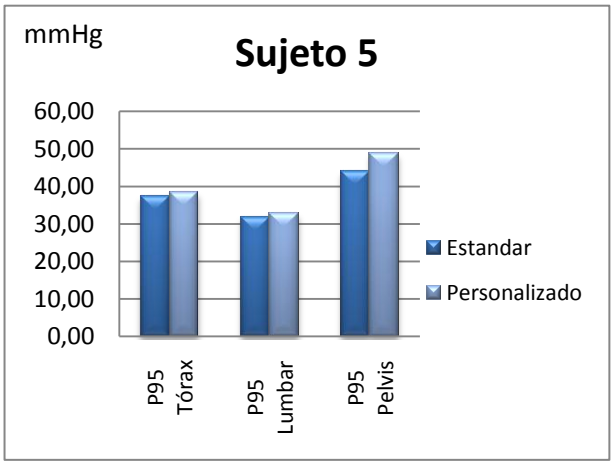

mmHg
Sujeto 4
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado

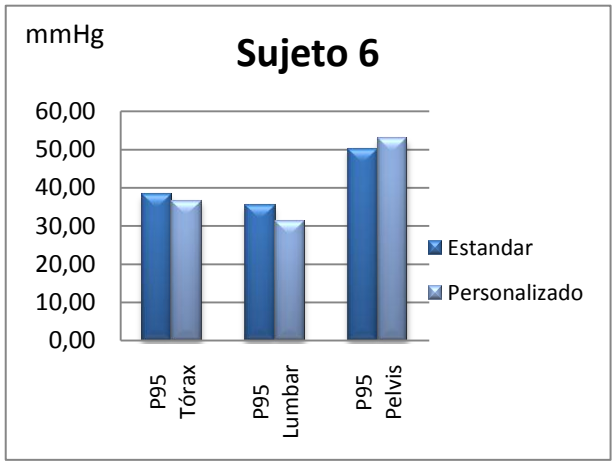

mmHg/cm
Sujeto 3
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado

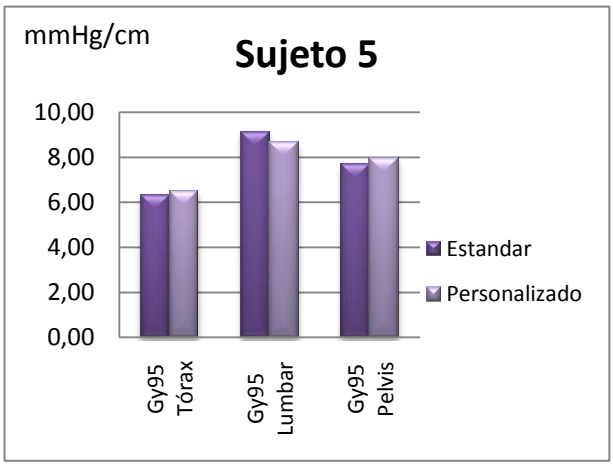

mmHg/cm
Sujeto 4
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado

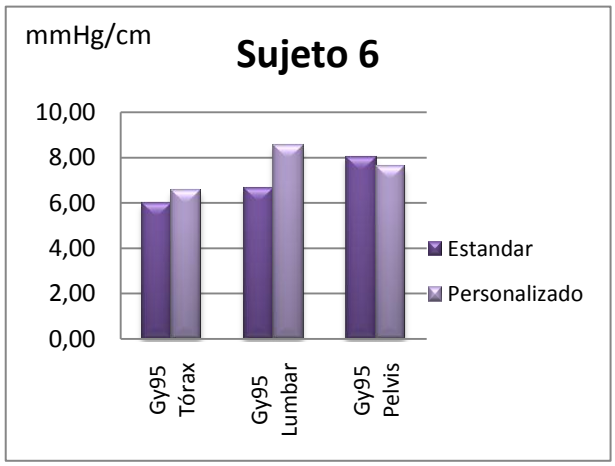

cm²
Sujeto 3
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado

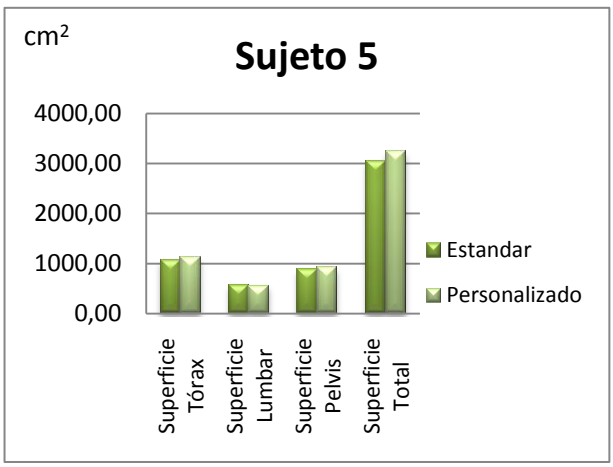

cm²
Sujeto 4
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado

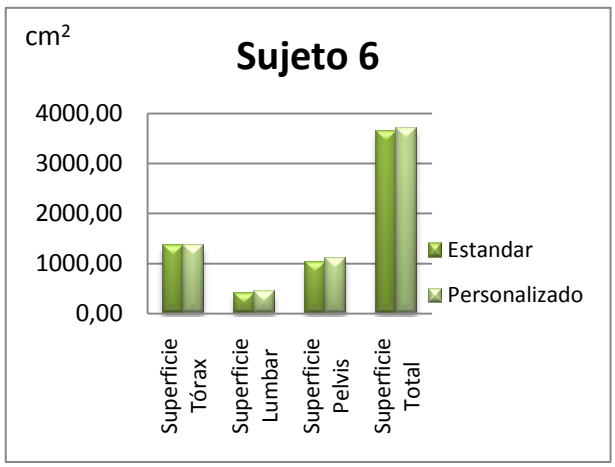

mmHg
Sujeto 5
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado


mmHg
Sujeto 6
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
P95 Tórax
P95 Lumbar
P95 Pelvis
Estandar
Personalizado


mmHg/cm
Sujeto 5
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado


mmHg/cm
Sujeto 6
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Gy95 Tórax
Gy95 Lumbar
Gy95 Pelvis
Estandar
Personalizado


cm²
Sujeto 5
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado


cm²
Sujeto 6
4000,00
3000,00
2000,00
1000,00
0,00
Superficie Tórax
Superficie Lumbar
Superficie Pelvis
Superficie Total
Estandar
Personalizado