



UNIÓN DE ASOCIACIONES  
DE INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES Y GRADUADOS  
EN LA INGENIERÍA DE LA  
RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA

# **UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAIIE)**

**“CONVOCATORIA 2023”**

## **VIII PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

**Título del Trabajo:  
Estudio de la idoneidad del mobiliario del aula para el  
alumnado y propuesta de rediseño**

**AUTOR/ES:**  
Lidia Cabriada Sierra  
Marcos Moneo Foronda  
Sergio Muñoz Lahoz

**BLOQUE TEMÁTICO:**  
Diseño Industrial

**NIVEL EDUCATIVO:**  
2º Bachillerato

**COORDINADOR:**  
Pablo Ijalba Pérez

**MARZO 2023**



# Resumen

Los estudiantes pasan gran parte del tiempo en sus aulas utilizando un mobiliario que no siempre se ajusta a sus medidas y acaba afectando tanto a su salud física como a su concentración y rendimiento académico. Los objetivos de este trabajo son estudiar el desajuste entre las medidas antropométricas de los estudiantes en comparación con las dimensiones de la silla y la mesa. Para llevar a cabo el estudio se tomaron datos de siete medidas antropométricas (coincidentes en la bibliografía especializada) de una muestra estratificada según lo establecido por la norma UNE-EN ISO 1553, representativa del alumnado de IES Valle del Ebro. Con ellos se utilizaron unas ecuaciones de criterio para identificar el desajuste respecto al mobiliario actual Castellucci et al. (2014). Por último, para crear la propuesta de rediseño se calcularon las medidas adecuadas a partir de nuestros datos para reducir el desajuste encontrado. Tras contrastar las medidas del mobiliario actual con las que indican las ecuaciones de desajuste observamos que, sobre todo, había mayor desajuste respecto a la profundidad del asiento, esta es la principal característica que diferencia nuestra propuesta. Tras el análisis de resultados observamos que, en los modelos del instituto, encontramos que la profundidad y el ancho de las sillas son las medidas con mayor desajuste, siendo estas 24% y 17% junto con la altura, con un desajuste bajo del 100%.

# Palabras Clave

mobiliario, estudiantes, desajuste, diseño ergonómico, antropometría

# Vídeo

<https://youtu.be/xKATaSfBVeM>

# Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>Palabras Clave</b> .....	<b>2</b>
<b>Vídeo</b> .....	<b>2</b>
<b>Índice</b> .....	<b>2</b>
1. <i>Desarrollo</i> .....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Metodología .....	5
1.4 Resultados .....	4
1.5 Conclusión .....	7
1.5. Referencias.....	12

# 1. Desarrollo

## 1.1 Introducción

Los estudiantes de secundaria pasamos aproximadamente entre 5,5 y 6,5 horas cada día dentro de un aula y, de ese tiempo, entre un 70% y un 90% discurre sentados, haciendo uso de un mobiliario que no siempre se adapta al usuario (Prieto-Lage et al., 2021). Son numerosos los estudios que ponen en evidencia el desajuste existente entre las medidas del mobiliario escolar y las dimensiones antropométricas del alumnado, existiendo evidencia de que supone una sobrecarga postural (Batistão et al., 2012 y 2016), reportándose efectos negativos tanto a nivel físico, con frecuentes episodios de dolor de espalda, cuello y dolor de cabeza (Parcells et al., 1999); como académico, con efectos sobre su rendimiento y capacidades (Smith-Zuzovsky y Exner, 2004; Wingrat y Exner, 2005). La solución no es compleja ni necesariamente cara, y son varios los países que han aplicado nuevos estándares para el diseño del mobiliario escolar basados en ergonomía, como Chile, Japón o Corea (Castellucci et al., 2010; Prieto-Lage et al., 2021).

Además de que un rediseño basado en criterios antropométricos como el que aquí se propone permitiría reducir ese desajuste y, en consecuencia, minimizar el riesgo a sufrir efectos físicos y sobre el rendimiento, es aún más importante si cabe hacerlo para un tipo de usuario cuyo tamaño cambia de una forma considerable durante estas etapas escolares, y tan compleja, con diferencias según sexo y edades (Castellucci et al., 2015). Además, esta es una etapa y un contexto que permite adquirir hábitos saludables, ya que lo contrario ha podido ser demostrado: las malas posturas de asiento adquiridas durante los primeros años escolares difícilmente se consiguen corregir en la madurez (Obinna et al., 2021).

Por otra parte, aunque los estudios de la diferencia entre las medidas del mobiliario y las dimensiones de los alumnos en el sector educativo se han incrementado gradualmente cada vez más frecuentes desde finales de los años 90; no existen hasta el momento en España estudios de antropometría y mobiliario escolar (Paramés

González et al., 2021); únicamente se ha detectado uno piloto con nuestros mismos objetivos y para el nivel de Educación Primaria (Prieto-Lagea et al., 2021).

Este estudio se ha realizado con la colaboración del Campus de Tudela de la Universidad Pública de Navarra (UPNA); en concreto, con José Ramón Alfaro, profesor del ámbito de la ingeniería industrial, Ana Beatriz Bays, de fisioterapia y Juan Ignacio Latorre, de ingeniería mecánica.

La principal finalidad del estudio ha sido evaluar el desajuste entre las dimensiones del mobiliario escolar y las medidas de los alumnos en una muestra adecuada de usuarios, es decir, estudiantes. Para ello se tomaron datos antropométricos, del mobiliario y se aplicaron ecuaciones de desajuste. Como conclusión del estudio y en aplicación de estos resultados, se formularon propuestas de mobiliario para el aula siguiendo los principios del diseño antropométrico. Se han reunido datos procedentes de diferentes áreas de conocimiento y aplicando técnicas multidisciplinares (Vergara y Agost, 2015): la antropometría, mediante el estudio y las dimensiones del cuerpo humano, con un tratamiento estadístico posterior; la biomecánica, para anticipar posibles lesiones; la fisiología, al incluir la variable del dolor percibido; y la ingeniería, al desarrollar un rediseño del producto.

## 1.2 Objetivos

- A. Examinar el mobiliario usado por el alumnado en el centro: identificación de todos los tipos de sillas y mesas que utilizan, medida de sus dimensiones características, identificación de su ubicación y alumnado que lo usa.
- B. Identificar las medidas antropométricas más usuales empleadas por la bibliografía especializada y, entre ellas, determinar las más adecuadas para un estudio de estas características. Aquí la hipótesis es que las tres medidas del mobiliario que generan mayor desajuste serán la altura del asiento, la profundidad del asiento y la altura del escritorio, ya que son las más repetidas en los estudios realizados hasta la fecha.



- C. Conocer las características antropométricas de una muestra representativa del alumnado del IES Valle del Ebro, población diana del estudio. Implica, por un lado, elaborar adecuadamente el tamaño, la configuración y la selección de la muestra, y, por otro, interpretar y utilizar convenientemente los datos antropométricos obtenidos.
- D. Elaborar propuestas de desarrollo de un modelo que se adapte mejor a las dimensiones del alumnado, basado en las características antropométricas reunidas (criterios de diseño) y hallando la solución más adecuada para cubrir esos criterios (soluciones de diseño).

### 1.3 Metodología

Este estudio se compone de una parte antropométrica (ergonomía) y otra de diseño de producto. Para lograr la consecución de los objetivos previstos se han establecido unas fases de desarrollo del estudio con tareas específicas, según la duración y los recursos necesarios, tal y como se muestra en la Tabla 1.

La Norma Internacional UNE-EN ISO 15535 (2018) establece requisitos sobre la toma de datos en estudios antropométricos de productos y diseños industriales. Según esta norma, el tamaño muestral para diseño tecnológico basado en datos antropométricos interesa que incluya los percentiles 5 y 95%. Se calcula en base a la tendencia central del dato medio en una medida antropométrica concreta, siendo la considerada característica la estatura cuando no se trata de una específica. Para ello se aplica la siguiente fórmula.

$$N = \left( \frac{1,96 \times CV}{a} \right)^2 \times 1,534^2$$

Donde: **1,96** es el valor Z para el intervalo de confianza del 95% en distribuciones normales; **CV** es el coeficiente de variación, y se debe calcular a partir del dato de la dimensión corporal tomado de una población (tablas antropométricas), dividiendo la desviación estándar de este dato entre el valor de la media (Se suele expresar en % y por ello este cociente se multiplica por 100); y **a** es el coeficiente de error admisible, que la norma ISO fija en el 1%.

**Tabla 1. Cronograma descriptivo de la estrategia del diseño de investigación**

Fase	Tarea (descripción)	Duración (fechas)	Recursos
<b>01 Preparatoria</b>	01.01. Búsqueda bibliográfica de estudios semejantes y primeras lecturas.	13/10/2021 10/12/2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>Google Académico</li> </ul>
	01.02. Acordar con la entidad colaboradora los objetivos e instrumentos del estudio.	29/10/2021	(Ninguno)
	01.03. Elaborar rúbricas para la toma de medidas del mobiliario y de las dimensiones antropométricas.	18/1/2022 28/2/2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft Office Word y Documentos de Google</li> </ul>
	01.04. Considerar las cuestiones éticas implicadas, la necesidad de solicitar permiso a la dirección del centro y la comunicación del proyecto a los tutores de los diferentes cursos	1/2/2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carta de consentimiento</li> <li>Cartel divulgativo</li> </ul>
	01.05. Obtener de datos desagregados por etapa, nivel, sexo, lugar de residencia y nacionalidad del alumnado matriculado en el IES Valle del Ebro durante el curso académico 2021-2022.	31/1/2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos proporcionados por la secretaría del centro y base de datos en Microsoft Office Excel</li> </ul>
	01.06. Calcular el tamaño muestral y asignación de participantes según la norma UNE-EN ISO 15535 (2018).	31/1/2022 13/2/2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Norma UNE-EN ISO 15535 (2018) y base de datos de Excel</li> </ul>
	01.07. Definir los objetivos de la investigación, generales y específicos, y delimitación del objeto de estudio.	1/3/2022 3/4/2022	(Ninguno)



	01.08. Adquirir los instrumentos requeridos para realizar las medidas antropométricas del alumnado.	10/2/2022 (Pendiente)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solicitud a la UPNA de un antropómetro Harpenden</li></ul>
<b>02</b> <b>Análisis</b>	02.01. Estudiar y comprender los datos obtenidos y los desajustes encontrados.	8/4/2022 17/10/2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• SPSS (programa estadística)</li></ul>
<b>03</b> <b>Resultados</b>	03.01. Elaboración de tablas antropométricas con los resultados obtenidos de la muestra (según UNE-EN ISO 7250). 03.02. Aplicación de las ecuaciones de desajuste seleccionadas (Tabla 5). 03.03 Utilización de pruebas estadísticas deductivas (Kruskal-Wallis, ANOVA y Tukey) para comparar las medidas antropométricas obtenidas entre los cursos.	01/10/2022 21/12/2022	<ul style="list-style-type: none"><li>• Editor de documentos</li><li>• Hojas de cálculo</li><li>• IBM SPSS 25.0</li></ul>
<b>04</b> <b>Diseño</b>	04.01. Plantear el problema de diseño antropométrico existente, definiendo el tipo de solución requerido y las soluciones asociadas. 04.02. Calcular las dimensiones del rediseño del mobiliario escolar en base a las tablas antropométricas obtenidas en 03.01. 04.03. Diseñar un modelo de mesa y silla con las medidas obtenidas tras reducir el desajuste.	15/11/2022 9/12/2023	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hojas de cálculo</li><li>• Tinkercad</li></ul>
<b>05</b> <b>Difusión</b>	05.01. Divulgar el proyecto.	22/12/22	(Pendiente)

Fuente. Elaboración propia.

Dado que se desconoce el valor objetivo de la media de la población, se han tomado los datos antropométricos de la población española del estudio de crecimiento realizado por Carrascosa Lezcano et al. (2008). Dichas medidas corresponden a la franja de edad de los 12 a los 18 años, que son los que coinciden con la población objeto de estudio. Existe un estudio similar sobre población navarra, pero el rango de edades solo llegaba a los 14 años y por este motivo se ha descartado (Durá Travé et al., 2009).

Al aplicar la fórmula anteriormente descrita con estos datos de la estatura media ponderada entre chicos y chicas de 12 a 18 años se obtiene que el tamaño de la muestra debe ser de 168 participantes ( $\bar{x}=163,46$ ;  $DT=7,023$ ;  $CV=4,306$ ). Se calculó en base a la ponderación de la media de estatura entre ambos sexos y no separadamente porque esto hacía que el tamaño de la muestra ascendiese a 334 sujetos (181 chicos y 153 chicas), y la recomendación contenida en la norma ISO es reducir los costos de la investigación siempre que sea posible.

A continuación, se aplicó un procedimiento de muestreo clasificado proporcionalmente, en dos etapas: una primera etapa de clasificación basada en el peso poblacional para el nivel educativo, equivalente a la edad, con una subclasificación por sexo de las secciones de primera etapa. Ambos criterios son especificados en la norma ISO para el cálculo del tamaño muestral en estudios de este tipo. El tamaño de la muestra para cada estrato se calculó mediante la fórmula de muestreo aleatorio estratificado proporcional. Las cifras de la población diana, desglosados por sexo y nivel educativo fueron solicitados a la Secretaría del IES Valle del Ebro. La Tabla 2 resume estos datos.

**Tabla 2. Tamaño de la muestra para cada estrato de forma proporcional a la distribución de la población diana.**

Nivel	Subtotal	Chicos	Chicas	$n_H$	% de $n$	$n_M$	% de $n$
1º BACHILLER	147	54	93	9	5,49	16	9,46
2º BACHILLER	99	45	54	8	4,58	9	5,49
1º ESO	216	120	96	21	12,21	16	9,77
2º ESO	184	102	82	17	10,38	14	8,34
3º ESO	162	91	71	16	9,26	12	7,22
4º ESO	175	82	93	14	8,34	16	9,46



<b>Totales</b>	983	494	489				
<b><i>n</i></b>	<b>168</b>			<b>84</b>	50	<b>84</b>	50

Fuente. Elaboración propia.

Las técnicas e instrumentos utilizados para la toma de datos fueron:

A. Estudio del mobiliario. Se elaboró una rúbrica para aplicar a modelos diferentes, si los hubiera, que permitiese la caracterización de las dimensiones en base a la bibliografía especializada (Castellucci et al., 2014).

B. Parámetros antropométricos. Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones y las decisiones finales adoptadas han sido:

1. Existen sistemas de medición automáticos, mediante fotografía, cabina o software; pero para el presente estudio se consideró suficiente la medición manual.
2. Para tomar las medidas antropométricas se han considerado estos instrumentos: antropómetro de Harpenden, calibre o pie de rey, compás de pliegues cutáneos (plicómetro), cinta antropométrica, goniómetros y flexómetros para medir los ángulos que forman las articulaciones. Se solicitó al Campus de Tudela de la UPNA el préstamo de este instrumental para aplicar sobre la muestra del estudio, pero, al no obtenerse respuesta, fue necesario diseñar alternativas: cintas métricas textiles homologadas y construir un antropómetro para medidas largas (más de 100 cm) mediante una escuadra reglada metálica a la que se adhirió una varilla móvil que permitiera acotar.
3. Se ha tenido en cuenta lo que establece la norma UNE-EN ISO 7250 sobre las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, que en total incluye 56 dimensiones distribuidas en cuatro categorías: sujeto de pie, sentado, segmentos específicos del cuerpo y funcionales. Lo importante de esta norma es que indica, para cada dimensión, la descripción, el método y el instrumento de medida. Se han seleccionado,



de entre las 56 medidas anteriores, las 13 que se consideran más recurrentes en la bibliografía especializada para el diseño de escritorios. Finalmente, han quedado reducidas a 6 medidas porque son las que permiten combinarse con las dimensiones del mobiliario y así establecer ecuaciones de idoneidad (Castellucci et al., 2014).

4. Las dos posturas normalizadas para tomar datos antropométricos son de pie y sedente (Vergara y Agost, 2015). Las plantillas del cuerpo humano sentado proceden de la norma UNE-EN ISO 15536, ya que se basan en ensayos con muestras amplias de personas, aunque han sido editadas para que correspondiesen con las medidas que finalmente fueron seleccionadas.
5. Lo idóneo sería tomar estas medidas manualmente con el individuo en ropa interior, pero esto dificulta la captación de participantes, así que se optó por que llevaran ropa ligera y estuviesen descalzos (Castellucci et al., 2014; cf. UNE-EN ISO 7250). Se miden todas las dimensiones del lado derecho del individuo. Cuando están sentados, deben mantener una postura erguida y disponer de una silla cuya altura trace 90 grados en el ángulo de las piernas flexionadas.

C. Dolor subjetivo. Aplicación de la escala visual análoga (EVA) del dolor. Es la más utilizada (Vicente-Herrero et al., 2018) y también se emplea en estudios similares (Saarni et al., 2009). Consiste en una línea horizontal de 10 centímetros en cuyos extremos se ubican las expresiones extremas del síntoma dolor y utiliza dos escalas, una numérica de 0 a 10 y categórica (0=nada, significa ausencia de dolor; 4=poco; 6=bastante; 10=mucho, es decir, todo el dolor posible). Ha sido validada por Ubillos-Landa et al. (2019), obteniendo unos valores de fiabilidad test-retest buenos ( $r= 0,94$  a  $0,71$ ).

Los datos obtenidos de la muestra han sido presentados en tablas de parámetros antropométricos, según sexo y edad, con distribuciones de frecuencia según los percentiles 5, 95 y 99, la media y la desviación estándar (*DT*); según el criterio de UNE-EN ISO 7250, ap. 5.2.

Posteriormente, se han aplicado ecuaciones para criterios de desajuste entre las medidas antropométricas y las dimensiones del mobiliario. Castelluci et al. (2014) realizaron una revisión sistemática de las utilizadas, que fue comparada con la de Salunke y Kallurkar (2015).

Los procedimientos estadísticos utilizados fueron pruebas de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la distribución normal y de Levene para homogeneidad. Se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis, ANOVA y Tukey para comparar las medidas antropométricas obtenidas entre los cursos.

Para cumplir con lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, y en las recomendaciones internacionales planteadas en investigaciones que impliquen a seres humanos (Declaración de Helsinki), como primera medida se solicitó permiso a la dirección del centro para obtener los datos de la muestra. Al tratarse de una investigación enmarcada dentro del horario y la actividad escolar no era preceptivo obtener el consentimiento informado de las familias. No obstante, se prefirió enviar una carta informativa a las mismas para que, de este modo, pudieran desistir de participar y conociesen los derechos sobre utilización de los datos que les asisten.

## 1.4 Resultados

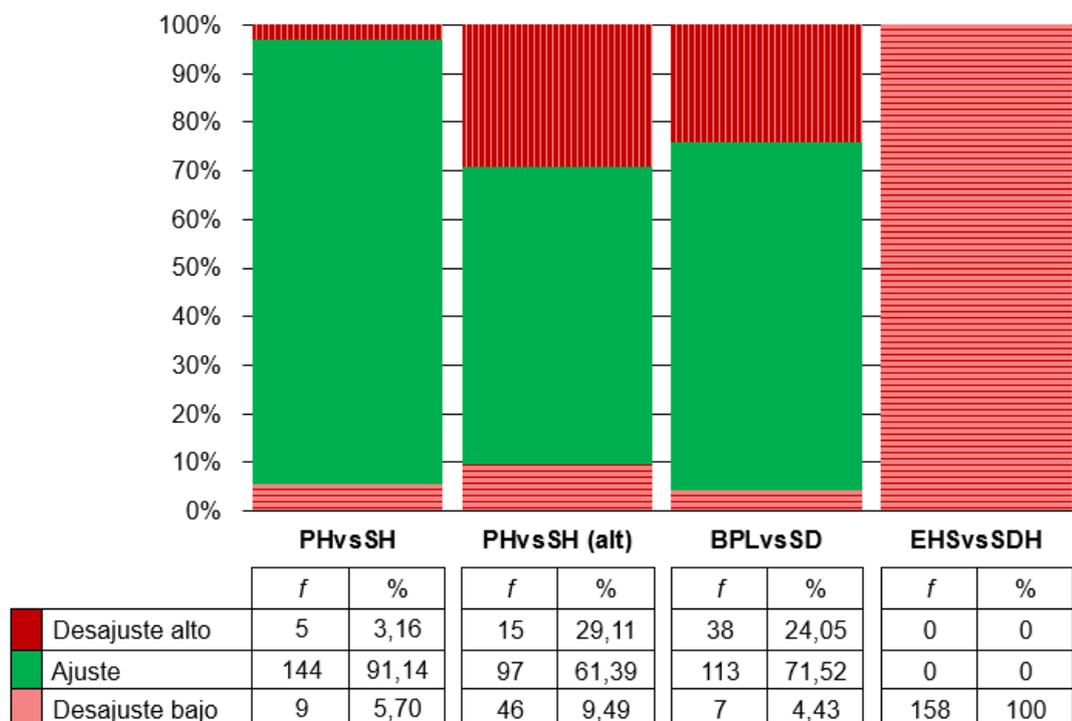
En tablas se recogieron los estadísticos descriptivos de las siete dimensiones antropométricas consideradas en el estudio, desglosadas por niveles educativos. La altura poplítea (PH) media en chicos fue 442,30 mm ( $DT=20,85$ ;  $\pm 4,61$ ) y en chicas fue 443,47 ( $DT=24,85$ ;  $\pm 5,64$ ).

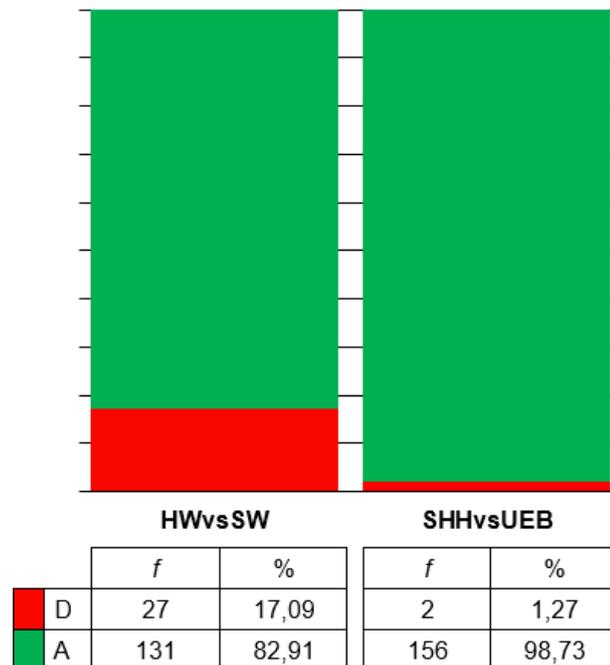
Se comprobó la distribución normal de estas medidas mediante pruebas de Kolmogorov-Smirnov, aceptándose para estatura (St), distancia vertical asiento-hombro (SHH) y anchura de la cadera en posición sentada (HW) ( $p > 0,05$  y  $gl > 50$ ); y adicionalmente St y HW cumplieron con el criterio de homogeneidad. Por ello se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis para comparar estas medidas entre los cursos, obteniéndose significación estadística en SHH, EHS (distancia vertical codo-asiento),

PH; y mediante ANOVA se cotejaron St y HW, sin existir diferencias. Una prueba adicional de Tukey permitió observar significación estadística en estas dos últimas dimensiones entre 1º ESO con respecto a 3º y 4º ESO.

Seguidamente se aplicaron las ecuaciones de ajuste ya discutidas en el estado de la cuestión a cada sujeto de la muestra, cuyos resultados se muestran en la Figura 3. En el caso de las ecuaciones de dos factores, cuando el grado de coincidencia respecto a la medida antropométrica se encuentra entre dos límites, se considera un nivel de ‘Desajuste alto’ cuando el límite mínimo de la ecuación del criterio es superior a la dimensión antropométrica y un nivel de ‘Desajuste bajo’ cuando este límite máximo es inferior. Para las ecuaciones unidireccionales solo se definieron dos categorías posibles, ‘Ajuste’ y ‘Desajuste’.

**Figura 3. Porcentaje de estudiantes que presentan algún tipo de desajuste en base a las ecuaciones aplicadas ( $n=158$ ).**





Fuente. Elaboración propia.

Han sido 15 estudiantes quienes afirmaron sentir dolor físico muscular, un 9,5% del total de la muestra. Sin embargo, no se ha obtenido ninguna asociación con respecto a los valores de desajuste proporcionados por las ecuaciones, mediante pruebas de chi-cuadrado para cada una de ellas.

El desajuste respecto a la altura del asiento (SH) se considera el criterio esencial para el diseño de mobiliario escolar en algunos estudios (Molenbroek et al., 2003) y, en los casos de desajuste alto, la mayoría de los estudiantes no pueden apoyar los pies en el suelo, lo que se ha evidenciado que produce un aumento de la presión tisular en la cara posterior de la rodilla (Milanese y Grimmer, 2004; Gouvali y Boudolos, 2006; Castellucci et al., 2013). En la muestra utilizada para esta investigación, la proporción de alumnado que utilizaba un asiento demasiado alto oscilaba entre el 3,16 y el 9,49 % según la ecuación aplicada, con márgenes más restrictivos en el segundo caso. En estudios semejantes, estos porcentajes son bastante más elevados: un 60% de escolares holandeses de 4 a 12 años (Molenbroek et al., 2003), un 71,5% en una muestra de 6 a 18 años en Grecia (Gouvali y Boudolos, 2006), el 100% para alumnado hongkonés (Chung y Wong, 2007), y entre el 72% y el 86% de estudiantes chilenos de 12 a 14 años en tres escuelas diferentes (Castellucci et al., 2010). En este último caso, la altura del asiento oscilaba entre 44 y 45 cm, mientras que en el IES Valle del Ebro es de 41

cm (a pesar de que en la normativa recogida en el Pliego se indicaba que debía ser  $46\pm 10$  cm).

La proporción de ajuste adecuada respecto a la profundidad del asiento (SD), del 71,52%, es similar a la de estos estudios citados (principalmente al de Castellucci et al., 2010). El porcentaje de desajuste del 100% respecto a la altura del escritorio también fue observado, en esa misma proporción, por este último estudio citado y en el de Chung y Wong (2007). Esta falta de coincidencia provoca que los estudiantes deban efectuar elevación escapular o flexión y abducción del hombro, lo que se traduce en un mayor trabajo de esta zona y puede derivar en molestias y dolor (Castellucci et al., 2010).

Por último, el grado de ajuste/desajuste con respecto a la anchura del asiento (SW) y la altura del respaldo (UEB) es similar a la de estos otros estudios ya mencionados. La anchura del asiento adecuada permite disipar la presión del glúteo, evitándose molestias y restricciones de movilidad (Paramés González et al., 2021; Parvez et al., 2022).

## 1.5 Conclusión

Con los datos obtenidos del estudio antropométrico se llevó a cabo un proceso de diseño basado en criterios ergonómicos (Nogareda Cuixart, 2008; Vergara y Agost, 2015). Los tres usados como referencia son el criterio del espacio libre o de acceso (que toma como referencia a usuarios altos, percentil 95), el de alcance (usuarios pequeños, P5) y el de ajustes bilaterales (P5-P95, o P1-P99 si conviene); y las soluciones correspondientes, que son el diseño de dimensiones fijas (criterio de acceso y de alcance), el de regulables (para ajustes bilaterales) o gamas de tamaños diferentes. Por último, se tuvieron en cuenta las correcciones de diseño por vestuario. La más importante tiene que ver con el calzado, más aún si se tiene en cuenta que las mediciones corporales se hacen sin este accesorio (UNE-EN ISO 7250, ya descrito en el apartado 5.4). Se han consultado las recogidas en Vergara y Agost (2015), que recomiendan seleccionar aquellas involucradas en esta condición específica (jóvenes, edificio público, de pie y sentado): sugieren 20-25 mm en chicos, 45-50 mm en chicas, y 25-30 mm por deportivas. Considerando todas y dada la tendencia a usar zapatos de

este último tipo por ambos sexos y en estas edades, y porque está comprendida entre las demás, se ha adoptado un valor de corrección de 30 mm.

Para el cálculo de las dimensiones del producto diseñado en ambas soluciones se ha procedido del mismo modo. Se han aplicado los percentiles de la muestra de estudiantes que correspondían a cada solución (P5-P95 para las dimensiones fijas y P1-P99 para el regulable), incluyendo ambos sexos y todos los grupos de edad, para detectar de este modo el usuario límite más pequeño y el más grande. Para ellos dos se han calculado las ecuaciones de desajuste utilizadas para el tratamiento de los datos recogidos. De este modo se han obtenido las dimensiones límite para algunas partes del diseño de la silla y la mesa. Las tres dimensiones del mobiliario que presentan un criterio de ajustes bilaterales son la altura y la profundidad del asiento, y la altura de la mesa (superficie de trabajo. Se calcularon los valores para los percentiles de referencia y los resultados límite calculando la ecuación para las dos primeras medidas. No ha sido necesario realizar estas mismas ponderaciones para la altura de la mesa porque en este caso la ecuación de desajuste dio unos resultados de 100% por debajo, como se explica más adelante.

Una propuesta de diseñado está basada en la solución de dimensiones fijas. Ni la silla ni la mesa sufrirían modificaciones en el diseño, ni a nivel de los acabados ni en el de la estructura. Únicamente implica cambiar algunas de sus dimensiones para lograr una adaptación a una mayor proporción de la población de usuarios. En concreto, y en base a las tablas recogidas en el apartado anterior:

- Se propone por ello redimensionar la altura de las sillas a un máximo de 402 mm, es decir, a 432 mm teniendo en cuenta el calzado, porque ofrece los mejores resultados de ajuste (106 usuarios frente a los 97 obtenidos en el estudio).
- Habría que incrementar la profundidad del asiento (SD), por lo menos hasta los 405 mm, o más si se quiere beneficiar a la proporción de la muestra más alta (1-2 cm).



- El ancho del asiento se trata de un criterio de espacio libre que requiere reajustar para los usuarios de mayor tamaño de anchura de caderas (P95 = 423,25 mm), por lo que bastaría con añadir 2 cm a los 41 cm de la medida actual, para llegar a 43 cm.
- La altura de la mesa se sugiere redimensionar a 620 mm.

Es evidente que una opción mejorada respecto a esta sería disponer de dos modelos, es decir, aplicar una solución de gamas de tallas, según niveles educativos. Pero dado que en cualquier caso este esfuerzo, tanto en costes como en seguridad, es comparativamente inferior a la propuesta siguiente, se ha decidido no aplicar los cálculos para dos mobiliarios de tamaños distintos.

Para el diseño basado en la solución de dimensiones regulables, se ha considerado que, de todos los parámetros de diseño de silla, la altura es la medida que mejor permite una regulación (descartando la profundidad y anchura). Teniendo en cuenta los datos antropométricos y las ecuaciones de desajuste, se sugiere regulación entre 40 y 57 cm. Para garantizar el criterio de espacio libre en el hueco creado por la superficie del asiento y la tabla de la mesa, es decir, la dimensión SDH, y evitar aplicar regulación en el rediseño de las mesas, lo cual incrementaría los costes, se propone en esta solución eliminar las parrillas bajo tablero, y mantener la altura de las mesas como es actualmente, es decir, a 71 cm. De este modo, los gastos de readaptación del mobiliario se destinarían únicamente a sillas, un modelo universal pero regulable. En su máxima extensión, la silla alcanzaría los 57 cm, con lo que SDH tendría un valor de 14 cm, corrigiéndose el desajuste del 100% registrado en esa ecuación. Sin embargo, se ha considerado que una altura del asiento de 57 cm era excesiva. Esta procede de la aplicación del P99, pero puede comprometer la movilidad del usuario al conservar la mesa actual, con una altura de 71 cm, al reducirse a 14 cm la medida SDH y, lo que se considera aún más peligroso, podría llevar adoptar posturas de la espalda muy inclinadas sobre una superficie de trabajo que quedaría demasiado baja. Además, las sillas de producción industrial no suelen superar los 50-51 cm de altura. Por lo tanto, se sugiere un máximo de 50 cm de altura para regular SH.



Decidida la solución de diseño y las medidas de la silla, se procedió al proceso de prototipado, mediante dibujo a mano alzada de bocetos y posteriormente generando un modelo 3D mediante el software Tinkercad.

**Figura 4. Imágenes del prototipo propuesto, alzado (arriba), con detalle del mecanismo regulador (centro) y lateral y cenital desde abajo (debajo).**



Fuente. Elaboración propia mediante Tinkercad.

Este proyecto pretendía evaluar el nivel de desajuste entre las dimensiones del mobiliario escolar y las medidas antropométricas de los estudiantes, en este caso para una muestra de estudiantes entre educación secundaria y bachillerato, de 12 a 18 años, representativa de la población de usuarios del IES Valle del Ebro. Además, intentaba probar que el rediseño de un mobiliario adecuado era la solución para el problema postulado, ya que, según estudios similares, el mobiliario no se adapta a los usuarios reales, si no que se adapta a usuarios con medidas mayores, creando así un desajuste en usuarios de talla menor.

Según los resultados obtenidos por este estudio, se han logrado reunir medidas de las dimensiones tanto de los modelos de mobiliario utilizados en el centro como de los alumnos. Este objetivo era importante, porque ha permitido elaborar tablas antropométricas completas de una población de estudiantes, a través de la muestra, que podría ser utilizada en otras investigaciones. Una condición imprescindible previa al diseño ergonómico es poder disponer de datos antropométricos actualizados y representativos. Los datos sobre el desajuste que se proporcionan en este estudio podrán ser considerados para futuros procesos de rediseño de mobiliario escolar y sirven para advertir cuáles son las medidas de la mesa y la silla que más perjudican una adaptación ergonómica al usuario; siendo estas la profundidad y el ancho del asiento junto a la altura del asiento al pupitre.

Por otra parte, estos resultados han sido aplicados para fundamentar las propuestas de mejora y las soluciones de diseño. Mediante esta segunda parte del trabajo se ha logrado, en primer lugar, sugerir la redimensión de la silla y la mesa actuales con nuevas medidas basadas en las tablas antropométricas elaboradas, y, en segundo lugar, aplicar un procedimiento de prototipado. Para este último se reflexionaron varias propuestas de rediseño que buscaban reducir el desajuste, llegando así a perfeccionar una idea inicial en un modelo final, que actúa como solución al problema postulado en primer lugar, reduciendo por lo tanto el desajuste para los usuarios reales de la muestra, por lo que se prevé que el modelo propuesto reducirá los efectos negativos encontrados durante el estudio, disminuyendo el dolor físico y aumentando el rendimiento de los alumnos.



Respecto a investigaciones futuras, se considera que esta investigación realizada puede tener continuidad, desarrollando un modelo físico. Tras presentar los avances a los profesionales del Campus de Tudela de la UPNA en la última de las reuniones mantenida con ellos propusieron solicitar un proyecto piloto al Departamento de Educación del Gobierno de Navarra para implementar el estudio en, al menos, un aula.

## 1.5. Referencias

- Batistão, M. V., Moreira, R. D. F. C., Coury, H. J. C. G., Salazar, L. E. B., y Sato, T. D. O. (2016). Prevalence of postural deviations and associated factors in children and adolescents: a cross-sectional study. *Fisioterapia em Movimento*, 29(4), 777-786.
- Batistão, M. V., Sentanin, A. C., Moriguchi, C. S., Hansson, G. Å., Coury, H. J. C. G., y de Oliveira Sato, T. (2012). Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. *Work*, 41(Supplement 1), 4817-4824.
- Carrascosa Lezcano, A., Fernández García, J., Fernández Ramos, C., Ferrández Longás, A., López-Siguero, J., Sánchez González, E., ... y Yeste Fernández, D. (2008). Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *Anales de Pediatría*, 68(6), 552-569.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., y Viviani, C. A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied ergonomics*, 41(4), 563-568.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., y Molenbroek, J. F. M. (2014). Applying different equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture. *Applied ergonomics*, 45(4), 1123-1132.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., y Molenbroek, J. F. M. (2015). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. *Applied ergonomics*, 46, 201-211
- Castellucci, H. I., Viviani, C., Rojas, J., Catalán, M., y Arezes, P. (2013). Popliteal height as a measure for classroom furniture selection: an exploratory analysis. En *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene* (pp. 15-21). Boca Raton, FL, US: CRC Press.
- Chung, J. W., y Wong, T. K. (2007). Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics*, 50(3), 323-334.
- Durá Travé, T., Garralda Torres, I., y Hualde Olascoaga, J. (2009). Estudio longitudinal del crecimiento en Navarra (1993 a 2007). *Anales de Pediatría*, 70(6), 526-533.
- Gouvali, M. K., y Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied ergonomics*, 37(6), 765-773.
- Milanese, S., y Grimmer, K. (2004). School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics*, 47(4), 416-426.

- Molenbroek, J. F. M., Kroon-Ramaekers, Y. M. T., y Snijders, C. J. (2003). Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture. *Ergonomics*, 46(7), 681-694.
- Nogareda Cuixart, S., ed. (2008). *Ergonomía*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Obinna, F. P., Sunday, A. A., y Babatunde, O. (2021). Ergonomic assessment and health implications of classroom furniture designs in secondary schools: a case study. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 22(1), 1-14.
- Paramés González, A., Gutiérrez Santiago, A., Gutiérrez Santiago, J. A., y Prieto Lage, I. (2021). La prevención del dolor de espalda mediante la correcta asignación del mobiliario escolar: validación de dos instrumentos. *Revista Española de Salud Pública*, 95(1), e1-e15.
- Parcells, C., Stommel, M., y Hubbard, R. P. (1999). Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: empirical findings and health implications. *Journal of adolescent health*, 24(4), 265-273.
- Parvez, M., Talapatra, S., Tasnim, N., Kamal, T., y Murshed, M. (2022). Anthropomorphic Investigation into Improved Furniture Fabrication and Fitting for Students in a Bangladeshi University. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 103(4), 613-622.
- Prieto-Lage, I., Ayán, C., Alonso-Fernández, D., Paramés-González, A., Argibay-González, J. C., Tobaada-Solla, E. M., y Gutiérrez-Santiago, A. (2021). Degree of mismatch between anthropometric characteristics and school furniture in a sample of Spanish students aged 6-12 years old: A pilot study. *Archivos argentinos de pediatría*, 119(6), 386-393.
- Saarni, L. A., Rimpelä, A. H., Nummi, T. H., Kaukiainen, A., Salminen, J. J., y Nygård, C. H. (2009). Do ergonomically designed school workstations decrease musculoskeletal symptoms in children? A 26-month prospective follow-up study. *Applied ergonomics*, 40(3), 491-499.
- Salunke, M. P., y Kallurkar, S. (2015). Identifying Anthropometric Parameters Considered for the Improvement in Ergonomic Design of Classroom Furniture. *International Journal of Industrial Engineering*, 6, 1-13.
- Smith-Zuzovsky, N. y Exner, CE (2004). El efecto de la calidad del posicionamiento sentado en las habilidades típicas de manipulación de objetos de los niños de 6 y 7 años. *La revista americana de terapia ocupacional*, 58(4), 380-388.
- Vergara, M., y Agost, M. J. (2015). *Antropometría aplicada al diseño de producto*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- Vicente-Herrero, M. T., Delgado-Bueno, S., Bandrés-Moyá, F., y Capdevilla-García, L. (2018). Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 25(4), 228-236.
- Wingrat, J. K., y Exner, C. E. (2005). The impact of school furniture on fourth grade children's on-task and sitting behavior in the classroom: a pilot study. *Work*, 25(3), 263-272.