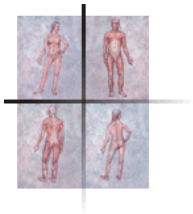
CAPÍTULO 4



CALIBRACIÓN DE LOS CALIBRES DE PLIEGUES CUTÁNEOS HARPENDEN

Robert Carlyon, Christopber Gore,Sarah Woolford, y Robert Bryant

1. INTRODUCCION

Los calibres de pliegues cutáneos son relativamente económicos y proporcionan un método conveniente para controlar los cambios en los patrones de los pliegues cutáneos y el grosor total de los mismos, a través de la medición de la grasa o adiposidad corporal subcutánea. Un antropometrista puede llevar a cabo mediciones duplicadas, en un grupo de 20 o 30 sujetos, para establecer su propio error técnico de medición (ETM - ver Capítulo 3), pero debería aclararse que el ETM es específico para cada evaluador, para su propia población experimental, y para el calibre utilizado. De cualquier manera, los ETM suponen características constantes de los instrumentos, con el tiempo. Si varían las características del instrumento, tal es por ejemplo, si la presión de los platillos del calibre (fuerza por unidad de superficie = N.mm $^{-2}$) no es calibrada, entonces los ETM serán de utilidad limitada. Edwards, Hammond, Healy, Tanner, y Whitehouse (1955) estudiaron la performance del calibre utilizando una calibración de la escala superior (es decir, la apertura de los platillos), y también investigaron los efectos de la presión de los platillos en la precisión para medir el grosor del tejido subcutáneo. Ellos observaron que la presión ejercida por el calibre tenía un efecto significativo, tanto sobre el grosor del pliegue medido, como en la consistencia con la cual la medición era repetida. Si la presión de los platillos era demasiado suave, las mediciones de los pliegues no sólo eran superiores a lo real, sino que eran también menos reproducibles. Observaron que los pliegues eran muy reproducibles para presiones de los platillos entre 9 y 20 gr.mm $^{-2}$ (equivalente a 0.008 - 0.196 N.mm $^{-2}$). También recomendaron que los calibres no variaran en la presión de sus platillos en más de 2.0 gr.mm $^{-2}$ (0.020 N.mm $^{-2}$), en un rango de separación de platillos de 2 - 40 mm, y que la presión standard de los mismos fuera de 10 gr.mm^{-2} (0.098 N.mm $^{-2}$). Otros estudios (Behnke & Wilmore, 1984; Keys, 1956) también han recomendado una presion de platillos en escala ascendente (es decir, separando las ramas),superior de 10 gr. mm $^{-2}$ .Por el contrario, Schmidt y Carter (1990) utilizaron la determinación de la presión de los platillos en escala descendente (es decir, cerrando los platillos), y observaron un promedio de 8.25 gr.mm $^{-2}$ (0.081 N.mm $^{-2}$), en diez nuevos calibres Harpenden. Además, evaluaron calibres Lange, Slim Guide, Skyndex, y Lafayette, y ninguno tuvo una presión de platillos, en la escala inferior, mayor a 8.67 gr. mm^{-2} (0.085 N.mm^{-2}).

A pesar de la recomendación de Edwards y colegas (1955) de utilizar una superficie standard de los platillos de 6 x 15 mm, las diferencias entre las distintas marcas de calibres, observadas por Schmidt y Carter (1990), son consecuencia del hecho que aún no existen normas standard, ya sea para la superficie de los platillos o para la tensión de los resortes. Entonces, la presión recomendada para los platillos de 10.0 gr.mm $^{-2}$ (0.098 N.mm^{-2}) puede obtenerse con platillos con una pequeña superficie y resortes livianos, o con platillos de gran superficie y resortes fuertes. Utilizando bloques de goma espuma que brinden una calibración dinámica, en la escala inferior, de cinco marcas comunes de calibres, Schidmt y Carter (1990) demostraron que los calibres con resortes livianos tienden a producir valores más elevados, es decir que no comprimen la goma espuma tanto como los calibres con resortes más fuertes. Dos estudios recientes han verificado que estas diferencias observadas con calibraciones dinámicas, con bloques de goma espuma, se trasladan a diferentes grosores de pliegues. Gruber, Pollock Graves, Colvin, y Braith (1990) observaron que los calibres Harpenden daban consistentemente valores más bajos de pliegues cutáneos que los calibres Lange, mientras que Zillikens y Conway (1990) observaron que los calibres Holtain daban sistemáticamente lecturas inferiores a las de los calibres Lange. Este capítulo describe cuatro métodos de calibración de la presión de los platillos de los calibres de pliegues cutáneos, y también como calibrar la separación entre platillos. La Compañía British Indicators Ltd. recomienda que los calibres Harpenden deberían ser retornados a la Compañía para su calibración, pero la información contenida en este capítulo ofrece una alternativa para los antropormetristas que se preocupan por mantener un control más frecuente de sus propios calibres. Los datos presentados en este capítulo también desafían las recomendaciones de Edwards y cols. (1955), acerca de una presión absoluta de platillos de 10.0 +/ - 2.0 gr.mm^{-2} (0.098 N.mm^{-2}). Los resultados

presentados sugieren que una diferencia de solo 1.0 $gr.mm^{-2}$ (0.0098 $N.mm^{-2}$) en un rango de separación de platillos de 2 a 40 mm, podría llevar a errores en los totales de pliegues cutáneos. También proponemos que, tanto la calibración en la escala superior como inferior, podría ser necesaria para caracterizar adecuadamente los calibres de pliegues cutáneos. Si bien todavía no podemos proponer tolerancias mas estrictas de presión de calibración absolutas, debido a que no disponemos de datos adecuados, sugerimos un método conveniente para controlar la presión de los platillos con calibración relativa (con bloques de goma espuma), lo cual es útil dentro de un laboratorio de antropometría.

1. DESCRIPCION DEL CALIBRE

El calibre Harpenden es un instrumento de precisión que utiliza dos resortes para aplicar una fuerza de cierre a los platillos, y éstos tienen una superficie cada uno de 90 mm2 (6 mm x 15 mm). El platillo superior es "fijo", el cual soporta el "pivot", sobre el cual rota el platillo inferior, el mango, y el reloj indicador (Figura 1). La ley de Hooke sobre elasticidad establece que la tensión en un resorte es directamente proporcional al "stress" que actúa sobre el resorte. Es decir, el aumento en la longitud del resorte es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre el resorte. Si no se tuviera en cuenta la ley de Hooke durante la fase del diseño, los calibres de pliegues cutáneos podrían tener una presión de platillos que podría variar proporcionalmente la separación entre los mismos. Bajo estas circunstancias, sería dificultoso sumarse a la recomendación de Edwards y cols. (1955), quienes sostenían que la presión de los platillos no debería variar en mas de 2.0 $gr.mm^{-2}$ (0.020 $N.mm^{-2}$), dentro del rango de operación.

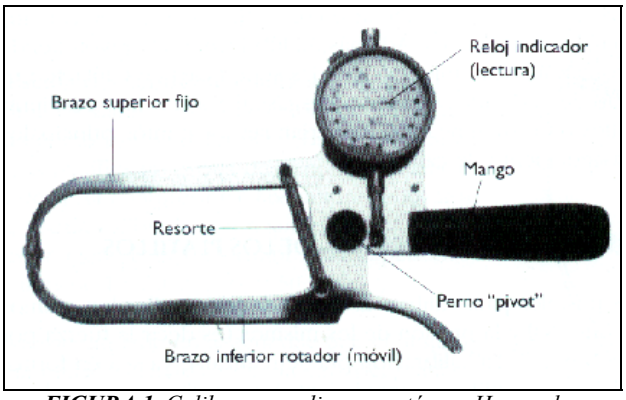


FIGURA 1. *Calibre para pliegues cutáneos Harpenden*

El diseño de los calibres Harpenden parece seguir la ley de Hooke, ya que los resortes han sido colocados entre los platillos en tal posición que, a medida que aumenta la separación de los mismos, el punto al cual el resorte aplica la fuerza es efectivamente movido a lo largo de las "palancas" de los platillos más cercana de la posición del "pivot". **.** Suponiendo que las características de los resortes no cambian a partir de la especificación del diseño, el resultado de la acción es que la fuerza aplicada a los platillos permanece relativamente constante, a medida que aumenta la separación de los mismos. Esta fuerza constante se traslada a una presión de platillos relativamente constante, dentro del rango normal de operación para estos calibres.

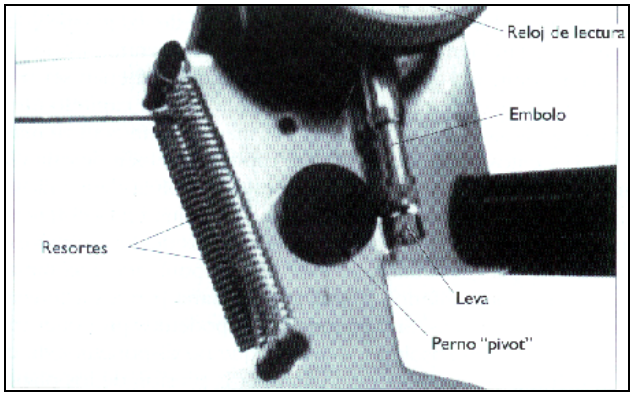


FIGURA 2. *Vista muy cercana del "pivot" del calibre Harpenden*

Los resortes están instalados en cada lado de los brazos del "pivot". El diseño del brazo inferior móvil incluye una pequeña leva al costado del "pivot", opuesta a los resortes y a los platillos. Esta leva interactúa con el émbolo del indicador de medición para determinar la distancia que hay entre los dos platillos (Figura 2).

Las características de los resortes pueden alterarse con el tiempo y con la contaminación del medio ambiente en el cual son utilizados. Además, el lubricante del "pivot" tiende a degradarse con el tiempo y la contaminación, mientras que las superficies de contacto en la interface entre la leva y el émbolo del indicador tienden a desgastarse. Estos factores, junto con algún daño físico en los platillos o en su alineación, deberían ser los puntos principales de preocupación de cualquier procedimiento de calibración.

3. METODOS DE CALIBRACION DE LA PRESION DE LOS PLATILLOS

Existen cuatro métodos posibles para calibrar la fuerza de los platillos [en gramos (gr), o más correctamente en Newtons (N)] y la presión de los mismos (es decir la fuerza por unidad de superficie, en $gr.mm^{-2}$ o $N.mm^{-2}$). La calibración puede realizarse ya sea en forma estática (platillos quietos), o dinámica (platillos en movimiento); y puede ser en escala

ascendente (abriendo los platillos) o descendente (cerrando los platillos).

a. Escala ascendente estática (Figura 3)

Una de las primeras referencias para la calibración de estos instrumentos proviene de Edwards y cols. (1955, p. 142), quienes utilizaron un método estático en escala ascendente (platillos en apertura). Esto se puede realizar fijando un brazo del calibre horizontalmente en una varilla con tornillo, y colgar del otro brazo un platillo con pesas. Se puede registrar la apertura de los platillos con una serie de pesas, desde 900 gr. hacia arriba, a intervalos de 10 gr Sin embargo, los principales defectos de este método de calibración son que no es dinámico (los platillos se abren y luego permanecen separados), y que es exactamente opuesto al modo descendente (por ej., donde los platillos se cierran), que es el modo en el cual los calibres son utilizados para medir el grosor de los pliegues.

b. Escala ascendente dinámica

No existen investigaciones que describan la presión del calibre cuando los platillos se abren lentamente. Sin embargo, este método podría ser útil para evaluar la histéresis, en comparación con la calibración en escala descendente dinámica, para ver si existe una excesiva resistencia de apertura asociada con el "pivot" del calibre. ("Histéresis" se refiere a las distintas características de stress-tensión cuando algún elemento es estirado, en oposición a cuando la elongación es liberada. En este caso es el grado al cual la tensión sobre los resortes del calibre, durante la calibración, refleja el "stress" al que han sido sometidos los mismos con anterioridad, así como el presente "stress". Por lo tanto, si la calibración en escala ascendente afecta las características de los resortes, durante la posterior calibración en escala descendente, se podrían medir las presiones "alteradas" de los platillos).

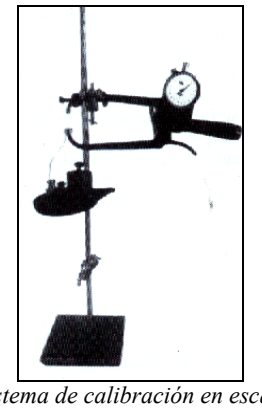


FIGURA 3. *Sistema de calibración en escala ascendente, estática.*

c. Escala descendente estática (Figura 4)

Schmidt y Carter (1990) describieron en forma clara como usar la determinación de la presión de los platillos en escala descendente, estática (es decir, la compresión). Los autores utilizaron una escala calibrada con resorte para medir la presión ejercida por los calibres con aperturas de platillos de 10, 20, 30, 40, y 50 mm.

Tuvieron cuidado en asegurarse que el ángulo de la presión ejercida sobre la cara del platillo del calibre se mantuviera en 90 grados. Este método es bien controlable, pero no imita el modo dinámico en el cual los calibres son utilizados.

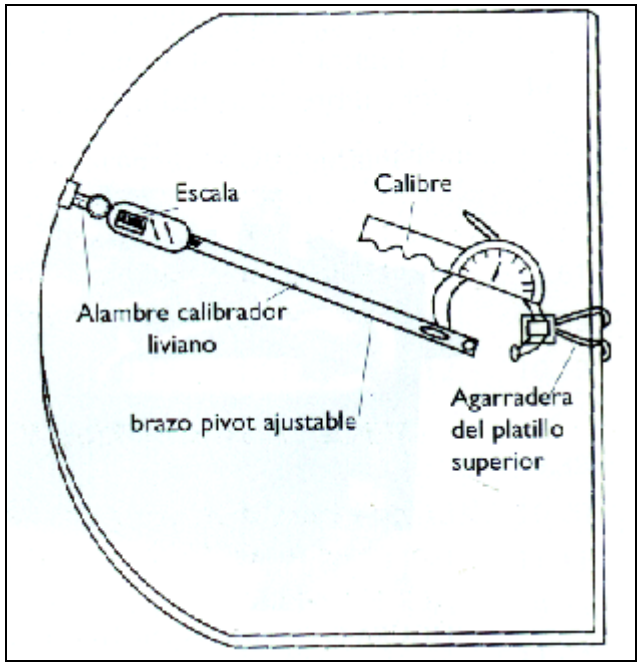


FIGURA 4. *Sistema de calibración en escala descendente, estática. Reproducido con el permiso de Pau Schmidt y Lindsay Carter.*

d. Escala descendente dinámica (Figura 5)

Schmidt y Carter (1990) fueron los primeros en describir como se podían utilizar bloques de goma espuma compacta, de distintos espesores, para simular las características de la piel humana y el tejido adiposo, y desarrollar de esta manera una calibración dinámica de los calibres de pliegues cutáneos. La característica fundamental de este procedimiento es que los platillos se van cerrando lentamente, lo cual replica el verdadero modo de uso. Utilizar bloques de goma espuma para esta técnica tiene distintas limitaciones. En primer lugar, los bloques de goma espuma son relativamente fáciles de dañar y, como lo describieron Carter y Schmidt (1990), se deteriorarán, a menos que se guarden lejos de la luz directa y sin compresión. También, debido al proceso de

fabricación, la densidad de la goma espuma compacta no es igual en todos los lugares, lo cual significa que los sitios de medición deben ser cuidadosamente marcados en la misma, para permitir resultados reproducibles. Finalmente, los bloques de goma espuma sólo permiten una calibración relativa y no permiten una presión absoluta y cuantificada del cierre de los platillos.

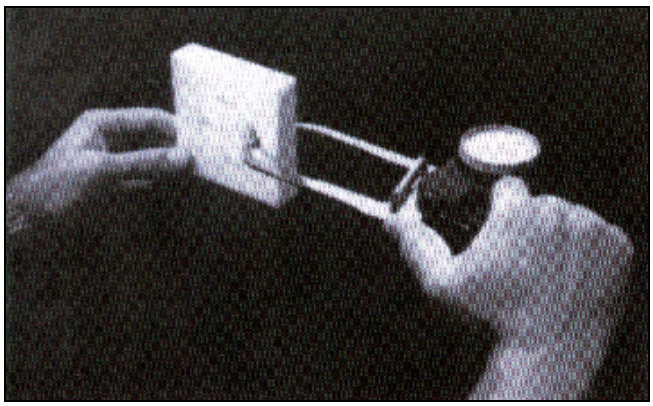


FIGURA 5. *Ingenieros utilizando bloques de goma espuma para la calibración.*

3.1 Calibración absoluta

3.1.1 Calibración de la presión de los platillos con célula de carga

La Figura 6 muestra una forma en la que se puede medir la presión absoluta de los brazos del calibre utilizando cuatro combinaciones posibles presentadas posibles presentadas anteriormente. A pesar de haber sido desarrollado independientemente del sistema descripto por Schmidt y Carter (1990),este sistema incorpora muchos de los principios utilizados en los antiguos aparatos. Mientras que el sistema presentado por Schmidt y Carter (1 990 utiliza una balanza con resorte para medir la fuerza que es aplicada por los resortes el sistema mostrado en la Figura 6 utilizó una célula de carga de 2kg (Scale Components, Brisbane, Australia) montada sobre un brazo de palanca, el cual era libre para rotar sobro un "pivot"adherido a una tabla posterior .Se utilizó una célula de carga de estilo "S" para minimizar los movimientos laterales .La célula de carga fue colocada en el brazo de palanca, de modo que la fuerza necesaria para separar los platillos fuera ejercida en 90 grados sobre el rango total de separación de los mismos. Para que ocurra esto, el "pivot" de los calibres en estudio era alineado verticalmente con el "pivot" del brazo de palanca, y se utilizaba un gancho para sostener el brazo superior del calibre. La célula de carga era conectada a un amplificador/indicador de la tensión, cuyo resultado era aplicado directamente al ingreso de datos de un sistema computado de adquisición de datos. Una característica singular de este sistema de calibración es el "controlador de la separación" (Figura 6), el cual puede ser utilizado para abrir o cerrar lentamente los platillos (a aproximadamente 2mm/seg.), mientras la fuerza dinámica de apertura o cierre es registrada en el sistema de adquisición de datos.

La precisión del equipo de calibración fue expresada utilizando el coeficiente de variación (es decir, el desvío standard dividido por la media, expresado en porcentaje) para mediciones triples de la presión de los platillos a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 mm. El promedio total del coeficiente de variación en las 8 separaciones fue de 0.22 % para la calibración ascendente dinámica, y del 0.88 % para la calibración descendente estática. Las principales desventajas del sistema de calibración con una célula de carga es que es relativamente caro y que requiere de experiencia técnica para armarlo.

3.1 .2 Estudios de casos - Servicio de los calibres y reposición de resortes

El beneficio de la calibración absoluta de los calibres de pliegues cutáneos puede demostrarse considerando varios estudios de casos. Los datos en la Tabla 1 fueron recolectados de cuatro calibres viejos y de cuatro calibres nuevos, y muestran tres puntos claves para la calibración de los Calibres de pliegues cutáneos.

- La condición del "pivot" del calibre (bien engrasado y funcionando suavemente) es fundamental para el rendimiento del mismo. (Los resultados del calibre Al muestran que la reparación del pivot redujo la presión de los platillos de 11.61 a 10.59 $gr.mm^{-2}$, ante una separación de 40 mm).
- La antigüedad o las características de distintos resortes alteran la presión ejercida por los platillos, si bien esto varía con los diferentes calibres. (Mientras que los calibres A2 y A3 tuvieron presiones mayores a 10.0 $gr.mm^{-2}$ el calibre C4 tuvo menos de 9.5 gr. mm^{-2}, y Al varió entre 9.5 y 11.6 $gr.mm^{-2}$, ante una separación de platillos entre 5 y 40 mm).

Separacion de los platillos (mm)									
		5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
ID del calibre	**Condición**	**Presión ante la separación de brazos (gr.mm^{-2})**							
A1*	Resortes originales	9.52	9.82	10.12	10.42	10.71	11.01	11.31	11.61
	Pivot reparado	9.82	9.82	10.12	10.12	10.42	10.42	10.42	10.59
	Resortes nuevos, Pivot reparado	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12
C4+	Resortes originales	8.96	9.08	9.14	9.21	9.24	9.30	9.32	9.39
	Resortes nuevos	10.41	10.40	10.26	10.22	10.17	10.18	10.13	10.20
A2+	Resortes originales	10.57	10.86	10.96	10.98	11.10	11.11	11.11	11.11
	Resortes nuevos	9.61	9.62	9.61	9.62	9.58	9.58	9.54	9.53
A3+	Resortes originales	11.01	11.09	11.15	11.10	11.10	1.18	11.21	11.04
	Resortes nuevos	10.24	10.27	10.32	10.30	10.32	10.21	10.12	10.14
B1*	Completamente nuevo	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12
B2*	Completamente nuevo	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12
B3*	Completamente nuevo	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12
C1+	Completamente nuevo	10.45	10.49	10.45	10.36	10.26	10.18	10.08	10.11

TABLA 1. *Calibración dinámica en escala ascendente de varios calibres Harpenden. Datos recolectados utilizando tanto una balanza con resortes calibrada (*), como una célula de carga calibrada (+) (Nota: la resoluci6n de la balanza era de 25 gr., mientras que la resolución de la célula de carga era de 3 gr.).*

- Las diferencias en las características de los resortes nuevos (por ejemplo, tipo de acero y longitud del resorte) podrían producir diferencias entre los calibres que tienen el pivor reparado. (Mientras que los calibres B1, B2, y B3 tenían presiones de 10.12 gr. mm^{-2} a una separación de 10.0 mm, el calibre Cl tuvo una presión de 10.49 gr.mm^{-2}). Hasta que más datos se hayan recolectado en cada uno de estos puntos, el mejor método a adoptar por un antropometrista, lo que mejorará las posibilidades de obtener resultados reproducibles durante muchos años de medición, es asegurarse: que el "pivot" de su propio calibre esté bien engrasado, que el perno del "pivot" no esté excesivamente ajustado, y de comprar varios juegos de resortes al mismo momento, de forma que los mismos provengan del mismo lote de fábrica (y, por lo tanto, tengan similares características mecánicas).

3.1 .3 Implicancias fisiológicas de las diferencias entre resortes

Edwards y cols. (1955) recomiendan que la presión de los platillos sea de 10.0+/- 2.0 gr.mm-^{2} (0.098 +/- 0.020 N.mm^{-2}). Nosotros investigamos esta propuesta utilizando un utropometrista altamente experimentado, con un ETM definido para realizar mediciones repetidas en deportistas, usando el calibre C4. El mismo calibre (C4) fue utilizado para medir el grosor de los pliegues subcutáneos en 10 deportistas mujeres de distintas disciplinas, primero con resortes originales (que, se estimaba, tenían 4 años y habian sido usados en 30.000 mediciones), y luego con resortes nuevos. Primero se marcaron las marcas anatómicas para los siete sitios (tríceps, subescapular, bíceps, supraespinal, abdominal, muslo frontal, y pantorrilla medial - ver Capitulo 2), y luego se midieron usando el calibre C4. Después se calculó la sumatoria de los siete sitios ($\sum 7$) para cada juego de resortes. El ETM para el antropometrista que llevó a cabo estas mediciones había sido establecido un mes antes usando los mismos calibres, y en 19 sujetos cuya $\sum 7$ varió entre 47.1 y 121.8 mm. El ETM y el % ETM para la $\sum 7$ fue de 0.96 y 1.12 %, respectivamente. Este ETM es de la misma magnitud que el reportado por Lohman (1981) para mediciones repetidas. La sumas de los siete pliegues medidos con resortes nuevos y con resortes originales fueron comparadas usando un test T de Student para muestras apareadas, con un nivel de significancia establecido en $p< 0.05$.

En la Tabla 2 se presentan los datos de la W7 en los 10 deportistas. El promedio de la W7 para el calibre C4 fue de 91.4 mm con resortes nuevos, y de 96.9 mm con resortes originales. La diferencia entre el uso de los dos resortes (5.4 mm) fue estadísticamente significativa ($t = 9.38, p < 0.001$), lo cual fue mayor a lo que podría responsabilizarse poe error técnico de medición (ETM). Un ETM de 0.96 mm, indica que cada medición de $\sum 7$ tiene un error standard de 0.96 mm y, por lo tanto, el error standard de la diferencia entre las dos series de evaluación es $\sqrt{2} \times 0.96 = 1.36$ mm. El intervalo de confianza del 95% para un cambio libre de error entre dos series de medición surge de [5.4 - (2 x 1.36)] a [5.4 + (2 x 1.36)], es decir de 2.7 a 8.1 mm. Como el rango calculado no incluye el cero, se rechaza la hipótesis nula de que el cambio en la $\sum 7$ es cero, y se concluye que el cambio medido en la $\sum 7$ es distinto con el uso de resortes nuevos y originales.

sujeto	Resortes nuevos (mm)	Resortes originales (mm)	Original – nuevo (mm)
S1	95.3	100.6	5.3
S2	110.3	116.6	6.3
S3	61.0	66.7	5.7
S4	65.8	67.2	1.4
S5	99.8	106.1	6.3
S6	88.6	96.9	8.2
S7	100.5	104.5	4.0
S8	103.7	108.9	5.2
S9	81.7	86.4	4.7
S10	107.4	114.0	6.6
Media	91.4	96.8	5.4
ES	5.4	5.7	0.6

TABLA 2. *Sumatoria de siete pliegues cutáneos (mm), en 10 deportistas mujeres; comparación entre el uso de resortes originales y nuevos, en un juego de calibres Harpenden.*

Los resultados de este estudio muestran que la diferencia entre la calibración dinámica en escala ascendente con resortes originales (promedio para separaciones de platillos de 5 - 40 mm = 9. 20 gr mm^{-2}) y con resortes nuevos (promedio = 10.25 $gr.mm^{-2}$) también se tradujo en diferencias fisiológicas estadísticamente significativas, y prácticamente importantes en la suma de los pliegues. Esto sugiere que la fatiga de los resortes en los calibres Harpenden puede alterar las mediciones de los pliegues, en exceso a las diferencias debidas al error de medición (ETM). Sin embargo, también es posible, ya que nosotros no calibramos los resortes originales C4 cuando los mismos eran nuevos, que los resortes originales y los nuevos tuvieran características diferentes debido a que fueron fabricados aproximadamente con una diferencia de cinco años entre sí. En cualquier caso (fatiga con el tiempo, o diferencia entre resortes), estos resultados resaltan que las diferencias entre resortes pueden trasladarse a diferencias en la suma de los pliegues cutáneos.

Además, estos datos sugieren que las recomendaciones de la escala ascendente estática de Edwards y cols. (1995) podrían ser demasiado indulgentes. Ellos recomiendan que una presión de platillos de 10.0 +/- 2.0 $gr.mm^{-2}$ (o 0.098 $N.mm^{-2}$ +/ - 20 %) es adecuada para obtener resultados reproducibles. La hoja de información que solía venir con los calibres Harpenden especificaba que los mismos eran diseñados para ejercer una presión constante de 0.098 $N.mm^{-2}$ +/- 10 %. Sin embargo, nuestros datos sugieren que una diferencia de 1.0 $gr.mm^{-2}$ (0.0098 N. mm^{-2}) es excesiva si se pretenden realizar comparaciones válidas entre distintos calibres Harpenden. Por lo tanto, podría ser necesario un rango de calibración dinámica en escala ascendente de 10.0 +/- 0.50 $gr.mm^{-2}$ (o 0.098 N. mm^{-2} +/- 5 %).

3.1.4 Calibración en escala ascendente versus escala descendente

También es importante estudiar las diferencias entre la calibración absoluta en escala ascendente y en escala descendente. Como se observó anteriormente, Edwards y cols. (1955) recomiendan una presión de calibración estática en escala ascendente de 10.0 +/- 2.0 $gr.mm^{-2}$, pero Schmidt y Carter (1990) utilizaron una determinación absoluta en escala descendente estática de la presión de los platillos, y observaron un promedio de 8.25 $gr.mm^{-2}$ en diez calibres Harpenden nuevos. Los datos presentados en la Tabla 3 para cuatro calibres dan una presión media en escala ascendente de 10.04 $gr.mm^{-2}$ (media de todas las aperturas de platillos), mientras que la cifra equivalente en escala descendente es de 8.14 $gr.mm^{-2}$. Estos datos concuerdan con los de Schmidt y Carter (1990).

Porqué la presión de los platillos en escala ascendente (apertura) es mayor que la presión en escala descendente (cierre), y cuál es la más útil, dado que los calibres son utilizados en realidad para hacer mediciones en el modo descendente? La fuerza aplicada por el operador para abrir los platillos no sólo debe ser suficiente para estirar los resortes, sino que también debe vencer la resistencia de fricción asociada con los resortes, el pívot, y el indicador de medición. Cuando el operador libera las ramas, parte de la energía almacenada en los resortes se perderá para superar las fuerzas de fricción. La energía restante en los resortes generará entonces la fuerza de cierre aplicada a los platillos. Anormalmente, una alta resistencia de fricción provocará la necesidad de una fuerza anormalmente elevada para abrir los platillos. Además, una resistencia de fricción anormalmente alta producirá una fuerza aplicada anormalmente baja, cuando los platillos se cierran. Por lo tanto, la calibración en escala descendente indica las cualidades de operación de los calibres cuando los mismos son utilizados para medir el grosor de los pliegues, mientras que la calibración en escala ascendente representa una evaluación de las cualidades mecánicas generales de los calibres. Se pueden realizar mayores evaluaciones mecánicas examinando las diferencias entre las mediciones ascendentes y descendentes, las que, de acuerdo a los datos recolectados hasta el presente, están en el orden de 1.5 a 2.0 gr.mm^{-2} (0.0147 a 0.0196 N.mm^{-2}) para calibres mecánicamente confiables. Por lo tanto, debería realizarse tanto una calibración ascendente como descendente para caracterizar adecuadamente un calibre.

			Separacion de los platillos (mm)							
			5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
ID del calibre	**Modo de calibración**	**condición**	**Presión ante la separación de los brazos (gr.mm^{-2})**							
	Ascendente	Resortes nuevos	10.44	10.40	10.26	10.22	10.17	10.18	10.13	10.20
C_4	Descendente		8.41	8.40	8.41	8.36	8.29	8.24	8.12	8.06
	Ascendente	Resortes nuevos	9.61	9.62	9.61	9.62	9.58	9.58	9.54	9.53
A_2	Descendente		8.29	8.27	8.21	8.05	7.98	7.95	7.95	7.75
	Ascendente	Resortes nuevos	10.24	10.27	10.32	10.30	10.32	10.21	10.12	10.14
A_3	Descendente		8.63	8.56	8.49	8.40	8.30	8.20	8.15	8.20
	Ascendente	Resortes nuevos	10.45	10.49	10.45	10.36	10.26	10.18	10.08	10.11
C_1	Descendente		8.17	8.11	8.02	7.93	7.81	7.70	7.61	7.60

TABLA 3. *Calibración dinámica en escala ascendente y calibración estática en escala descendente, en varios calibres Harpenden. Los datos fueron recolectados utilizando una célula de carga calibrada.*

Usando los datos presentados arriba (Tabla 3), en combinación con los de Schmidt y Carter (1990), así como también perfeccionando las recomendaciones de Edwards y cols. (1955), proponemos los siguientes lineamientos para la calibración de los calibres Harpenden:

- Se deberían realizar calibraciones absolutas, tanto en escala ascendente como descendente, con rangos de separación de platillos entre 5 y 40 mm.
- La presión dinámica media en escala ascendente (es decir, la presión media para el rango de separación de platillos) debería estar en el orden de 10.0 +/- 0.50 gr.mm^{-2} (0.098 +/- 0.005 N.mm^{-2}).
- La presión estática media en escala descendente debería estar en el rango de 8.25 +/-0.50 gr.mm^{-2} (0.081 +/- 0.005 N.mm^{-2}).
- Con cualquier separación de platillos en el rango de 5 a 40 mm, la diferencia entre la presión en escala ascendente y descendente debería ser menor a 2.0 gr.mm^{-2} (0.020 N.mm^{-2}).

3.2 Calibración relativa

3.2.1 Calibración dinámica en escala descendente, con bloques de goma espuma

Con el fin de controlar la calibración de un solo juego de calibres (o de un juego de resortes comprados en el mismo momento) se recomienda el siguiente procedimiento utilizando bloques de goma espuma como una alternativa útil, pero inferior, a la

calibración absoluta de la presión de los platillos con célula de carga.
Si bien el método con bloques de goma espuma es una técnica útil para controlar las características de la escala descendente de los calibres, no es capaz de evaluar las características en la escala ascendente.

Obtener cinco bloques de goma espuma con grosores (en estado sin compresión) de 15.0, 25.0, 35.0, 45.0 y 55.0 mm (cada bloque de 10 por 10 cm). La goma espuma ED200 (Dunlop Flexible Foams, Australia) es semejante a las características de la goma espuma HD40 utilizada por Schmidt y Carter (1990). Es importante controlar las características de la goma espuma ya que si la densidad es demasiado baja o demasiado alta no simulará adecuadamente la comprensibilidad del pliegue cutáneo ni dará valores suficientemente discriminatorios que sean útiles. Se eligieron grosores de los bloques en estado sin compresión para que al usarlos con los calibres lleguen a valores de compresión en el rango de los calibres Harpenden, es decir, de 0 40 mm.

Debido al proceso de fabricación, la densidad de la goma espuma con células compactas no es igual en todos los sitios. Además, si se realizan mediciones repetidas en un único sitio dentro de un período corto de tiempo (por ejemplo, cada 20 segundos), la goma espuma tendrá una distorsión menor que provocará que los valores consecutivos disminuyan (por ejemplo, en una goma espuma de 45 mm, la medición nro. 1= 22.5 mm, la medición nro. 10 = 22.0 mm, la medición nro. 30 = 21.7 mm, y la medición nro. 50 = 21.7 mm). Por lo tanto, para poder obtener datos reproducibles y evitar estos problemas de distorsión, se debería utilizar el siguiente procedimiento:

- Se marca una línea en las dos caras opuestas de cada bloque de goma espuma a 2 cm del borde.
- Se realiza una marca en el punto medio de cada línea.
- Los platillos del calibre son colocados exactamente en los sitios marcados.
- Se sostiene la goma espuma verticalmente, y se aplican los platillos en ángulo recto a la goma espuma (Figura 5).
- Se lee el reloj del calibre, 2 segundos después de la aplicación de la presión total de los platillos.
- Los bloques son medidos en el siguiente orden: 15 mm, 25 mm, 35 mm, 45 mm, y luego 55 mm, cada uno medido una vez. El orden de esta prueba debería repetirse un total de 10 veces, llevando aproximadamente 1 min cada serie de 5 mediciones.
- Se deberían estandarizar las condiciones ambientales bajo las cuales es medida la goma espuma, utilizando un laboratorio con aire acondicionado.

3.2.1.1 El « rango de calibración » de los bloques de goma espuma

Utilizar los datos de un único juego de calibre (como el presentado en la Tabla 4) para establecer u rango de calibración, el cual es definido como la media +/-3 DS a partir de 10 mediciones repetidas en la serie de cinco bloques de goma espuma, con cada bloque medido en el sitio específico marcado. Estadísticamente, esto significa que el 99.7% de las observaciones estarán dentro de este rango de calibración. Cuando cualquier dato futuro de calibración, utilizando los mismos calibres y bloques de goma espuma, caiga fuera del rango de calibración lo más probable es que el calibre necesite un cambio de resortes, reparación y lubricación del "pivot", o ambas cosas.

Grosor no comprimido (mm)					
	15.0	25.0	35.0	45.0	55.0
ID del calibre		**Grosor comprimido (mm)**			
C1	2.4+/-0.20	5.7 +/-0.44	11.6 +/-0.62	21.7 +/-0.41	30.7 +/-0.22

TABLA 4. *Rango de calibración (media +/- 3 DS) de 10 mediciones en cada bloque de goma espuma, para un calibre Harpenden.*

3.2.2 Discriminando entre resortes originales y nuevos

En un pequeño estudio, se utilizaron cinco calibres Harpenden para investigar el siguiente punto: un calibre completamente nuevo (C1), dos calibres relativamente nuevos (C2 y C3) que habían tenido uso limitado (aproximadamente 800 movimientos de platillos; en donde' un movimiento equivale a una medición de pliegue cutáneo en una ocasión), un calibre extensamente utilizado (C4; aproximadamente 30.000 movimientos de platillos en el transcurso de 4 años), y finalmente el calibre C4 con dos resortes nuevos (C5). Los calibres C1 y C4 también fueron utilizados en la calibración absoluta (Sección 3.1) y en la Tabla 1. Se tomaron 10 mediciones repetidas en un juego de bloques de goma espuma ED200 con cada uno de los cinco calibres, en la forma descripta en la Sección 3.2.1.

Los calibres más nuevos, C1 y C5, tendieron a tener desvíos standard mucho más bajos (y, por lo tanto,

variancias mas bajas) que los calibres más antiguos (C2,C3,C4) para cada uno de los bloques de goma espuma (Tabla 5). Esto podría indicar que los calibres más antiguos tienen mayor variabilidad que los nuevos. Las variancias desiguales también podrían confundir los análisis de variancia para mediciones repetidas, los cuales mostraron que hubo una interacción significativa entre el calibre utilizado y el grosor comprimido en los cinco bloques de goma espuma [$F(16,225) = 43.0$, $p < 0.001$]. Una comparación post – hoc de las medias (Tabla 5) es más útil, usando los dos calibres con resortes nuevos, C5 y C1. No hubo diferencias entre ninguno de los cinco calibres cuando fueron aplicados al bloque de 15 mm, pero cuando se usó el calibre C5 como instrumento de criterio, C4 produjo valores significativamente mayores para los bloque s de 25, 35, 45 y 55 mm. No hubo diferencias en ninguno de los cuatro calibres con resortes nuevos o casi nuevos (C1, C2, C3, y C5) para los bloque de 25 y 35 mm, pero los calibres C2 y C3 fueron significativamente diferentes de C5 en el bloque de goma espuma de 55 mm.

Este pequeño estudio demostró que reemplazar los resortes extensamente utilizados en un juego de calibres Harpenden por un par de resortes nuevos produjo grosores comprimidos significativamente menores en cuatro de los cinco bloques. Sin embargo, también es posible, como no calibramos los resortes de C4 cuando eran nuevos, que los resortes utilizados en C4 y C5 hayan tenido características diferentes, ya que fueron fabricados aproximadamente con cinco años de separación. Para verificar que los nuevos resortes fueran similares para los calibres Harpenden, se utilizaron otros tres calibres nuevos o casi nuevos para medir los bloques de goma espuma. Los cuatro mejores calibres C1,C2,C3, y C5 en general produjeron valores que no fueron diferentes entre sí. Este resultado concuerda con los de Schmidt y Carter (1990), quienes también afirmaron que la variabilidad entre los calibres Haperden nuevos es pequeña. No está claro si los resortes viejos se habían desgastado o si los nuevos tenían características diferentes, pero este estudio verifica que los resultados de la calibración absoluta presentados en la Sección 3.1.3 también pueden ser discriminados utilizando una calibración en escala descendente con bloques de goma espuma.

	Grosor no comprimido (mm)				
	15.0	25.0	35.0	45.0	55.0
ID del calibre	**Grosor comprimido (mm)**				
C1	2.4+/-0.07 (+/-0.20)	5.7+/-0.15 (+/-0.44)	11.6+/-0.21 (+/-0.62)	21.7+/-0.14 (+/-0.41)	30.7+/-0.07 (+/-0.22)
C2	2.5+/-0.05 (+/-0.15)	5.9+/-0.07 (+/-0.20)	11.8+/-0.26 (+/-0.79)	21.8+/-0.22 (+/-0.66)	31.1+/-0.20[a] (+/-0.60)
C3	2.4+/-0.07 (+/-0.21)	5.6+/-0.08 (+/-0.25)	11.3+/-0.22 (+/-0.66)	21.2+/-0.21[b] (+/-0.63)	30.1+/-0.20[ab] (+/-0.60)
C4	2.6+/-0.05 (+/-0.15)	6.8+/-0.15[ab] (+/-0.45)	13.5+/-0.27[ab] (+/-0.81)	23.4+/-0.35[ab] (+/-1.04)	32.6+/-0.29[ab] (+/-0.87)
C5	2.4+/-0.03 (+/-0.09)	5.7+/-0.07 (+/-0.22)	11.6+/-0.09 (+/-0.28)	21.7+/-0.12 (+/-0.37)	30.7+/-0.12 (+/-0.35)

TABLA 5. *Grosor comprimido de bloques de goma espuma (media +/- DS), usando 5 juegos de calibres Harpenden. Cl es un juego de calibres nuevo. C2 y C3 son calibres con uso limitado. C4 es un calibre extensamente utilizado. C5 es el mismo calibre C4 al cual se le ha cambiado el par de resortes. Los valores en paréntesis representan 3 DS.*

a = diferencia significativa con C5
b = diferencia significativa con C1

3.2.3 Interpretación del rango de calibración de los bloques de goma espuma

Si se aplica a C5 el criterio del rango de calibración (media +/- 3 DS), tal como se describió en la Sección 3.2.1.1) a los datos con bloques de goma espuma, las mediciones tomadas por C4 caen fuera del rango de calibración en los cinco bloques, mientras que Cl, C2, y C3 quedan dentro de dicho rango. Si el rango de calibración se establece utilizando Cl como criterio, C4 queda fuera del rango para todos los bloques, excepto el de 15 mm sin compresión. Sin embargo, C3 también cae fuera de la calibración para los bloques de 45 y 55 mm, pero sólo por 0.1 y 0.2 mm, respectivamente. Esto sugiere que este método para el rango de calibración, para un único calibre, es útil dentro de un laboratorio para indicar cuando los calibres están produciendo datos confiables. Tanto el método de calibración con bloque de goma espuma como la calibración absoluta de los calibres pudieron discriminar entre un calibre con resortes originales y uno con resortes nuevos. Esta diferencia, que se discute en la Sección 3.1.3, fue suficiente para traducirse en una diferencia significativa en la sumatoria de pliegues cutáneos (L7). Sin embargo, el método con bloques de goma espuma debería utilizarse como un anexo adjunto más que en reemplazo de la calibración absoluta estática en escala descendente.

Independientemente del uso de calibración absoluta o relativa en escala descendente, el desgaste con el tiempo, o las diferencias entre resortes, pueden traducirse en diferencias en las sumatorias de los pliegues y, por lo tanto, es aconsejable que el antropometrista compre varios juegos de resortes para calibres en un mismo momento de forma que los mismos provengan de un mismo lote de fabricación (y, por lo tanto, tengan características mecánicas similares).

4. CALIBRACION DE LA SEPARACION DE LOS PLATILLOS

4.1 Calibres Vernier

El método más simple de calibrar la separación entre los platillos es utilizar las pequeñas ramas de los calibres Vernier, utilizados por ingenieros, colocados en el centro exacto de las caras de los platillos (Figura 7). Sin embargo, localizar y sostener los calibres Vernier en el centro de las caras de los platillos es relativamente impreciso.

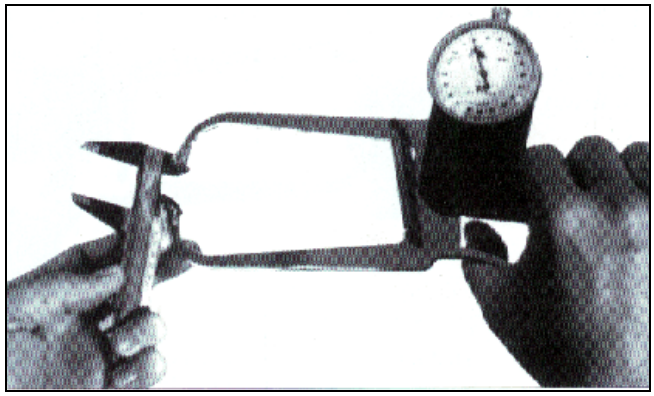


FIGURA 7. *Un ingeniero utilizando el calibre Vernier para la calibración de la separación entre platillos.*

4.2 Varilla de calibración - teoría

Un método más exacto para chequear la separación entre los platillos es insertar un espaciador delgado de diámetro conocido entre los platillos y registrar a lectura del reloj. Sin embargo, con este método existen numerosos posibles peligros. Debido a que las caras de los platillos cambian el ángulo y pierden paralelismo a medida que los platos se van abriendo, la lectura del reloj será mayor si el espaciador es colocado cerca del borde interno del platillo que si se coloca cerca del borde externo del mismo (Figura 8). El mejor espaciador a usar es aquel construido con una varilla de metal sólido de aproximadamente 1 cm de diámetro (Figura 9).

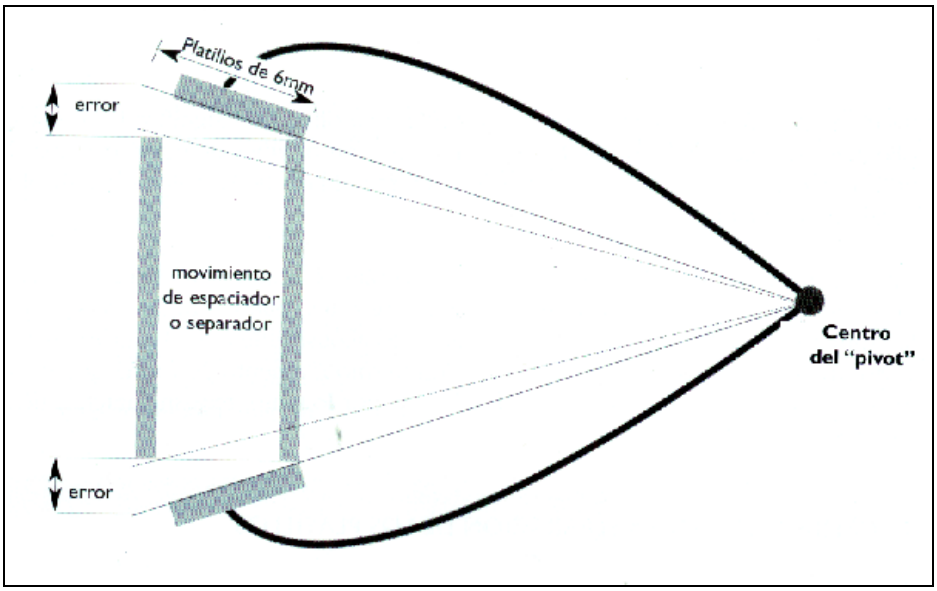


FIGURA 8. *Diagrama que muestra los errores en la calibración de la separación con espaciadores finos*

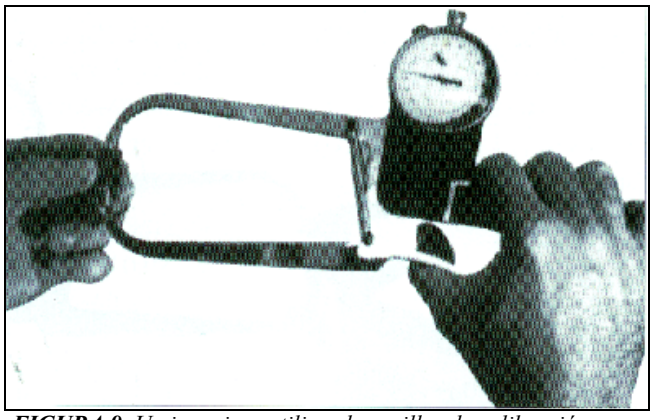


FIGURA 9. *Un ingeniero utilizando varillas de calibración para calibrar la separación entre platillos*

Una varilla de esta dimensión resuelve el problema del ángulo de los platillos suponiendo que el borde interno de las caras de los mismos es ubicado en los extremos de una varilla calibrada. Debido a que la distancia desde el centro del pivot del calibre Harpenden hasta el centro de la superficie de los platillos es de 152.4 mm, esta longitud puede utilizarse como la hipotenusa de un triángulo rectángulo originando el ángulo A desde el centro del «pivot» (Figura 10). Este mismo ángulo (A) es sostenido desde el borde interno de la superficie del platillo con su ángulo complementario partiendo del borde externo. La corrección a ser aplicada a la lectura del reloj de la separación del calibre para una varilla metálica es el doble del seno del ángulo A utilizando una hipotenusa de 3 mm (la mitad del ancho del platillo). Esta corrección se resta a la lectura del reloj registrada para la longitud particular de la varilla de calibración.

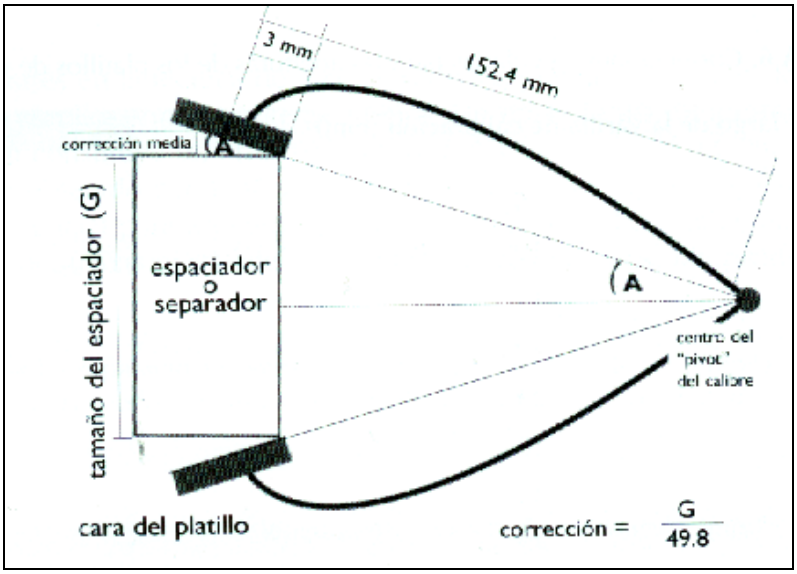


FIGURA 10. *Diagrama que muestra la derivación del factor de corrección a ser utilizado, cuando se calibra la separación de los platillos utilizando varillas de calibración.*

mitad de la longitud del espaciador (G)
seno A = ----------
largo del brazo – mitad del largo de la
Del calibre cara del platillo

$$= \frac{G/2}{152.4 - 3}$$

$$= \frac{G}{298.8}$$

Corrección = mitad del ancho de la cara del platillo x seno A x 2 mm

$$= \frac{3 \times G \times 2}{298.8} = \frac{G}{49.8} mm$$

Por lo tanto, la separación real de los platillos = G + G/49.8, lo cual debería estar indicado en el reloj. La Tabla 6 muestra el tamaño de la corrección para aperturas de platillos en el rango de *5* a 40

largo de la varilla de calibración (mm)	correlación (mm)
5	-0.1
10	-0.2
15	-0.3
20	-0.4
25	-0.5
30	-0.6
35	-0.7
40	-0.8

TABLA 6. *Correcciones calculadas para las aperturas de los platillos de los calibres Harpenden*

4.2.1 Varillas de calibración - Procedimiento

A continuación, se describe el procedimiento para calibrar las separaciones entre los platillos de un calibre Harpenden, en intervalos de a *5* mm, en el rango de *5* a 40 mm Las varillas de calibración fueron hechas a partir de secciones trabajadas en forma precisa de una vara de metal de 10 mm El procedimiento es el siguiente:

(1) Dejar que los platillos del calibre se cierren y colocar el reloj en cero.
(2) Colocar la varilla calibrada de *5* mm entre las caras del platillo y registrar la lectura del reloj. Observar que el borde interno de las caras de los platillos esté apoyando en la varilla.
(3) Sacar la varilla calibrada y controlar que la aguja del reloj haya vuelto a cero.
(4) Repetir los pasos (2) y (3) dos veces más.
(5) Repetir los pasos (2), (3), y (4) utilizando varillas calibradas de 10,15, 20, 25, 30, 35, y 40 mm de largo.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la calibración de siete calibres Harpenden. Estos resultados muestran que los tres instrumentos más viejos (# 1, 2, y 3 - aproximadamente de 20 años) estuvieron dentro de 0.1 mm de las mediciones con la varilla calibrada. Este error está dentro del error del procedimiento con la varilla de calibración porque el reloj de los calibres Harpenden sólo puede leerse con una precisión de 0.1 mnt El mayor error medido fue de 0.4 mm registrado para el calibre # 7 que tenía 5 años de uso. Los resultados para los tres instrumentos más nuevos (# 4, 5, y *6)* estuvieron dentro de los 0.2 mm de los standards de calibración. El error levemente mayor podría estar dado por las diferencias en el diseño de la leva y el émbolo de los nuevos instrumentos, en comparación con los de hace 20 años atrás. El error a partir de las varillas de calibración standard indica el grado de uso o daño del calibre, lo cual probablemente esté relacionado con el pivot o la leva. La leva está ubicada sólo a 15 mm por detrás del pivot (mientras que las ramas de los platillos tienen 152.4 mm de largo) y, por lo tanto, tiene una desventaja mecánica de 10 a 1 con los platillos.

Es decir, cualquier uso en la superficie de la leva se reflejará en los platillos donde aparecerá 10 veces mayor. Por lo tanto, un error de 0.4 mm en la

separación de los platillos podría ser el resultado de un desgaste en la leva de 0.04 mm.

Dadas las limitaciones en la técnica de medición de los pliegues cutáneos, los errores en la separación de los platillos son bastante pequeños. Un error de 0.4 mm a una separación de platillos de 40 mm constituye un error del uno por ciento, lo cual es mucho menos que el error de medición obtenido con la técnica. Sin embargo, la medición regular de la separación entre platillos es esencial para asegurar que la superficie de la leva no se haya dañado o contaminado con pequeñas piezas de sustancias extrañas que podrían producir un error aún mayor

	Longitud de la varilla de calibración (mm)							
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
ID del calibre	**Separación calculada entre las caras de los platillos (gr.mm^{-2})**							
#1	5.1	10.2	15.1	20.2	25.2	30.1	35.1	40.0
#2	4.9	10.0	15.1	20.1	25.0	29.9	34.9	39.8
#3	5.0	10.1	15.1	20.1	25.1	30.0	35.0	39.9
#4	4.9	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
#5	4.9	10.0	14.9	20.0	24.9	30.0	35.1	40.0
#6	4.9	9.9	14.9	20.0	24.9	29.9	34.9	39.9
#7	4.9	10.0	15.0	20.1	25.1	30.1	35.3	40.4

***TABLA** 7. Cálculo de las separaciones entre las caras de los platillos del calibre Harpenden (es decir, corregido para el error asociado con las caras no paralelas de los platillos, a medida que aumenta la separacion)*

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los bloques de goma espuma pueden aportar un método económico y conveniente para controlar longitudinalmente la confiabilidad de la presión de los platillos de un calibre Harpenden e indicar cuándo los resortes necesitan ser cambiados. Por el contrario, la comparación de datos recolectados entre los laboratorios requiere que se lleve a cabo una calibración absoluta de la presión de los platillos. Sin embargo, los datos presentados en este capítulo sugieren que las recomendaciones comúnmente aceptadas de Edwards y cols. (1955) de una presión estática en escala ascendente de 10.0 ±/- 2.0 gr.mm-2, y aún las de British Indicators Ltd. (10.0 +/- **1.0** gr.mm^2), son demasiado indulgentes. Si se quieren realizar comparaciones válidas entre distintos calibres Harpenden para una sumatoria de pliegues cutáneos, se podría necesitar un rango de calibración de 10.0 +/- 0.5 .gr.mm^2. Finalmente, se necesitan más investigaciones para identificar las características dinámicas absolutas y descendentes de los calibres Harpenden.

Recomendaciones

(i) El «pivot» del calibre debería controlarse cada 12 meses para asegurarse de que esté bien engrasado y funcionando suavemente, sin que el perno del «pivot» esté excesivamente ajustado.

(ii) Lo ideal es llevar a cabo una calibración absoluta tanto en escala ascendente como descendente cada 12 meses (o silos calibres fueron accidentalmente dañados), con separaciones de los platillos en el rango de 5 a 40 mm. La calibración en escala ascendente representa una evaluación de las cualidades mecánicas totales de los calibres, mientras que la calibración en escala descendente indica las cualidades del calibre cuando es utilizado para medir el grosor de los pliegues cutáneos. Para caracterizar en forma adecuada a un calibre se debería realizar tanto calibración ascendente como descendente.

- La presión dinámica media con escala ascendente (es decir, la presión media para el rango de separaciones de platillos) debería estar en el rango de los 10.0 +/- 0.50 gr.mm^{-2}(0.098 +/- 0.005 N.mm^{-2}).
- La presión estática media en escala descendente debería estar en el orden de los 8.25 +/- 0.50 gr.mm^{-2} (0.081 +/- 0.005 N.mm^{-2}).
- A cualquier separación de platillos, en el rango entre 5 y 40 mm, la diferencia entre la presión en escala ascendente y descendente

debería ser menor a 2.0 $gr.mm^{-2}$ (0.020 $N.mm^{-2}$).

(iii) Como alternativa conveniente, se puede utilizar un rango de calibración usando bloques de goma espuma para controlar la presión dinámica en escala descendente dentro de un laboratorio. Este método podría ser más oportuno para chequear los calibres más frecuentemente que la calibración absoluta; por ejemplo, para controlar los calibres que se han caído accidentalmente o que se le han prestado a un colega.

(iv) Los antropometristas deberían saber que los resortes de los calibres Harpenden se podrían desgastar con el tiempo o podrían variar sus características mecánicas por ser de distintos lotes de fabricación. Las diferencias pueden detectarse con calibración absoluta o con calibración con bloques de goma espuma. Por consiguiente, nosotros aconsejamos que se adquieran 2 o 3 juegos de resortes de reemplazo con cada calibre nuevo, y que el Harpenden sea calibrado con todos los juegos de resortes cuando es nuevo, para asegurarse que los mismos tengan todos similares características de calibración.

(v) Al menos cada *6* meses, se debería controlar la precisión de la separación entre los platillos del calibre, utilizando varillas de calibración que varíen de 5 a 40 mm.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Behnke,A.R., & Wilmore, J.H. (1984).
Evaluation and regulation of body build and composition.
Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Carter,J.E.L., & Schmidt, RK. (1990).
A simple method for calibrating skinfold calipers. Proceedings of the **Commonwealth and International Conference on Physical Education, Sport, Health, Dance, Recreation and Leisure.**Volume 3 Part 1, pp.49-53.Auckland~ New Zealand.

Edwards,D.A.W, Hammond,W.H., Healy,J.M.,Tanner,J.M. &Whitehouse, R.H. (1955).
Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneoUS tissue thickness**.**
British journal of Nutrition, 9, 133-143.

Gruber,J.J., Pollock, M.L., Graves,J.E., Colvin,A.B., & Braith, R.W. (1990).
Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition.
Research Quarterly, 61, 184-190.

Keys,A.. (1956).
Recommendations concerning body measurements for the characterizatiOn of nutritional status.
Human Biology, 28, 111-123.

Lohman,T.G. (1981).
Skinfolds and body density and their relationship to body fatness: a review.
Human Biology, 53, 181-225.

Schmidt, P.K., & Carter,J.E.L. (1990).
Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers.
Human Biology, 62, 369-388.

Zillikens, M.C., & Conway,J.M. (1990).
Anthropometry in blacks applicability of generalised skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites.
American Journal of Clinical Nutrition, 52, 45-5l.