

# ¿QUÉ TAN RÁPIDOS SON LOS SENTIDOS?

L. R. MOREJÓN-HERNÁNDEZ, A. RODRÍGUEZ-MANSO, O. CALZADILLA<sup>A</sup>

Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas; lmorejon@instec.cu†

†autor para la correspondencia

a) Facultad de Física, Universidad de la Habana.

Se propone un método de medición del tiempo de respuesta de una persona mediante una computadora como problema útil para prácticas introductorias de laboratorio. Como parte del proceso de medición es necesario determinar las incertidumbres, para lo cual presentamos un análisis y proponemos un método (Imitación Rítmica) para lidiar con la incertidumbre inherente al instrumento usado. Se muestran mediciones realizadas usando un software sencillo de nuestra autoría, y el correspondiente cálculo de las incertidumbres mostrando concretamente los métodos propuestos. Creemos que este sencillo problema pudiera usarse para introducir a estudiantes de física en conceptos relativos a la medición, ya que, por ser diferente a los usuales experimentos físicos, permite la discusión y reflexión en una situación algo diferente.

We propose a way for measuring a person's response delay using a computer. We present an analysis of the uncertainties inherent to the computer, and propose a method (Rhythmic Imitation) for dealing with them. Measurements are made using a simple software created by us, and processed as discussed. We think this simple problem could be used for introducing physics students into the concepts relative to measurement, allowing discussion within a rather different situation.

## INTRODUCCIÓN

En la formación de un físico el trabajo de laboratorio es fundamental, como bien se conoce. Por eso, la comprensión y asimilación de conceptos como el de medición, incertidumbre, calibración, etc., debe atenderse especialmente, invitando a la reflexión, partiendo del razonamiento. Es muy interesante en este sentido los trabajos de las ref. [1,2,3].

Por otra parte, en pocas ocasiones puede el estudiante estar en contacto con el proceso de diseño de una práctica de laboratorio, por diversas razones. Pero sería muy provechoso realizar una práctica presentada como un problema de determinación de un valor experimental, donde tuviera que analizar qué quiere medir, como hacerlo, cómo procesar los datos, etc. Claro que esta práctica debería estar preparada de modo que su desarrollo fuera guiado por un profesor, conduciendo las ideas.

En este trabajo presentamos un problema sencillo que bien podría usarse para una práctica de este tipo: la medición del tiempo de respuesta de una persona usando una computadora. Como no requiere de ninguna especificidad técnica, se elimina la necesidad de conocimientos particulares sobre un instrumento, y permite centrar la discusión en lo conceptual. Discutimos las incertidumbres inherentes al uso de este instrumento no diseñado especialmente para la medición precisa del tiempo, y cuyas características temporales, en general, desconocemos.

## DISCUSIÓN DEL MÉTODO

El tiempo de respuesta  $t_r$  de una persona ante una señal externa depende del tipo de esta señal y de la respuesta involucrada. Lo más sencillo en nuestro caso es generar señales auditivas y visuales y medir como respuesta el presionar una tecla. Para esto escribimos un programa sencillo en Delphi, capaz de generar sonidos y mostrar cuadros de colores, recibir eventos del teclado y registrar los intervalos de tiempo entre estos dos instantes. La generación de señales se realiza de modo aleatorio, con el objetivo de que la persona no pueda anticiparlas.

Ahora el intervalo medido  $t_m$  de esta manera será el tiempo de respuesta de la persona sólo en el caso de que pueda desprejiciarse el tiempo de demora de la computadora (en generar la señal y en registrar el evento de teclado). ¿Podrá desprejiciarse ese tiempo? Y en caso de que no, ¿cómo determinamos en este caso el tiempo de respuesta? Para estimarlo usamos lo que llamamos Imitación Rítmica: El objetivo es realizar mediciones en las cuales se manifieste solamente el tiempo retardo  $t_d$  de la computadora. Para eso suponemos que este tiempo es el mismo bajo condiciones de trabajo similares. Entonces generamos señales con cierta periodicidad de modo que una persona (no necesariamente la que realiza las mediciones) pueda reproducir el ritmo. De esta manera obtenemos los instantes en que se generan las señales y en los que se pulsan las teclas, como

muestra la Figura 1. En general la persona no será capaz de reproducir exactamente el ritmo, pero en media sí. Esto significa que el valor medio de los  $\Delta t_k$  mostrados en la figura debe ser cero, en el caso ideal de que no hubiera tiempo de retardo. Pero en caso de que el tiempo de retardo no sea nulo, la medida de su valor es el promedio de estos  $\Delta t_k$ , y la desviación estándar de estos, la incertidumbre del valor determinado.

Una vez obtenido el valor del tiempo de retardo, el tiempo de respuesta de la persona será:

$$t_r = \langle t_m \rangle - \langle t_d \rangle$$

y su incertidumbre  $u_r$ , a partir de la incertidumbre de los valores medidos según ref. [4]:

$$u_r = \sqrt{\sigma_{tm}^2 + \sigma_{td}^2}$$

donde  $\sigma_{tm}$  y  $\sigma_{td}$  son respectivamente las desviaciones estándar de los valores medidos de  $t_m$  y  $t_d$ .

## RESULTADOS

Primero veamos los tiempos de retardo de la computadora usada. Mostramos en las Figuras 2 y 3 los histogramas correspondientes a los  $\Delta t_k$  para las señales visuales y auditivas respectivamente. En cada caso se realizaron 100 mediciones, y se obtuvo  $(21 \pm 33)$  ms de tiempo de retardo en las señales visuales y  $(14 \pm 14)$  ms en el caso de las auditivas. Como puede verse los valores de tiempo de retardo obtenidos son pequeños y las desviaciones estándar relativamente grandes. Sin embargo estos no son despreciables en relación a los tiempos de respuesta medidos.

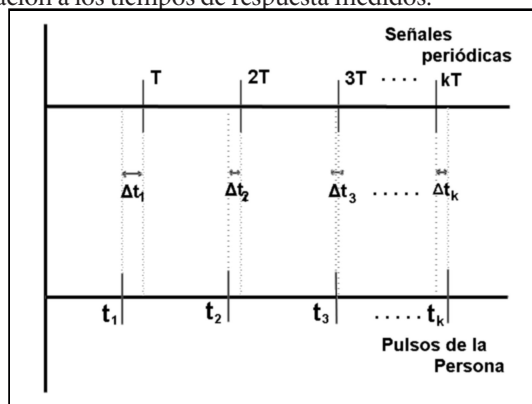


Figura 1. *Imitación Rítmica*. Instantes en que ocurren las señales periódicas y los pulsos de teclado

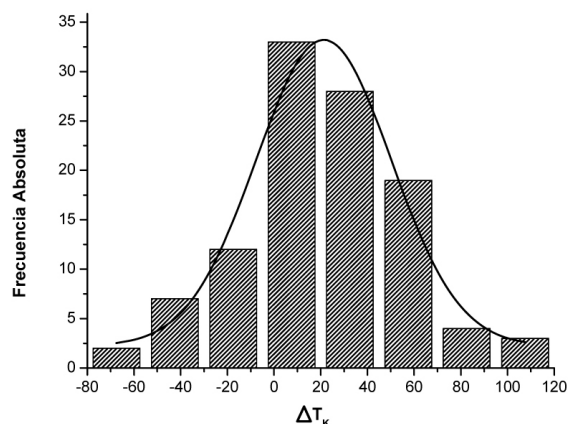


Figura 2. Mediciones hechas para el tiempo de retardo en el caso de señales visuales.

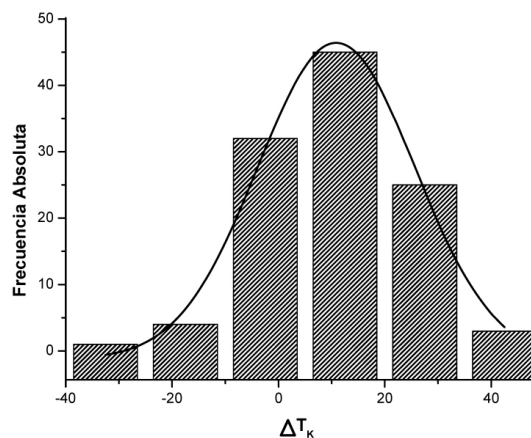


Figura 3. Mediciones hechas para el tiempo de retardo en el caso de señales auditivas.

En la Tabla I mostramos los tiempos de respuesta obtenidos al medir a 9 personas. Se realizaron 20 mediciones para cada persona, para cada tipo de señal. Las incertidumbres fueron calculadas según mencionamos anteriormente, usando las desviaciones estándar de los tiempos de retardo correspondientes ya presentados. Como puede verse la precisión de las medidas no es óptima, y depende de la dispersión de los valores medidos en cada caso; realizando suficientes mediciones, puede lograrse una incertidumbre relativa entre el 15% y el 20%. Pero para el objetivo de ilustrar el papel del instrumento y el del físico en la medición de magnitudes, es suficientemente adecuado.

## CONCLUSIONES

Hemos presentado un problema sencillo que puede usarse en la docencia para introducir los conceptos relativos al proceso de medición mediante la discusión de sus aspectos. Tiene la ventaja de no precisar de instrumentos específicos, sino de una computadora arbitraria, lo que a la vez presenta un punto de partida a discutir con los estudiantes ¿cómo caracterizar mi instrumento de medición? Para lo cual proponemos un método: *Imitación Rítmica*. Este marco inmediatamente llevaría al debate sobre la fiabilidad de los instrumentos, el papel de la calibración, la veracidad de un valor experimental, significado de la incertidumbre y su cálculo, etc. Consideramos que puede realizarse un buen práctica docente a partir de este trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo surgió a partir de un problema propuesto por el profesor Octavio Calzadilla (Univ. de La Habana) durante el curso de posgrado "Procesamiento Estadístico de Datos" impartido por él. Le agradecemos el intercambio de ideas y el apoyo.

Tabla I: Mediciones de tiempos de respuesta e incertidumbres para las señales auditivas y visuales (ms).

Personas	Visuales	Incert.	Auditivas	Incert.
1	205	46	220	49
2	257	62	232	39
3	234	43	217	36
4	239	42	303	46
5	199	47	-	-
6	203	39	223	28
7	250	39	194	22
8	239	45	233	39
9	194	46	210	37

[1] A. Buffler and S. Allie, F. Lubben and B. Campbell, "Introduction to Measurement in the Physics Laboratory" ver. 3.5, University of Cape Town, South Africa (2006).

[2] L. Kirkup and R. B. Frenkel, An Introduction to Un-certainty in Measurement. (Cambridge University Press, Cambridge, 2006).

[3] S. Allie, A. Buffler, B. Campbell, D. Evangelinos, F. Lubben, D. Psillos and O. Valassiades. "Teaching measurement in the introductory physics laboratory." The Physics Teacher 41 7(2003) 394-401.

[4] Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 1), "Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement", First edition September (2008).

