TALLA 27.6543

Ing. Juan Ocáriz Castelazo

—Señorita, ¿me puede dar un pantalón de la talla 27.6543, por favor? —De esa talla no tengo. ¿No le sirve uno de la talla 27.6544?

El surrealista diálogo anterior no es diferente del que se da con frecuencia en clase cuando el profesor pregunta —¿De cuánto resulta la tensión de la cuerda?— y un alumno responde —De 234.5678 libras, profesor.

Medir bien es importante. Un fabricante de ventanas de aluminio envió a uno de sus empleados a medir los huecos de un edificio para fabricar las ventanas. El empleado midió 84 centímetros de largo. Se fabricaron las ventanas, pero a la hora de colocarlas, no cupieron en el espacio, pues la longitud era de 83 centímetros. Hubo que rehacer toda la cancelería, con el gasto correspondiente.

En este artículo intentaremos explicar cómo deben escribirse los números decimales, de modo que sin demérito de su precisión sean cortas y fácilmente inteligibles.

Error absoluto y error relativo

Volvamos al caso de las ventanas. El valor real era 83. El error absoluto que cometió el empleado al medir 83, fue de un centímetro. El error relativo, de 1/83 = 0.01205, que es un número abstracto; en tanto por ciento se diría 1.205. En general, la importancia de un error no es su valor absoluto, sino su valor relatico, que se expresa ordinariamente en un tanto por ciento. Así, por ejemplo, si una carretera vecinal tiene 25,742 metros de largo, y un topógrafo la mide y obtiene 25,700, comete un error absoluto de 42 metros, que parecen muchos: pero el error relativo es de (42/25742)100 = 0.1532 %, que es un error perfectamente admisible en la práctica de la ingeniería.

Precisión de un resultado

En la resolución de los problemas de ingeniería se parte de información que se recoge en el “campo”, que se procesa luego en “gabinete”. Los resultados obtenidos, sean para un proyecto, un diagnóstico, una corrección, etc., dependen tanto de la exactitud con que se hayan recogido los datos como de la precisión con que se realicen las operaciones. La máxima precisión que se puede esperar es la mínima que se haya obtenido en uno de esos dos procesos. En general, los datos con que se cuenta van acompañados con un error de alrededor del uno por ciento; en cambio, los cálculos suelen exceder una exactitud del dos por millar.

Ejercicio

A continuación, se presenta una tabla con supuestos valores reales y con valor obtenidos en una medición. Se le pide al lector que escriba el error absoluto cometido en cada medición, y el error relativo, expresado en tanto por ciento.

Valor real	*Valor obtenido*	*Error absoluto*	*Error relativo (%)*
5479	5490		
124	120		
58.15	58		
3,987	3,9		
0,2865	0.28		

Precisión de los instrumentos de medición

Cuando se mide un terreno, el diámetro de una flecha, el calibre de un tubo, la presión de un neumático, o cualquier otra realidad física, el dato que se obtiene trae una exactitud que depende, por supuesto, de quien la realiza, pero, sobre todo, del instrumento que se emplee. La recolección de información que se emplea en los trabajos de ingeniería —la construcción, la industria, la minería, etc.— es difícil que se logre con más del uno por ciento de precisión.

Conviene que pensemos en los instrumentos de medición con los que contamos de ordinario. Uno de ellos es el metro (o flexómetro), que tiene tres metros de longitud, por lo general; su división más pequeña es el milímetro. O sea que una medida que se puede obtener con él es algo así como dos metros con cuarenta y tres centímetros y con dos milímetros (2.432 m). Notemos que la cuarta cifra significativa, la correspondiente a los dos milímetros, resulta un tanto sospechosa. Y sería bueno preguntarle al lector si se atrevería a pedir a un albañil que le construyera una barda de esa altura.

Un instrumento de medición, que utilizan los automovilistas y los motociclistas, es el velocímetro. Con él, un conductor puede saber que corre a 85 kilómetros por hora. Pero nos reiríamos de él si dijera que corre a 84.72 kilómetros por hora. ¿Cómo podría verlo?

Las básculas digitales se han puesto de moda. Cuando alguien se pesa en una, es posible que lea 56.400 kilogramos, pero no 56.432. Y cuando el médico le pregunte su peso, el interesado dirá 56 kilos

Indudablemente, existen instrumentos de medición sumamente precisos—El Vernier, el micrómetro, la balanza de precisión, etc.— con que se cuenta en los laboratorios, en algunas industrias, las universidades, etc., que pueden añadir una o dos cifras a las que arrojan los instrumentos más comunes.

¿Qué pasa con el número de cifras?

Tomemos la talla 27.6543 del pantalón que busca nuestro protagonista. Supongamos que, efectivamente, esa es su talla (¿cómo habrá podido llegar a ella?). Llenemos una tabla con los errores que se cometería si fuéramos prescindiendo de las últimas cifras.

Real	*Elegido*	*Error absoluto*	*Error relativo*	*En tanto por ciento*
27.6543	27.654	0.003	0.005/27.6543	0.00.109
27.6543	27,65	0.0043	0.0043/27.6543	0.01555
27.6543	27.6	0.0543	0.0543/27.6543	0.1964
27.6543	27	0.6543	0.6543/27.6543	2.36

El lector puede observar que cuando el número elegido es de tres cifras significativas, el error relativo es inferior al dos por millar; es decir, se trata de un número muy exacto. Además, resulta muy fácil de escribir, de leer y de entender.

Cifras, cifras significativas y cifras decimales

El número 27.6 es un número de tres cifras, es decir, tres caracteres, y también de tres cifras significativas; las tres tienen un contenido cuantitativo. En cambio. el número 0.0276 es de cinco cifras, pero solamente tres son significativas. Tiene, por otro lado, cuatro cifras decimales, que son las que están escritas a la derecha del punto. El número 2 760 000 es de tres cifras significativas, aunque contenga siete cifras.

Muchas personas piensan, equivocadamente, que el número de cifras decimales es un indicador de la precisión de un número. Pongamos un ejemplo para refutar esa idea: el número 0.0002 tiene cuatro decimales. Pero contiene solamente una cifra significativa y es tan impreciso como cualquier número de una sola cifra; es equivalente a decir que el jugador Pequeñín Pérez mide como 2 metros de altura. La notación científica ayuda a comprender esto, pues 0.0002 se puede escribir como $2x10^{-4}$. Es decir, la aproximación de un número es independiente del número de cifras decimales, pues depende del número de cifras significativas únicamente.

El estudiante de ingeniería debe saber que, fuera de casos muy específicos y que se señalan explícitamente, la información que se proporciona en los problemas contiene tres cifras significativas. O sea, que cuando se dice que el radio de una glorieta es de 8 metros, el lector debe entender que es de 8.00 metros. Y al presentar cualquier respuesta relacionada con ese dato, deberá emplear tres cifras significativas nada más. El área de la glorieta, que se obtiene multiplicando 8 al cuadrado por π, para lo que la calculadora arroja 201.061, se debe dar como 201 metros cuadrados. Como π es irracional, el producto también, y es forzoso limitar el número de cifras que se escriban.

Para que no quede duda sobre el número de cifras significativas de un número, tome en cuenta el lector que los números siguientes son de tres cifras significativas: 5670, 201, 34.50, 4.31, 0.605, 0.0789. Tenga también en cuenta el lector que cuando la tercera cifra es cero, generalmente se omite; y si la segunda también es cero, también se omite. Por ejemplo, si una glorieta circular ha de tener 50.3 metros cuadrados, su radio, $(201/\pi)^{1/2} = 7.998$, debe escribirse 8 metros.

Redondear correctamente

Para escribir números cortos y lo más precisos posible, conviene redondearlos. Redondear consiste en elegir para última cifra la que mejor represente la cantidad deseada. Si deseamos escribir un número con tres cifras significativas, observamos la cuarta: si es 5 o mayor, se añade una unidad a la tercera. Por ejemplo, cuando multiplicamos 2 por la raíz cuadrada de 2 obtenemos 2.8284; como la cuarta cifra es 8, cambiamos la tercera por 3 y asentamos 2.83. Es más aproximado que 2.82 al número obtenido, igual que 28 está más cerca de 30 que de 20.

Es necesario siempre redondear no solo los números irracionales, sino también los racionales periódicos. Por ejemplo, 20/3 debe escribirse, en forma decimal, 6.67,

Ejercicio

Se solicita al lector que redondee el número 13579 a la cifra que se indica, y calcule el erro relativo que se comete, en tanto por ciento.

A la cifra	*Número redondeado*	*Error relativo (%)*
Cuarta		
Tercera		
Segunda		
Primera		

Los números que comienzan con 1 y los grados sexagesimales

Hemos venido insistiendo en tres cifras significativas, pero hay cantidades a las que hay que dar otro tratamiento. Si en vez del número 234 escribimos 235, cometemos un error de 1/234, claramente muy inferior al 1/100 con el que generalmente hemos de conformarnos. Si en lugar de 987 asentamos 986, el error es 1/987. Pero si en vez de 100 escribimos 101 el error se halla en el límite permisible: 1/100. Algo semejante ocurre con todos los demás números que comienzan con 1, Para ellos, lo recomendable es escribir cuatro cifras significativas y conjurar así el peligro de caer en una grave imprecisión.

Con los ángulos expresados en grados sexagesimales la consideración respecto a cuántas cifras escribir ha de ser muy diferente. Por de pronto hay que tener en cuenta que el error que se comete entre 24 y 25 grados es exactamente el mismo que entre 384 y 385, pues se trata de los mismos ángulos y la diferencia es idéntica. Lo importante en cuanto a precisión de un ángulo es que sus funciones trigonométricas sean lo más exactas posible. Veamos la siguiente tabla:

sen 25° = 0.4226	sen 26° = 0.4384	Diferencia: 0.01575	Por ciento: 3.73
cos 25° = 0.9063	cos 26° = 0.8989	Diferencia: 0.00751	Por ciento: 0.829
sen 70° = 0.9397	sen 71° = 0.9455	Diferencia: 0.00583	Por ciento: 1.064
cos 70 = 0.3420	cos 71° = 0.3256	Diferencia: 0.1645	Por ciento: 4.81

Comparemos estos resultados con los de la siguiente tabla, en lo que se emplea una cifra decimal de los ángulos:

sen 25° = 0.4226	sen 25.1° = 0.4242	Diferencia: 0.001561	Por ciento: 0.373
cos 25° = 0.9063	cos 25.1° = 0.9056	Diferencia: 0.000739	Por ciento: 0.0815
sen 70° = 0.9397	sen 70.1° = 0.9403	Diferencia: 0.000596	Por ciento: 0.0634
cos 70° = 0.3429	cos 70.1° = 0.3404	Diferencia:0.01645	Por ciento: 0.480

Notemos cómo el error relatico que se puede cometer cuando los ángulos difieren en 0.1° se mueve dentro de los márgenes aceptables.

Reglas prácticas

Una vez que hemos considerado el comportamiento de las cifras en el manejo de los números que se escriben en forma decimal, daremos algunas reglas concretas que faciliten la escritura y la comprensión de las cantidades, tanto en la vida profesional como en la estudiantil. El estudiante debe adquirir criterio para escribir resultados. En sus trabajos, en la resolución de sus problemas y de sus ejercicios no debe redondear iterativamente las cantidades, pues al final el erro puede ser muy grande. Las calculadoras actuales permiten realizar los cálculos, sin necesidad de escribir resultados intermedios en el papel para luego volver a introducirlos en la calculadora, lo cual es fuente próxima de gravísimos errores.

Las reglas que proponemos a continuación, si el estudiante las asimila, le resultarán mucho más útiles de lo que imagina.

1ª. Redondear a la tercera cifra significativa. Si, por ejemplo, se desea escribir en forma decimal la raíz cuadrada de 70, se escribirá 8.37. Vea el lector lo que se lee en la pantalla de su calculadora y compare. Esta regla queda limitada por la siguiente.

2ª. Si el número comienza con 1, redondear a la cuarta cifra. La raíz cuarta de 21789 se escribirá 12.15.

3ª. Expresar los ángulos en grados sexagesimales con una cifra decimal. De modo que si se busca el ángulo cuya tangente es 0.5, el ángulo será 26.6°.

Ejercicios

Los ejercicios que se proponen a continuación permitirán al lector comprobar su comprensión de las tres reglas prácticas propuesta.

Operación solicitada	*Resultado*	*Operación solicitada*	*Resultado*
$3\,(3)^{1/2}$		$0.316^{2}/2$	
$1400/7.7\pi$		áng sen 5/7	
$2414/(1 + 2^{1/2})$		$(6.51^{2} + 0.3^{2)1/2}$	
$12^{2.6}$		áng tan 20/3	
ln 3/8		40.9 cos 71°	
$2\,e^{-0.31}$		180° + áng tan 0.75	

Escribir más cifras significativas de las necesarias, recuerda aquel cuento del vigía que informa:

—¡General! Un ejército de veinte mil tres hombres está a punto de atacar la fortaleza.

—¿Cómo sabe, soldado, que son veinte mil tres enemigos?

—Viene tres adelante y como veinte mil detrás.

Y aquí terminamos el cuanto, porque preferimos omitir la respuesta del general.

Ciudad universitaria, México, 11 de noviembre de 2019