Cifras significativas y redondeo científico en datos biomecánicos

Autoría: EDUFISICA
Publicación: 2026-10-11
Revisión editorial: 2026-10-15
Lectura estimada: 27 minutos

https://edufisica.com/biomecanica/cifras-significativas-y-redondeo-cientifico/

Resumen

Los dígitos de un cálculo y el detalle que permite una medición requieren decisiones distintas. Esta lectura explica cifras significativas, posiciones decimales, ceros y notación científica, relacionando cada escritura con la procedencia de los datos. Compara convenciones de redondeo y muestra por qué reducir sucesivamente las entradas puede modificar un resultado. Después examina conversiones exactas, presentación de incertidumbre, medias y porcentajes. Dos ejemplos hipotéticos permiten seguir las consecuencias en un momento de fuerza y en una velocidad calculada a partir de posiciones. También distingue el formato visible de una cifra de los criterios utilizados para clasificarla. La propuesta docente y las orientaciones para organizar archivos ayudan a justificar qué información se conserva, qué se comunica y qué límites permanecen en la interpretación.

Palabras clave: cifras significativas; redondeo científico; precisión numérica; incertidumbre de medida; presentación de datos; cálculo biomecánico; notación científica

Los decimales de una pantalla no describen la calidad de una medida

Una aplicación puede mostrar una velocidad con ocho decimales aunque la posición se haya estimado con bastante menos detalle. Esa cantidad de caracteres procede del cálculo y del formato de salida. Para decidir cuáles conviene comunicar necesitamos relacionar el resultado con sus datos de entrada, su incertidumbre y la pregunta biomecánica planteada.

Escribir 4,12784361 m/s no demuestra que podamos distinguir dos velocidades separadas por una cienmillonésima de metro por segundo. El programa ha dividido unos números y ha mostrado una representación de ese cociente. La calidad de la medición depende además de la escala espacial, la identificación de los eventos y el tiempo utilizado. Los dígitos del cálculo no recuperan información que la adquisición no proporcionó.

El problema inverso también existe. Si un análisis necesita conservar una variación pequeña y sustituimos todos los resultados por números enteros, podemos borrar diferencias útiles.

Redondear de manera científica significa elegir una representación suficiente para el propósito. No consiste en reducir cualquier dato hasta que parezca sencillo ni en conservar toda la pantalla para que parezca riguroso.

Las cifras significativas permiten expresar cuánto detalle numérico se comunica. En los fundamentos de la medición biomecánica se relacionan con el carácter informativo de los dígitos y con la incertidumbre de la medida. Esa relación orienta la presentación, pero una cifra escrita no reemplaza la descripción del método ni un presupuesto de incertidumbre. Pérez Ruiz et al. (2021, pp. 85-88).

Conviene separar tres objetos desde el comienzo: el dato conservado, el resultado calculado y el resultado presentado. Un registro puede preservar todos los dígitos disponibles para permitir una revisión; el cálculo puede utilizarlos sin pérdidas deliberadas; la tabla final puede mostrar menos. Esa organización permite que la lectura sea clara y que las operaciones sigan siendo trazables.

Cifras significativas y posiciones decimales: dos preguntas diferentes

Contar posiciones decimales indica cuántos dígitos aparecen después del separador. Contar cifras significativas identifica el detalle comunicado desde el primer dígito no nulo. Ambas operaciones describen una escritura numérica, pero no producen la misma respuesta. Entender la diferencia facilita comparar valores expresados en distintas unidades y evita imponer formatos inconsistentes.

El número 12,30 tiene dos posiciones decimales y cuatro cifras significativas cuando se utiliza como representación de una medida. El número 0,01230 tiene cinco posiciones decimales y las mismas cuatro cifras significativas. Los ceros iniciales colocan la escala del número; no añaden información sobre el detalle de la medida.

Por su parte, 1230 puede ser ambiguo. Sin contexto, no sabemos si el cero final expresa un detalle conservado o si simplemente ocupa la posición de las unidades. Podemos escribir $1{,}23 \times 10^3$ para comunicar tres cifras o $1{,}230 \times 10^3$ para comunicar cuatro. El valor central es el mismo; la convención de presentación es diferente.

Escritura de una medida	Posiciones decimales	Cifras significativas comunicadas
0,00470 m	Cinco	Tres
4,70 mm	Dos	Tres
70,0 N	Una	Tres
$7{,}00 \times 10^1$ N	Dos en el coeficiente	Tres

La equivalencia 0,00470 m = 4,70 mm muestra por qué el número de decimales no puede convertirse en una norma universal. Cambia la unidad y cambia la posición del separador, mientras se conserva el detalle relativo comunicado. Para realizar estas transformaciones con coherencia puede consultarse la guía de unidades y conversiones en biomecánica.

Además, la expresión «significativas» tiene aquí un sentido numérico. No afirma que un resultado sea estadísticamente significativo ni que la diferencia importe para el aprendizaje, el rendimiento o la salud. Las tres preguntas requieren información distinta y conviene mantenerlas separadas en una explicación docente.



Comparación numérica original con equivalencia exacta. El color distingue detalle comunicado y ceros de escala; no demuestra resolución de un instrumento.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Los ceros informan cuando conocemos la convención del registro

Un cero puede fijar la escala, ocupar una posición entre dígitos o señalar el detalle con que se expresa una medida. Su interpretación depende de dónde aparece y del contexto. Por eso, reconocer reglas de escritura ayuda, pero comprobar cómo se obtuvo y guardó el registro sigue siendo parte del análisis.

En 2,005 m, los ceros intermedios forman parte del valor comunicado. Quitarlos cambiaría el número. En 0,002005 m, los ceros iniciales sitúan la escala: el valor equivale a 2,005 mm, y las cifras significativas comienzan en el primer 2. En ambos casos hay cuatro cifras significativas.

El cero final de 2,050 m expresa, en la convención de medidas, un detalle diferente del de 2,05 m. Sin embargo, introducir ese cero mediante un formato de tabla no mejora la adquisición. Si la hoja recibió originalmente 2,05 y el equipo responsable eligió mostrar tres decimales por uniformidad, el cero añadido pertenece a la presentación. No constituye evidencia independiente de resolución.

Una exportación puede guardar todos los números con seis posiciones, incluyendo ceros agregados. Otra puede eliminar ceros finales al abrir un archivo. La lectura aislada del archivo no permite reconstruir todas las condiciones del instrumento. El encabezado, la documentación y el registro original aclaran si las posiciones proceden de una medición, una conversión o una configuración del programa.

Para evitar ambigüedades en fuerzas grandes, resulta útil acompañar la notación de la incertidumbre o indicar la resolución de presentación. «1200 N, informado a la decena» comunica algo distinto de «1200 N, informado a la unidad». Si esos detalles son relevantes, no deben quedar a merced de la apariencia visual de un cero.

Esta lectura contextual también protege a los estudiantes de un error frecuente: pensar que todo número con más decimales corresponde a un instrumento mejor. Dos equipos pueden usar formatos diferentes para resultados de calidad comparable. La comparación necesita características metrológicas y condiciones de uso, no un concurso de longitud de las cifras.

Notación científica para conservar escala y detalle

La notación científica separa un coeficiente de una potencia de diez. Esa separación permite comunicar números grandes o pequeños sin largas filas de ceros y hace explícitas las cifras conservadas. En biomecánica resulta especialmente útil cuando una misma tabla contiene longitudes, presiones, tiempos o momentos de magnitudes muy diferentes.

Para un número positivo distinto de cero, la forma normalizada es un coeficiente desde 1 incluido hasta 10 excluido, multiplicado por una potencia entera de diez. Por ejemplo, 0,000325 m puede escribirse $3{,}25 \times 10^{-4}$ m. El exponente fija la escala; las tres cifras del coeficiente comunican el detalle numérico elegido.

En un caso hipotético, una fuerza de 9800 N presentada como $9{,}8 \times 10^{3}$ N comunica dos cifras. Si se presenta como $9{,}800 \times 10^{3}$ N, comunica cuatro. Ninguna escritura cambia por sí misma la fuerza que ocurrió: cambia la manera en que expresamos el resultado y lo que el lector puede interpretar sobre su detalle.

También puede elegirse un prefijo del Sistema Internacional. Un momento de 0,00320 N·m equivale a 3,20 mN·m. El prefijo simplifica la lectura, mientras el coeficiente conserva tres cifras.

No hay necesidad de convertir cada número pequeño en notación exponencial si una unidad adecuada lo expresa con claridad.

En archivos de datos aparece con frecuencia la letra E, como en 3,25E−4. Esa escritura representa la misma potencia de diez cuando el programa la interpreta numéricamente. Antes de operar hay que comprobar que el separador decimal y la notación del exponente son compatibles con la configuración utilizada. Si el valor queda como texto, una columna aparentemente numérica puede no participar en los cálculos.

El cero merece un tratamiento propio: no puede normalizarse mediante un coeficiente no nulo. Una expresión 0,000 m puede indicar un resultado presentado a milésimas, una referencia asignada o un valor muy pequeño redondeado. El significado depende del proceso y debe aclararse cuando esa distinción afecte la interpretación.

Los conteos y las equivalencias exactas no limitan igual que las medidas

No todos los números de una operación tienen incertidumbre de medición. Un conteo correctamente definido, una relación matemática o una equivalencia exacta de unidades pueden intervenir junto a datos medidos. Distinguir su origen evita reducir arbitrariamente el resultado por el número de caracteres con que se escribió una constante o un divisor.

Si se promedian cinco observaciones válidas, el número 5 es un conteo exacto dentro de ese conjunto. No posee «una sola cifra significativa» que obligue a informar la media con una cifra. La incertidumbre se relaciona con los valores observados y con la interpretación del promedio, no con escribir cinco en vez de 5,000.

La equivalencia de un metro con cien centímetros también es exacta. Convertir 1,235 m en 123,5 cm no crea incertidumbre adicional por el factor 100. Sí puede perderse información si se sustituye después el resultado por 124 cm para simplificar una tabla sin considerar para qué se utilizará.

Por el contrario, utilizar 9,81 m/s² como aproximación de la aceleración gravitatoria no implica que ese valor describa exactamente cualquier laboratorio. En un ejercicio escolar puede ser una constante adoptada del modelo. En un análisis que requiera otra precisión, hay que documentar la elección y su pertinencia. La condición de «constante utilizada» no equivale automáticamente a «número exacto».

Una operación de conteo puede tener problemas de definición aunque el número escrito sea entero. Contar doce apoyos requiere decidir qué constituye un apoyo y qué ocurre con un contacto incompleto. El conteo de los eventos identificados es exacto respecto a esa lista; la identificación de los eventos puede seguir siendo incierta.

La pregunta útil es, por tanto, de dónde procede cada entrada. Medida, conteo, definición, parámetro estimado y constante aproximada no deben mezclarse bajo una misma regla visual. Ese

inventario acompaña las ecuaciones y permite justificar el detalle final sin añadir ceros decorativos a las entradas exactas.

Redondear al valor más cercano y resolver los empates

Redondear al valor más cercano significa reemplazar un número por un valor de una escala definida, como centésimas o milésimas. Casi siempre hay una opción más próxima. Cuando el valor se encuentra exactamente a mitad de dos opciones aparece un empate, y necesitamos una convención explícita para decidir entre ambas.

A centésimas, 2,346 está más cerca de 2,35 que de 2,34; 2,343 está más cerca de 2,34. No hace falta una regla especial de empate. El valor 2,345, entendido como decimal exacto, sí queda en el punto medio. Una convención eleva el valor absoluto; otra elige la alternativa cuyo último dígito conservado es par.

La guía NIST SP 811 describe el empate al par: un 5 seguido exclusivamente de ceros deja el dígito anterior si es par y lo incrementa si es impar. Es una convención de redondeo, no una propiedad de la persona medida. Thompson y Taylor (2008, apéndice B.7.1).

Decimal exacto	A centésimas, empate al par	A centésimas, empate alejándose de cero
2,345	2,34	2,35
2,355	2,36	2,36
−2,345	−2,34	−2,35

El caso negativo ayuda a precisar el lenguaje. «Subir» es ambiguo: −2,35 es menor que −2,34 en la recta numérica, aunque su magnitud sea mayor. Resulta preferible nombrar la convención y usar un ejemplo con signo. En coordenadas o velocidades negativas, esa claridad evita mezclar dirección física con una decisión de formato.

Un número calculado por un programa puede estar muy cerca de un empate sin ser un empate decimal exacto. Las representaciones binarias no almacenan todos los decimales finitos de forma exacta. Antes de declarar que una herramienta «redondea mal», debemos conocer su función, el valor almacenado y la convención utilizada. Para casos ordinarios, documentar la política de presentación es más útil que corregir manualmente una última cifra.

Por qué redondear dos veces puede cambiar la respuesta

Una reducción provisional de dígitos puede situar el número justo en un punto de empate que no existía originalmente. Si después se vuelve a redondear, el resultado puede diferir del obtenido directamente. Este efecto permite comprender por qué las operaciones intermedias y la presentación final deben mantenerse separadas en un procedimiento reproducible.

Consideremos el número hipotético 1,2449 y la convención de empate alejándose de cero. Directamente a centésimas produce 1,24: el número está por debajo de 1,245. Si primero se presenta a milésimas, obtenemos 1,245; al usar ese resultado redondeado para una segunda reducción obtenemos 1,25. La diferencia procede del camino numérico, no del fenómeno observado.

No todos los valores muestran este efecto. Precisamente por eso puede pasar inadvertido al probar una hoja con unos pocos casos. Un procedimiento consistente no debe depender de que el ejemplo elegido sea favorable. Se calcula con el registro conservado y se aplica el redondeo de presentación al resultado que se desea informar.

Con la convención de empate al par pueden construirse otros casos. El decimal 1,2451 se redondea directamente a centésimas como 1,25. Si primero se reemplaza por 1,245, un nuevo redondeo al par lo convierte en 1,24. La política de empates cambia el caso concreto, pero no elimina la necesidad de evitar reducciones sucesivas innecesarias.

Los dígitos de guarda son posiciones adicionales retenidas durante las operaciones para reducir la pérdida deliberada de información. No se presentan necesariamente en la tabla final ni se interpretan como precisión experimental. Su función es numérica: permitir que la operación final se base en una aproximación suficientemente detallada de las entradas y de los resultados intermedios.

En una clase, este ejemplo puede resolverse con una recta numérica y después verificarse con una herramienta configurada. El interés pedagógico no reside en sorprender al alumno con una excepción, sino en mostrar que un informe y un archivo de cálculo cumplen funciones diferentes.

EDUFISICA · CIFRAS Y REDONDEO

Un redondeo intermedio puede crear un empate

Ejemplo hipotético con empate alejándose de cero en ambas etapas.



Dos caminos de presentación pueden terminar en números diferentes.

Conserva el valor disponible para calcular; aplica la política de presentación al resultado.

Ejemplo decimal hipotético original. Se declara la convención y se comparan operaciones, no cambios del movimiento. EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

El tamaño del paso de presentación permite acotar el redondeo

Una escala de presentación fija determina cuánto puede separarse el valor redondeado del número que representa. Esa separación es una propiedad de la operación numérica y puede calcularse sin un experimento. Su límite ayuda a escoger el detalle comunicado, siempre que no se confunda con todas las fuentes de incertidumbre de la medida.

Si redondeamos al múltiplo más cercano de un paso h, la magnitud de la diferencia no supera $h/2$, incluyendo el punto de empate. Para centésimas, $h=0{,}01$ y el límite es $0{,}005$. Si la variable está en metros, ese límite equivale a 5 mm; si está en segundos, equivale a 5 ms.

La expresión matemática es:

$$|x_r - x| \leq (h)/(2)$$

Aquí x representa el número antes del redondeo y x_r el número presentado. Este límite no es un intervalo de confianza ni una incertidumbre expandida del instrumento. Solo describe la reducción de información debida a esa operación, bajo la regla de redondeo al más cercano.

Truncar es diferente: elimina las posiciones posteriores sin elegir siempre la opción más cercana. Para un número positivo 2,349, truncar a centésimas produce 2,34; redondear produce 2,35. El

error de truncamiento puede acercarse a un paso completo. En valores negativos hay que distinguir truncamiento hacia cero de redondeo hacia menos infinito.

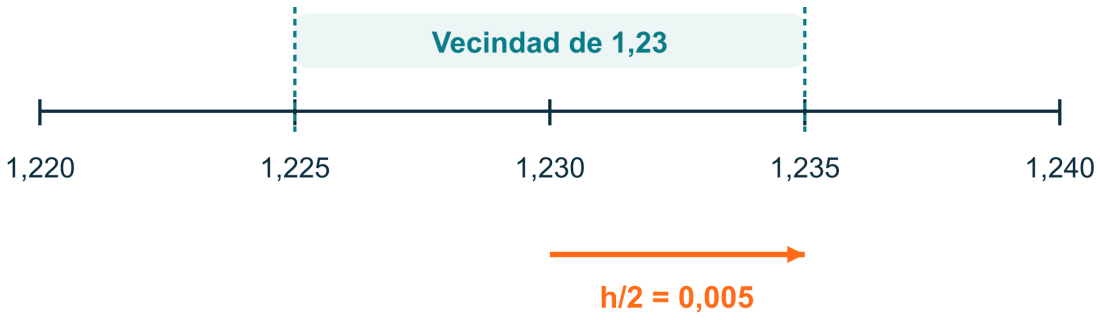
También puede calcularse una diferencia relativa de presentación, dividiendo la magnitud del cambio numérico entre el valor original no nulo. Esa razón depende de la escala del resultado. Redondear 0,0124 a 0,01 pierde una proporción mayor que redondear 12,0124 a 12,01. Mantener siempre dos decimales no mantiene siempre un detalle relativo comparable.

Cuando el valor original es cero, esa diferencia relativa no está definida mediante división por el original. Cuando está muy cerca de cero, puede ser enorme aunque la diferencia absoluta sea pequeña. En esos casos conviene interpretar el detalle en unidades físicas y según la pregunta planteada.

EDUFISICA · CIFRAS Y REDONDEO

El paso de presentación limita el redondeo

Recta numérica ideal. Los extremos de empate requieren la convención elegida.



Paso h = 0,01 · Diferencia de redondeo al cercano ≤ h/2

El límite numérico h/2 no es un intervalo de confianza ni toda la incertidumbre instrumental.

Geometría numérica propia para el límite de redondeo al cercano. Los empates siguen su convención; no es un intervalo de confianza.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Reglas escolares de sumas y productos: alcance y límites

Las reglas habituales de cifras significativas ofrecen una orientación rápida cuando solo conocemos cómo están escritas las entradas. En sumas se mira la posición decimal; en productos se mira el número de cifras. Son heurísticas de presentación y no sustituyen una evaluación de incertidumbre cuando disponemos de información más completa.

En una suma hipotética, 12,3 cm + 0,47 cm produce aritméticamente 12,77 cm. Si aplicamos la regla escolar de conservar la posición decimal menos detallada, presentamos 12,8 cm. La justificación depende de interpretar 12,3 como una entrada limitada a décimas. Si su incertidumbre real y su registro original son distintos, esa interpretación puede no ser suficiente.

Para un producto, 3,20 m × 2,1 m produce 6,72 m². La regla del menor número de cifras significativas propone 6,7 m². Las unidades también deben multiplicarse: escribir 6,7 m sería un error dimensional que ninguna política de redondeo corrige.

En una resta pueden quedar pocas cifras tras cancelarse valores cercanos. La diferencia 1,002 m − 1,000 m es 0,002 m. Conservar los dígitos de las entradas no significa que esa pequeña diferencia tenga un detalle relativo alto. Su interpretación depende de las incertidumbres y de posibles fuentes comunes entre ambos valores.

Si se conocen esas fuentes, resulta más informativo propagar su incertidumbre y elegir la presentación del resultado a partir de esa evaluación. Una entrada con muchas cifras pero incertidumbre considerable puede dominar el resultado; otra con pocas cifras escritas puede ser una cantidad exacta. La regla visual no identifica por sí sola esos casos.

Las reglas de operaciones aparecen en la introducción metrológica del libro de Pérez Ruiz y colaboradores. Aquí funcionan como punto de partida didáctico, junto a una distinción: contar dígitos no equivale a demostrar qué tan bien conocemos una magnitud. Pérez Ruiz et al. (2021, pp. 87-88). Para profundizar en esa evaluación puede consultarse errores e incertidumbre de medida.

Cambiar de unidad puede cambiar el número de cifras necesarias

Una conversión exacta modifica el valor numérico sin modificar la cantidad física. Por eso, copiar automáticamente el mismo número de cifras significativas a la unidad de destino puede introducir una pérdida distinta de información. Conviene examinar el paso de presentación y su efecto físico, en lugar de seguir únicamente el aspecto de los dígitos.

En un ejemplo hipotético, una longitud presentada como 3,00 ft se convierte mediante la equivalencia exacta del pie internacional: 1 ft = 0,3048 m. El resultado aritmético es 0,9144 m. Si la escritura inicial procede de redondear al centésimo de pie, su semipaso corresponde a 0,001524 m.

Presentar 0,91 m utiliza un paso de 0,01 m y puede introducir hasta 0,005 m de diferencia de redondeo, mayor que ese semipaso convertido. Presentar 0,914 m utiliza un paso de 0,001 m y reduce ese límite a 0,0005 m. La conversión no exige repetir mecánicamente «dos decimales» en ambas unidades.

Este razonamiento evalúa el detalle de representación y no afirma que el dato original estuviera conocido dentro de su semipaso. La medición podría tener otras fuentes de incertidumbre. Es una

condición útil para no perder innecesariamente la información numérica ya conservada, no una certificación de la calidad de la longitud.

El NIST recomienda considerar el error máximo de redondeo de los valores convertidos y el uso previsto al seleccionar los dígitos. Thompson y Taylor (2008, apéndice B.7.2). Aplicar ese principio a datos propios requiere conocer la unidad original, el factor y la política de presentación, en vez de convertir un número sin su contexto.

Si un archivo ya perdió los dígitos originales, cambiarlo a una unidad menor no los recupera. Una longitud presentada como 0,91 m puede convertirse aritméticamente en 910 mm; añadir 910,000 mm no genera un registro con resolución micrométrica. Cambiar de escala y aumentar información son operaciones distintas.

Presentar un resultado junto a su incertidumbre

Cuando existe una evaluación de incertidumbre, el detalle del resultado puede organizarse a partir de ella. La presentación debe permitir leer juntos el valor central, la cantidad que lo acompaña y su significado. También debe explicar si se informa incertidumbre estándar, expandida u otra medida estadística, porque el símbolo más menos no identifica esa elección.

Supongamos un resultado hipotético de 12,3478 N con incertidumbre estándar evaluada de 0,0837 N. Una política que conserva dos cifras significativas en la incertidumbre produce 0,084 N. El valor central se presenta en la misma posición decimal: 12,348 N. La escritura resultante puede ser «12,348 N; incertidumbre estándar 0,084 N».

Elegir dos cifras para ese ejemplo es una política de comunicación, no una ley que haga falsos todos los informes con otra elección. Una incertidumbre redondeada demasiado groseramente puede dificultar operaciones posteriores; una lista excesiva de dígitos puede sugerir un detalle injustificado. El informe puede conservar valores más completos en un archivo auxiliar y usar un resumen legible en la tabla.

La discusión metodológica de Hopkins y colaboradores propone ajustar el detalle del valor central al de su medida de variabilidad o incertidumbre, en lugar de comunicar todos los dígitos disponibles. Su propuesta se presenta en una carta sobre información estadística deportiva, no como validación de un instrumento ni como regla universal de adquisición. Hopkins et al. (2011, p. 867).

No conviene intercambiar etiquetas para aprovechar una misma apariencia. La desviación estándar de resultados entre estudiantes describe dispersión de ese grupo; el error estándar de una media se refiere a otra estimación; la incertidumbre de una medición tiene su propio procedimiento. Todos pueden acompañar un número, pero requieren nombres y condiciones diferentes.

Si se utiliza una incertidumbre expandida, el informe debe conservar también el factor de cobertura y el alcance que se le atribuye. Redondear el número central no convierte un intervalo

en una probabilidad del 95 %. La presentación tiene que seguir la evaluación realizada, y no agregar una interpretación estadística que el procedimiento no permite.

Medias, dispersión y porcentajes necesitan una presentación coherente

Un resumen estadístico puede contener más detalle aritmético que cada observación porque combina varios registros. Ese resultado no debe tratarse como si fuera una nueva lectura directa de un instrumento. Antes de elegir decimales necesitamos identificar qué se resume, cuántas observaciones intervienen y qué variación se pretende comunicar al lector.

Tomemos tres números hipotéticos: 10,12; 10,13 y 10,14. Su media es 10,13 y su desviación estándar muestral es 0,01. Si, bajo un modelo adecuado de observaciones independientes, calculamos el error estándar de la media como $s/\sqrt{n}$, obtenemos aproximadamente 0,00577. Los dígitos adicionales proceden de una operación sobre la muestra.

Una presentación «media 10,130; error estándar 0,006» comunica una elección distinta de «media 10,13; desviación estándar 0,01». No son dos versiones equivalentes de la misma información: acompañan la media con cantidades diferentes. La precisión del formato no permite omitir esa diferencia conceptual.

En un porcentaje de participantes, el conteo original debe permanecer visible cuando resulte relevante. Nueve respuestas de doce representan el 75 %. No hace falta escribir 75,000000 %. Si fueran diez de doce, la proporción sería 83,333… %, y podríamos presentar 83,3 % junto con 10/12. Así el lector conoce la base del porcentaje sin atribuir al decimal una observación adicional.

La consistencia tampoco exige que todas las columnas tengan idénticos decimales. Una columna de tiempos, una de fuerzas y otra de porcentajes pueden necesitar políticas diferentes. Dentro de una columna homogénea, un formato uniforme facilita comparar. Entre variables diferentes, lo decisivo es que cada representación conserve el detalle pertinente y su unidad.

Si una tabla resume estudiantes, sesiones o participantes, un cero decimal no convierte a las personas en fracciones. Se puede informar una media de 12,5 repeticiones en un grupo aunque ningún estudiante haya hecho media repetición según el criterio de conteo. El resumen es una propiedad aritmética del conjunto; hay que interpretarlo como tal.

Un brazo de momento pequeño puede perder información al redondear pronto

En un momento de fuerza intervienen una fuerza y una distancia perpendicular al eje. Si esa distancia es pequeña, una reducción temprana de sus decimales puede alterar notablemente el producto. El ejemplo permite ver por qué un dato intermedio merece conservarse aunque el informe final utilice una representación numérica más breve.

Para un modelo plano hipotético, adoptemos una fuerza de 400,0 N y un brazo perpendicular de 0,0370 m. La magnitud del momento es:

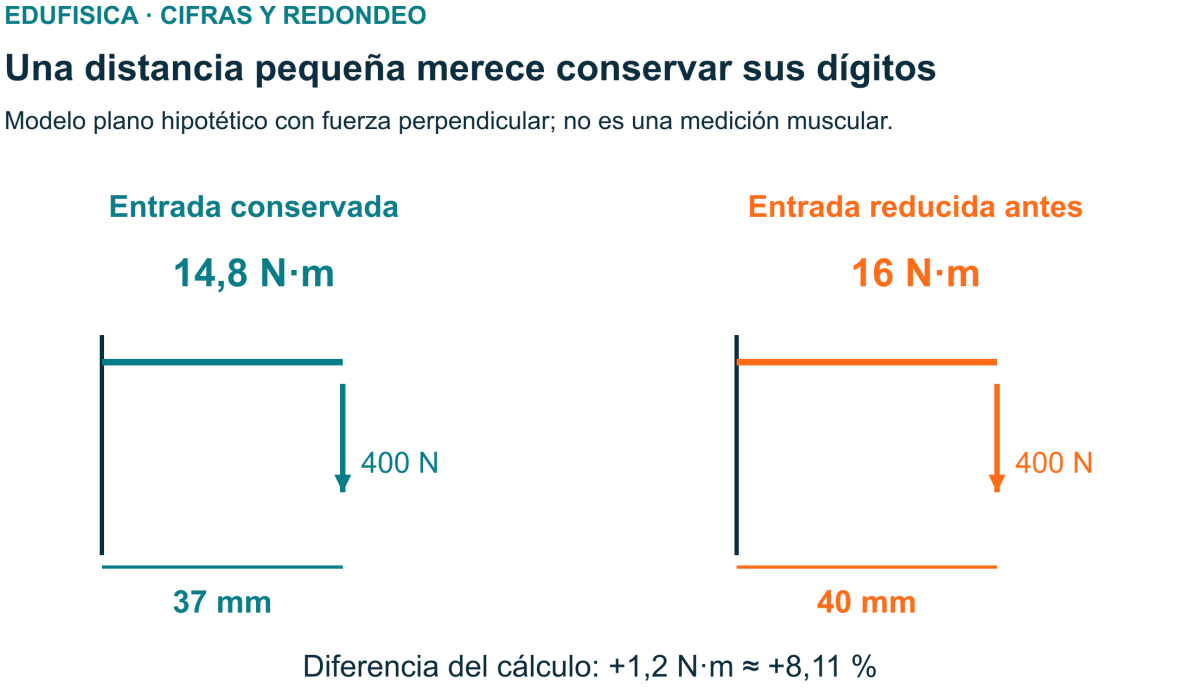
$$M = F d_{\perp} = 400{,}0\ \mathrm{N} \times 0{,}0370\ \mathrm{m} = 14{,}8000\ \mathrm{N\,m}$$

Una presentación de tres cifras significativas sería 14,8 N·m bajo la regla escolar del producto. Si antes se reemplaza el brazo por 0,04 m, el producto pasa a 16 N·m. La diferencia aritmética es 1,2 N·m, aproximadamente el 8,11 % del producto conservado. No representa un cambio en la fuerza ni una adaptación del músculo: procede de reemplazar una entrada.

Para decidir el detalle físico del resultado harían falta las incertidumbres de fuerza y distancia. No basta con el ejemplo para afirmar que un laboratorio distingue momentos separados por 0,1 N·m. El cálculo demuestra la pérdida introducida por un redondeo temprano y permite justificar conservar la entrada original.

También debemos confirmar que el valor utilizado sea el brazo perpendicular. Una distancia medida hasta la inserción o hasta el punto de aplicación puede ser mayor y necesitar un factor angular. Presentarla con muchos decimales no la convierte en la distancia correcta. La explicación de torque, brazo de momento y coplanaridad desarrolla esa diferencia geométrica.

En un informe se pueden mostrar 0,0370 m en la tabla de entradas, conservar su registro original y presentar el momento final según una política explícita. Esa separación ofrece al lector la posibilidad de verificar la operación sin confundir los dígitos de guarda con una afirmación de exactitud muscular.



Modelo mecánico hipotético original y geometría proporcional. Se compara la pérdida por redondeo de una entrada, sin atribuir fuerzas internas reales.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Redondear posiciones antes de calcular velocidad puede borrar el movimiento

La velocidad calculada mediante diferencias depende de cambios entre posiciones, no únicamente del tamaño absoluto de cada posición. Si esos cambios son pequeños respecto al paso de presentación, el redondeo puede borrarlos. Por ello, una tabla agradable a la vista no siempre es una entrada adecuada para calcular derivadas numéricas.

En un modelo hipotético, dos posiciones son 1,000 m y 1,004 m, separadas por 0,020 s. Su diferencia es 0,004 m y la velocidad media del intervalo es 0,200 m/s. Al presentar ambas posiciones a centésimas aparecen como 1,00 m y 1,00 m. Si calculamos a partir de la tabla presentada, obtenemos cero.

El intervalo contiene desplazamiento en el modelo inicial, pero la representación reducida no lo conserva. Esto explica por qué es preferible calcular a partir de los registros disponibles y redondear después la velocidad informada. La tabla resumida sirve para leer; el archivo numérico sirve para operar y debe conservar el detalle pertinente.

Además, dividir entre un intervalo pequeño puede amplificar diferencias de redondeo de las posiciones. Para un cociente $v=\Delta x/\Delta t$, una alteración de 0,001 m en la diferencia produce 0,05

m/s si el intervalo es 0,020 s. No se trata de una afirmación sobre un equipo real: es la sensibilidad aritmética de esa relación.

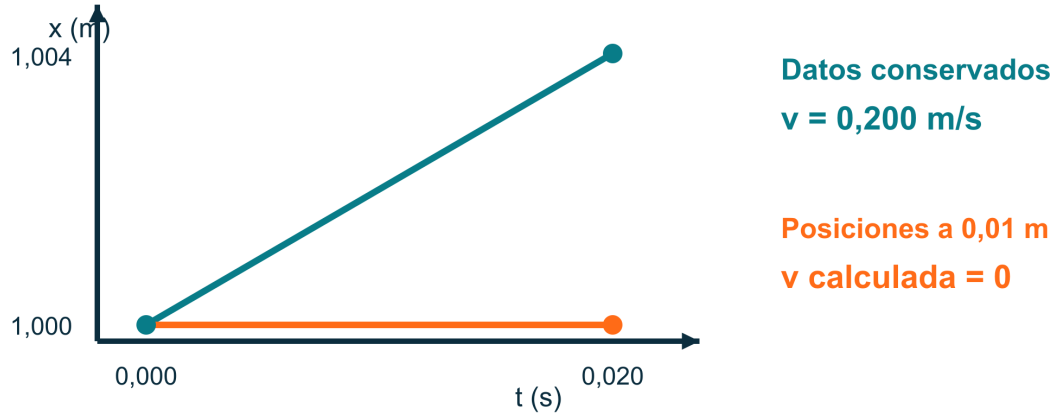
Las aceleraciones calculadas con diferencias sucesivas añaden otra operación sensible. El remedio no es agregar decimales inventados ni suavizar una curva hasta que resulte bonita. Primero se revisan la adquisición, las unidades, la frecuencia temporal, el criterio de diferenciación y el procesamiento aplicado.

Al enseñar estos cálculos conviene conservar una columna de posiciones originales y otra de posiciones presentadas. Comparar ambas velocidades hace visible una decisión que suele quedar escondida. También permite discutir que una curva calculada a partir de datos insuficientes puede producir resultados precisos en apariencia y limitados en su significado.

EDUFISICA · CIFRAS Y REDONDEO

Una tabla redondeada puede ocultar el desplazamiento

Dos posiciones hipotéticas separadas por 20 ms; se compara el mismo intervalo.



El formato de la tabla puede borrar una diferencia usada por el cálculo.

Gráfico propio de dos puntos y sus segmentos. No representa una trayectoria experimental.

Modelo de diferencias finitas original con datos hipotéticos. Dos puntos definidos, sin simular trayectoria medida. EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Una clasificación no debería depender accidentalmente de la cifra mostrada

Una regla de clasificación utiliza un criterio definido, mientras una tabla utiliza un formato de presentación. Si el criterio se aplica al número ya redondeado, algunos registros pueden cambiar de categoría por esa operación. Separar ambos niveles permite revisar cuándo se decidió el resultado y qué valor se utilizó para hacerlo.

Imaginemos una actividad matemática hipotética con un umbral de 10,00 unidades y un valor almacenado de 9,996. A centésimas aparece 10,00. Si la regla pregunta si el valor almacenado es mayor o igual que 10,00, la respuesta es negativa; si se aplica al número presentado, resulta positiva. La discrepancia no se resuelve agregando un decimal al azar.

Debe definirse de antemano si el criterio utiliza el registro disponible, una magnitud corregida o una escala oficial de presentación. También hay que considerar la incertidumbre cuando la decisión se aproxima al umbral. En una medición humana, un número cercano al límite no adquiere certeza por mostrar cuatro decimales.

Este ejemplo no propone umbrales médicos, deportivos ni de calificación. Describe un problema lógico que puede aparecer en distintos usos de datos. Los criterios reales deben justificarse según su contexto y no deducirse de una fórmula de redondeo.

En educación, reducir un desempeño complejo a un límite numérico puede omitir calidad de ejecución, condiciones de aprendizaje y apoyos utilizados. La revisión de interpretación de pruebas motrices ayuda a situar qué permiten conocer esas mediciones. Una diferencia de formato no debe presentarse como prueba suficiente de mejora o dificultad.

Si un informe muestra categorías junto con cifras, conviene conservar la regla exacta y el resultado utilizado. Así se puede reproducir la clasificación, explicar casos próximos al límite y corregir errores de implementación sin alterar silenciosamente los criterios después de conocer los resultados.

Organizar el archivo de datos y el informe final

Un flujo numérico transparente conserva el origen de las entradas, las operaciones realizadas y la política de presentación. Esa organización permite reducir decimales en el informe sin destruir los registros que respaldan el resultado. También facilita revisar una cifra cuando aparecen discrepancias entre una tabla, una gráfica y una descripción escrita.

La tabla de adquisición debe identificar variable, unidad, instrumento o procedimiento y momento del registro. Si existe un dato bruto exportado, se conserva como referencia. Las correcciones, transformaciones y exclusiones van en etapas documentadas, de modo que el archivo final no sea una mezcla de lecturas originales y valores modificados sin identificación.

Una columna de cálculo puede mantener el detalle disponible, mientras una columna de presentación aplica la política elegida. Cambiar el formato visible de una celda y reemplazar su valor mediante una operación de redondeo son acciones diferentes. La primera puede conservar los datos de cálculo; la segunda produce un nuevo número que puede afectar operaciones posteriores.

Es útil escribir una regla breve por tipo de resultado: unidad elegida, número de posiciones o cifras, convención de empates y significado de la variabilidad presentada. Si se requiere una política distinta para valores muy pequeños, debe quedar descrita y aplicada coherentemente.

Las gráficas necesitan una revisión equivalente. Un eje con demasiadas posiciones puede dificultar la lectura; uno demasiado grosero puede ocultar diferencias. La escala gráfica y el formato de sus rótulos deben permitir entender la magnitud, sin simular detalle mediante marcas que los datos no sostienen.

Finalmente, una corrección de presentación no debería cambiar cifras del resumen de forma aislada. Si se modifica la política de redondeo, se revisan tablas, texto y pies de figura que dependan de ella. La coherencia del informe ayuda a distinguir una diferencia física de una diferencia editorial.

Una práctica docente para justificar las cifras utilizadas

Una práctica de redondeo gana sentido cuando el estudiante explica qué información conserva y qué información pierde. Puede comenzar con números hipotéticos para aislar el problema matemático y continuar con un registro sencillo de aula. La finalidad es comprender decisiones numéricas, sin convertir la cantidad de decimales en un criterio de desempeño corporal.

La propuesta siguiente es didáctica e hipotética. El docente entrega una tabla con longitud, tiempo y fuerza, incluye unidades y explica qué entradas son medidas y cuáles se han definido como exactas. Los estudiantes elaboran una versión de cálculo y otra de presentación, manteniendo ambas disponibles para comparación.

Una primera tarea transforma 0,00470 m en milímetros y pide distinguir posiciones decimales de cifras significativas. Otra calcula el producto de 400,0 N por 0,0370 m sin reducir las entradas. Después se repite con 0,04 m y se explica la diferencia obtenida. El objetivo es reconocer el origen numérico de un cambio, no memorizar una lista de respuestas.

La tercera tarea utiliza las posiciones 1,000 m y 1,004 m del ejemplo cinemático. Cada grupo muestra qué ocurre al calcular antes o después de presentar a centésimas. Debe informar el intervalo temporal, definir el signo del desplazamiento y conservar las unidades. Así el redondeo se integra con el razonamiento físico.

Para estudiantes que necesitan apoyos visuales puede utilizarse una recta numérica ampliada y destacar con color la posición que se conserva. Quienes requieren un desafío adicional pueden comparar las dos convenciones de empate o construir un ejemplo de redondeo doble. La adaptación cambia el acceso a la tarea, manteniendo la explicación del procedimiento como criterio común.

La evaluación puede observar si el estudiante identifica el origen de las entradas, conserva unidades, diferencia dato y presentación, explica una pérdida numérica y justifica la política utilizada. Corregir únicamente la última cifra ofrece menos información sobre el aprendizaje que revisar ese razonamiento.

Preguntas frecuentes sobre cifras significativas en biomecánica

Las dudas más frecuentes mezclan tres planos: la precisión experimental, la operación matemática y el formato del informe. Separarlos permite responder sin imponer un número universal de decimales. Cada respuesta debe relacionar la escritura numérica con el origen de los datos y con el uso que tendrá el resultado comunicado.

¿Más decimales significa mayor precisión de medición?

No por sí solo. Los decimales pueden proceder de una operación o de un formato de exportación. Para describir la precisión de medición hacen falta condiciones de repetición y medidas de dispersión pertinentes. La escritura numérica informa cómo se presenta el valor; no demuestra la calidad de la adquisición.

¿Cuándo debo redondear un cálculo biomecánico?

Conviene conservar el detalle disponible durante las operaciones y aplicar la política de presentación al resultado final. Si una etapa necesita una reducción numérica por razones específicas, debe quedar documentada. Redondear sucesivamente puede producir una respuesta distinta de redondear directamente el valor conservado.

¿Debo usar siempre dos cifras en la incertidumbre?

Es una política frecuente de comunicación, no una regla universal de adquisición. El detalle debe ser suficiente para interpretar el resultado y permitir los usos previstos. También hay que identificar qué representa la cantidad informada: incertidumbre estándar, expandida, desviación estándar u otra medida.

¿Las conversiones exactas añaden incertidumbre?

Una equivalencia exacta no añade incertidumbre por sí misma. La incertidumbre de la entrada se transforma con el factor correspondiente, y el redondeo posterior puede perder información numérica. Cambiar a una unidad menor y añadir ceros no mejora un registro que ya fue presentado con menos detalle.

¿Cómo se redondea un valor negativo que termina en cinco?

Hay que indicar la convención y confirmar que sea un empate exacto. Al par, −2,345 a centésimas produce −2,34. Con empate alejándose de cero produce −2,35. Nombrar la política evita confundir aumentar la magnitud con desplazarse hacia números mayores en la recta.

Referencias

1. Pérez Ruiz, O. A., Villegas Sáez, A. F., & Feito Gácita, A. (2021). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Editorial Universitaria. Consulta selectiva de pp. 85-88. Ficha bibliográfica.

2. Thompson, A., & Taylor, B. N. (2008). *Guide for the use of the International System of Units (SI)* (NIST Special Publication 811). National Institute of Standards and Technology. Apéndices B.7.1-B.7.2 y equivalencia del pie internacional. Texto oficial.

3. Hopkins, W. G., Batterham, A. M., Pyne, D. B., & Impellizzeri, F. M. (2011). Misplaced decimal places. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 21*(6), 867-868. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01393.x. Carta metodológica.