

Departamento de Física

Guía de Trabajos Prácticos

2022

Marco general de la Enseñanza de la Física en el Colegio

En el Colegio Nacional de Buenos Aires se aborda la enseñanza de Física teniendo en cuenta que el "saber" a enseñar en la escuela no es, en modo alguno, el resultado de una aplicación mecánica de los elementos que constituyen la disciplina científica sino una nueva construcción, resultante de conjugar aspectos psicopedagógicos, sociológicos y epistemológicos.

Los propósitos de la enseñanza de Física van más allá de lo formal. A partir del modo de aprendizaje de los jóvenes del Colegio, se pretende que los alumnos: adquieran conocimientos que los preparen para elecciones sociales y éticas, que puedan vincular los temas con otros campos, que puedan comprender que la Física es un elemento de la cultura que intenta mostrar que el universo puede ser inteligible, que el cuerpo de conocimientos de la Física está abierto y en continua construcción, que puedan acercarse a contenidos actuales que les permitan una posterior profundización. Además se pretende que aquellos alumnos que tienen una vocación en campos relacionados con la Física tengan un escenario que favorezca su desarrollo.

La Física produce conocimientos rigurosos contrastados experimentalmente y vinculados entre sí. Estos vínculos se establecen entre conceptos, leyes y principios, configurando así cuerpos coherentes de conocimiento. La enseñanza entonces, no puede centrarse en la exposición de contenidos disciplinarios ni formulaciones rígidas de un supuesto "método científico", único e invariable. Debe adoptar una visión en la que el conocimiento científico combine el carácter sistemático y riguroso de los procedimientos, con la flexibilidad intelectual. Debe fomentar además el desarrollo de la capacidad para plantear las preguntas adecuadas y de buscar explicaciones no convencionales.

También se promueve desde la enseñanza de Física el desarrollo de habilidades y capacidades para comprender y producir textos. Para interpretar, comprender y explicar el mundo físico usando conceptos, teorías y modelos, identificar, analizar y resolver problemas. Para tomar conciencia de los aprendizajes logrados, para relacionarse y trabajar con otros, y para ejercer el juicio crítico. Estas herramientas son válidas para el desempeño en muchas disciplinas y también en muchas profesiones.

Por último, a partir de los contenidos específicos de Física incorporados en los espacios curriculares de segundo a quinto año y especialmente en el sexto año de las Orientaciones Exacta y Biológica, se persigue como objetivo facilitar a los egresados del Colegio la continuidad de sus estudios en Institutos Terciarios o Universitarios de neto corte científico.

Criterios generales para la realización de los Trabajos Prácticos de Física

Consideraciones iniciales

Uno de los propósitos de la enseñanza de la Física en el Colegio Nacional de Buenos Aires es el de brindar a los alumnos elementos para la planificación y desarrollo de métodos experimentales que den respuesta a un problema planteado de este campo, así como también desarrollar un conjunto de habilidades motoras y cognitivas entre las que se destacan la realización de observaciones, manipulación de instrumentos, mediciones, tratamiento de datos, obtención y comunicación de resultados y conclusiones en el marco de las teorías y la información preexistentes.

Las actividades de laboratorio persiguen como objetivo generar en los alumnos actitudes y formas de razonamiento afines a la investigación científica así como también favorecer la comprensión de elementos conceptuales y metodológicos propios de las ciencias.

Los Trabajos Prácticos obligatorios consisten en una serie de actividades que los alumnos deben realizar durante el año lectivo, en las cuales se enfatizan los contenidos procedimentales, y se articulan con otras actividades que realizan en el desarrollo de las clases.

Las actividades relacionadas con la experimentación, el proceso de construcción de conocimientos y la comunicación de los resultados y conclusiones prevén y suponen un trabajo grupal por parte de los alumnos, ya que esto favorece la solidaridad, la cooperación y diversas modalidades de trabajo colectivo.

En base a los fines pedagógicos en la enseñanza de la Física antes expuestos, todos los Trabajos Prácticos obligatorios de Física se organizan en cuatro fases:

- a) **Fase de identificación del problema y diseño experimental del Trabajo Práctico:** el eje central de esta fase es la delimitación del campo de investigación correspondiente al Trabajo Práctico. Esto se lleva a cabo a través de la formulación de un conjunto de preguntas, discusiones y explicaciones, coordinadas por el docente del curso en la clase, que orientan el planteo de hipótesis, la selección de variables involucradas, de los instrumentos y técnicas de medición y el diseño de los montajes necesarios. Todos estos elementos se encuentran señalados en la guía del Trabajo Práctico que los alumnos deben conocer al realizar la fase experimental.
- b) **Fase experimental del Trabajo Práctico:** es la fase en que los alumnos llevan a cabo, en pequeños grupos, el diseño analizado y discutido en la fase anterior. Para ello deben realizar el montaje del dispositivo experimental requerido, poner en práctica las técnicas y procedimientos necesarios, analizar los conceptos involucrados, llevar a cabo las observaciones, las mediciones necesarias y el registro de los datos.
- c) **Fase de procesamiento de datos y elaboración del informe del Trabajo Práctico:** las actividades centrales de esta fase son el análisis de datos, su interpretación y discusión de los resultados obtenidos por parte del grupo. De este modo se tiende a evitar la formulación de generalizaciones acríticas y se estimula el análisis comparativo de las conclusiones parciales que se obtienen y su relación con modelos o teorías explicativas más amplias. Por otro lado se promueve la elección y análisis de distintos recursos para facilitar los procesos de recolección de la información, confrontación de ideas y de comunicación de resultados. La presentación escrita que deben realizar los alumnos al término del Trabajo Práctico responde a las pautas establecidas para la redacción de los informes científicos. Para enriquecer esta etapa del Trabajo Práctico, los alumnos disponen cinco días hábiles durante los cuales podrán realizar las consultas necesarias a los auxiliares docentes y el profesor a cargo del curso.
- d) **Fase de evaluación individual del Trabajo Práctico:** esta fase tiene como propósito generar una valoración completa del aprendizaje de los alumnos y calificar su rendimiento de manera individual.

Pautas para la realización de los informes de los Trabajos Prácticos

El propósito del informe es comunicar al resto de la comunidad (docentes, compañeros) el trabajo realizado. La redacción debe ayudar a que esa comunicación sea lo más efectiva posible.

Un buen informe debe ser:

- ✓ Claro y conciso: oraciones cortas, evitando descripciones vagas o ambiguas. El uso del vocabulario específico debe ser cuidadoso y preciso.
- ✓ Breve: tanto como sea posible.
- ✓ Completo: proporcionando al lector toda la información necesaria para que comprenda el trabajo.

Presentación del informe:

- ✓ Los informes se presentan en hoja oficio, carta o A4 sin abrochar, manteniendo uniformidad en la escritura (a máquina o manuscrita) y prolijidad, en un folio o carpeta contenedora.
- ✓ Cada informe tendrá una carátula, que puede adquirirse en Mayordomía o descargarse de la página del Departamento de Física.
- ✓ Con el fin de favorecer los procesos de reflexión de los alumnos acerca de las fortalezas y debilidades en los Trabajos Prácticos, así como el grado de avance en la comunicación escrita, a través de los diferentes momentos, cada informe de Trabajo Práctico se presentará en una carpeta que contendrá el informe actual y los anteriores. Esta colección de los Trabajos Prácticos constituye un portafolio donde se exhiben los esfuerzos, progresos, y logros del grupo a lo largo del ciclo lectivo.

Estructura del informe:

La estructura interna del informe es una adaptación de la usualmente empleada en publicaciones técnicas y científicas. Proponemos dividir el informe en las siguientes secciones:

- ✓ **Introducción:** se establece el tema a tratar y se enuncia el propósito u objetivo del trabajo práctico. Se incluye, de ser necesario, el fundamento teórico correspondiente, es decir, aquellos conocimientos previos, conceptos o ecuaciones, que se requieran para la fundamentación del análisis de los resultados.
- ✓ **Procedimiento Experimental:** consiste en una descripción del diseño experimental y los pasos seguidos para tomar las mediciones. Para mayor claridad se incluyen esquemas mostrando las características más importantes del arreglo experimental.
Es importante mencionar qué instrumentos de medición se usaron y dar sus características (alcance, precisión, etc.). Se deben analizar también las fuentes de incerteza propias del experimento y explicar los criterios adoptados para estimarlas en cada magnitud medida.
- ✓ **Resultados y Análisis:** en esta sección -una de las más importantes del informe- como lo indica su título se presentan los resultados obtenidos y se los analiza.
Para presentar los resultados de forma compacta y ordenada generalmente se los organiza en tablas. El análisis comienza por la observación de los datos volcados en las tablas en busca de tendencias o regularidades -por ejemplo una regularidad posible sería que siempre que una variable aumenta su valor la otra disminuya; también podría darse el caso que nuestros datos no presenten regularidades aparentes, o que al variar una magnitud la otra permanezca constante.
Para visualizar dichas regularidades (o su ausencia), habitualmente se realiza una representación gráfica de los resultados en la búsqueda de dependencias entre variables. El análisis de los gráficos suele incluir entonces en primera instancia una descripción de lo que el gráfico nos permite decir

respecto de los datos –“los puntos se encuentran razonablemente alineados”; o bien, “los datos presentan una gran dispersión, no observándose una tendencia definida”, etc.

Un segundo paso en el análisis de los gráficos sería, en aquellos casos en que los datos lo permiten, la aproximación de las mediciones por alguna función matemática propuesta y el cálculo de parámetros propios de esa función matemática (por ejemplo, si los puntos estuvieran razonablemente alineados puede proponerse una aproximación lineal mediante rectas de máxima y mínima pendiente, obteniéndose así el valor de la pendiente promedio y su incerteza).

Respecto de la presentación de los *Gráficos, Tablas y Figuras*:

- *Pie de Figuras, Tablas y Gráficos*: las figuras, tablas y gráficos deben estar numerados (Figura I, Tabla I, Tabla II, Gráfico I, etc.) e incluir una descripción. El propósito es que las figuras, tablas y gráficos sean autoexplicativos e independientes del resto del texto, es decir que deben contener la información necesaria para que el lector del informe entienda de qué se trata sin necesidad de recurrir al texto.
 - *Tablas*: el encabezado de cada tabla debe especificar la magnitud y su unidad de medida. Cada magnitud debe ir acompañada de su incerteza, la cual determina las cifras significativas de la magnitud en cuestión.
 - *Gráficos*: deben ser realizados con prolijidad. Se usarán hojas milimetradas y sólo se hará un gráfico por hoja. Se deben elegir escalas adecuadas que deben explicitarse en el mismo gráfico. Por escala adecuada entendemos aquella que permita utilizar la mayoría del área disponible de la hoja milimetrada, tanto vertical como horizontalmente. Los ejes deben estar divididos en intervalos regulares. El punto a representar se marca en el gráfico sin especificar su valor numérico ni en el eje de abscisas ni en el de ordenadas. Recordar que en cada eje se representa una magnitud, por lo cual debe indicarse cuál es y su respectiva unidad.
- ✓ **Conclusiones**: en esta sección se derivan conclusiones partiendo de los datos experimentales y de su análisis. Al redactarla se deben explicitar los razonamientos que llevan desde el análisis realizado en la sección anterior a las conclusiones.

Es importante no perder de vista que el experimento siempre tiene un objetivo, busca responder alguna pregunta. En las conclusiones se retoma esta pregunta original, que fue plantada en la Introducción, y se analiza hasta dónde el experimento realizado nos permite contestarla.

Puede suceder que luego de analizar los datos concluyamos que éstos no permiten responder a dicha pregunta. En estos casos, en la sección Conclusiones se analizan las causas por las cuales el experimento no resultó útil y se intenta proponer alternativas (por ejemplo, una modificación en el diseño experimental, o la medición de alguna variable que no habíamos considerado relevante en primera instancia).

La Guía de cada Trabajo Práctico está pensada para servir a los alumnos de ayuda durante la realización del trabajo experimental: no es un informe del Trabajo Práctico. **La Guía sólo contiene una explicación del diseño experimental, los pasos a seguir para tomar las mediciones, así como también una serie de sugerencias acerca de cómo procesar y analizar los datos obtenidos.** El informe del trabajo práctico para su elaboración debe basarse en la estructura interna que se describió anteriormente.

ANEXO II – Acerca del proceso de medición

¿Qué es medir?

Medir implica comparar una cantidad de una magnitud con otra cantidad de la misma magnitud fijada arbitrariamente como unidad.

Por ejemplo, medir una distancia significa establecer el número de veces que la cantidad considerada como unidad de longitud (metro, centímetro, pulgada, etc.) está contenida en dicha distancia. Surge así un número adimensionado que recibe el nombre de medida de dicha cantidad.

El valor de la cantidad es un número dimensionado que se obtiene indicando, a continuación de la medida, la unidad utilizada.

$$\text{valor de la cantidad} = \text{medida} \times \text{unidad}$$

Sin embargo, **el valor de una medición es necesariamente un intervalo y no un valor exacto**, ya que el primero es una magnitud que representa a un ente real en tanto que el segundo es un ente abstracto (un número o un punto de longitud nula en la recta numérica).

Podemos medir, por ejemplo, la carga del electrón con una incerteza tanto menor cuanto mejor sea el método y el instrumental que empleamos para hacerlo, pero en ningún caso podremos medir la “verdadera” carga del electrón sin incerteza. Más aún, si una misma cantidad es medida repetidas veces, utilizando el mismo instrumental y el mismo método, a pesar del cuidado que se ponga al hacerlo, es posible que se obtenga una serie de números no idénticos entre sí.

Como consecuencia de esto podemos decir que el concepto de “valor verdadero” de una medición no tiene sentido físico.

Por lo tanto, **el resultado de una medición consta de tres partes: la medida de la cantidad (el valor representativo de la medición), la incerteza que la afecta, y la unidad en que ambas están expresadas.**

La incerteza define entonces un intervalo centrado en el valor representativo dentro del cual se encuentra el valor de la cantidad.

La incerteza con la que hemos trabajado hasta ahora es llamada **incerteza absoluta** de la medición y se simboliza con la letra ε . Es posible definir también la **incerteza relativa** de la medición, que se simboliza con la letra e , como el cociente entre la incerteza absoluta y el valor representativo x . Por tratarse de un cociente entre valores expresados en las mismas unidades la incerteza relativa resulta adimensional:

$$e_{\text{medición}} = \frac{\varepsilon_{\text{medición}}}{x}$$

Por tratarse de un número adimensional, la incerteza relativa permite comparar la precisión de mediciones de distintas magnitudes.

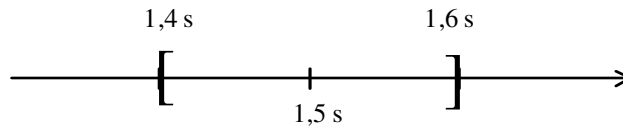
En muchos casos es más cómodo expresar la **incerteza relativa en forma porcentual** para lo cual simplemente se multiplica la incerteza relativa por 100 y de esa manera sabemos el porcentaje de esta incerteza con respecto al valor de la medición.

Supongamos, para ejemplificar, que medimos el período de un péndulo simple y obtenemos el siguiente resultado:

$$T_1 = (1,5 \pm 0,1)s$$

$$\text{En este caso, } \varepsilon_{T_1} = 0,1s, e_{T_1} = \frac{0,1s}{1,5s} = 0,07, e\% = 7\% .$$

Gráficamente podemos representar este resultado de la siguiente manera:

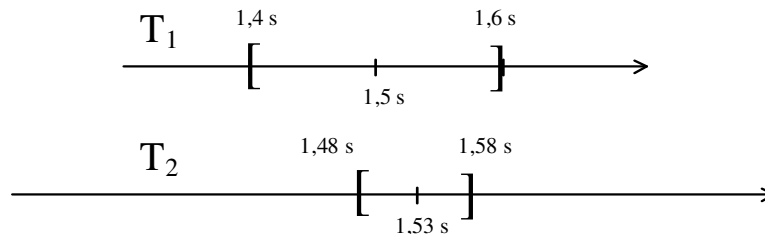


El valor de la cantidad se encuentra comprendido entre 1,4 s y 1,6 s, lo que implica que cualquier número incluido en este intervalo representa igualmente bien al período del péndulo.

Si ahora se dispone de otras dos mediciones del período del mismo péndulo,

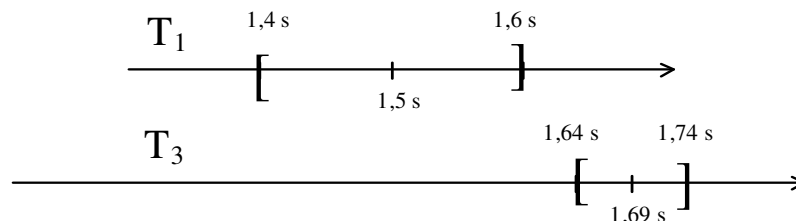
$$T_2 = (1,53 \pm 0,05)s \quad ; \quad T_3 = (1,69 \pm 0,05)s$$

y graficamos T_2 junto con T_1 utilizando la misma escala:



Como los intervalos de indeterminación tienen puntos comunes consideraremos que T_1 y T_2 representan mediciones de la misma cantidad.

En el caso de T_3 ,



como los intervalos de indeterminación no tienen puntos comunes no se puede asegurar si T_3 corresponde o no a la medición del mismo período.

Tomaremos como criterio que dos medidas son iguales si los intervalos de indeterminación tienen más de un punto en común.

Mediciones directas e indirectas

- ❖ **Medición directa:** se denomina así a la operación de lectura de un instrumento aplicado a medir determinada cantidad de una magnitud. Por ejemplo cuando se determina una distancia utilizando una cinta métrica, la masa de un cuerpo con una balanza, la intensidad de una corriente con un amperímetro, etc.
- ❖ **Medición indirecta:** no siempre es posible realizar la medición directa de la cantidad deseada. En muchos casos se miden otras cantidades en forma directa y luego mediante una expresión matemática adecuada se calcula la cantidad deseada. Una medición indirecta involucra siempre al menos una medición directa en el proceso de su obtención. Por ejemplo la medición indirecta del volumen de una esfera a partir de la medición directa de su diámetro o la superficie de un triángulo a partir de la medición directa de la base y de la altura.

¿Cómo estimar la incerteza de una medición?

1) Mediciones directas

Es imprescindible discriminar entre la incerteza de una medición (que, como fue explicado anteriormente, no es posible evitar) y aquellos factores que introducen imprecisiones en la medición pero que son evitables.

Por ejemplo, podríamos **equivocarnos** durante el proceso de medición, realizando una mala lectura del instrumento, o haciendo un mal uso del mismo por desconocimiento o negligencia. En este caso los errores pueden y deben ser eliminados repitiendo el experimento en forma adecuada. Debemos tener presente que las equivocaciones **no son incertezas ya que pueden ser corregidas y eliminadas**.

También podría ocurrir que hubiera alguna **deficiencia** durante el proceso de medición, como por ejemplo:

- una deficiente calibración del instrumento de medición
- la utilización de un instrumento con error de cero
- el empleo de un instrumento apto pero inconveniente para la medición que se realiza
- la utilización de una teoría defectuosa

Éstas afectan a las medidas obtenidas en valores predecibles y pueden y deben ser eliminadas. Se denominan también *errores sistemáticos*. **Tampoco son incertezas ya que pueden ser corregidos y eliminados**.

Las únicas **incertezas** que debemos considerar como tales (también denominadas *incertezas accidentales*) son las responsables de las dispersiones que se comprueban al medir varias veces una misma cantidad, con el mismo instrumento y en las mismas condiciones. Están presentes en todas las mediciones y no es posible eliminarlas. Pueden originarse o tienen sus **fuentes** en, por ejemplo,:

- **el instrumento de medición**. Entre ellas, la más común es la llamada *apreciación o mínima división del instrumento*, que corresponde a la mínima variación en la medida que el observador puede distinguir con ese instrumento. Otro ejemplo es la incerteza asociada a la calibración del instrumento, o a pequeñas variaciones en las condiciones ambientales que afectan al instrumento de medición.
- **la interacción entre el observador y el método de medición**. Como un ejemplo podríamos citar el tiempo de reacción.
- **el objeto a medir**, por ejemplo en el hecho de que los objetos pueden tener bordes no definidos.
- **otros factores conocidos pero de imposible control**.

2) Mediciones indirectas

El problema es determinar en cuánto afectan a la medición indirecta las incertezas correspondientes a las mediciones directas efectuadas. El procedimiento que se sigue para responder a esta inquietud, es conocido como propagación de incertezas. Es posible demostrar que:

a) La incerteza absoluta de una **suma** o de una **resta** se obtiene **sumando las incertezas absolutas** de las medidas utilizadas:

$$X = a + b \Rightarrow \varepsilon X = \varepsilon a + \varepsilon b$$

$$Y = a - b \Rightarrow \varepsilon Y = \varepsilon a + \varepsilon b$$

b) La incerteza relativa de un **producto** o de un **cociente** se obtiene **sumando las incertezas relativas** de las medidas utilizadas:

$$X = a * b \Rightarrow eX = ea + eb$$

$$Y = \frac{a}{b} \Rightarrow eY = ea + eb$$

Para obtener la incerteza absoluta de una magnitud multiplicamos su incerteza relativa por el valor representativo. Por lo tanto, podemos obtener la incerteza absoluta de un producto o un cociente al multiplicar la incerteza relativa, obtenida con las fórmulas precedentes, por el valor representativo del producto o cociente:

$$\varepsilon X = (ea + eb) * (a * b)$$

$$\varepsilon Y = (ea + eb) * \frac{a}{b}$$

c) La incerteza relativa de una **potencia** se obtiene multiplicando la incerteza relativa de la base por el exponente de la potencia.

$$X = a^n \Rightarrow eX = n * ea$$

$$\varepsilon X = n * ea * a^n$$

3) Estimación mediante estadística

Un método posible para estimar la incerteza de una medición, tanto directa como indirecta, es repetir un número razonable de veces la medida de la cantidad con el mismo instrumento y en las mismas condiciones experimentales. De esta manera las incertezas accidentales aparecerán distribuidas al azar pudiéndolas tratar estadísticamente. Es posible en este método descartar aquellos valores que se desvían notablemente de la tendencia general, reteniendo sólo las medidas que merezcan la **misma fe**. En caso de descartar alguna de las mediciones realizadas, su valor no se considerará para ninguno de los cálculos involucrados en el método.

El **método de la máxima desviación** consiste en un tratamiento matemático de ese conjunto de valores medidos para lograr (a) el valor representativo de la medición, (b) sus incertezas residuales y (c) su incerteza absoluta.

(a) Valor representativo de la cantidad: medida la cantidad como indicamos anteriormente consideraremos como valor representativo de la cantidad medida (x_p) la media aritmética de los valores obtenidos.

Si los valores obtenidos son x_1, x_2, x_3, x_4 , etc. el valor representativo será

$$x_p = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{n}$$

Simbólicamente,

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

(b) Incertezas residuales o desviaciones: se llama así a la diferencia entre el valor representativo y cada uno de los valores medidos.

$$\varepsilon x_i = x_p - x_i$$

(c) Incerteza absoluta del valor representativo: fijaremos como criterio considerar como incerteza absoluta a la incerteza residual de mayor valor absoluto.

$$\varepsilon x_p = \text{Max}(|x_p - x_i|)$$

Entonces el resultado final se expresará como:

$$x = x_p \pm \varepsilon x_p$$

Ejemplo: supongamos que queremos determinar la masa de un cuerpo utilizando una balanza cuya apreciación es de 0,1 g. Realizamos 10 mediciones sucesivas de la misma cantidad obteniendo los resultados que se observan en la *Tabla 1*.

Masa (g)	Valor promedio (g)	Incertezas residuales o desviaciones (g)	Incerteza absoluta de la masa (g)
4,2	4,4	-0,2	0,4
4,0		-0,4	
4,6		0,2	
4,6		0,2	
4,5		0,1	
4,1		-0,3	
4,3		-0,1	
4,2		-0,2	
4,3		-0,1	
4,7		0,3	

Tabla I: valores obtenidos de la masa de un cuerpo. En la primera columna se observan los valores correspondientes a las 10 mediciones realizadas y, en la segunda, el promedio de dichos valores que constituye el valor representativo de la cantidad. En la tercera columna figuran las incertezas residuales y, en la cuarta, la incerteza absoluta que se obtiene considerando la máxima desviación en valor absoluto.

La masa del cuerpo se expresará entonces como:

$$m = (4,4 \pm 0,4)g$$

¿Cómo expresamos correctamente un resultado de una medición?

Como dijimos antes, el resultado de una medición consta de: la medida de la cantidad, la incerteza absoluta, y la unidad en que ambas están expresadas.

En este curso de física experimental adoptaremos la convención de utilizar una o dos cifras significativas en la incerteza, es decir la primera cifra distinta de cero en la misma, o las primeras dos, redondeando las demás. El valor medido se expresa entonces con la misma cantidad de cifras que hayamos conservado en la incerteza.

Para ejemplificar, supongamos que medimos indirectamente la superficie y el volumen de un cilindro, midiendo el diámetro de la base y la altura del cilindro con una cinta métrica, obteniendo las mediciones e incertezas de las diferentes cantidades medidas que se observan en la *Tabla II*.

Magnitud	Valor medido	Incerteza absoluta estimada	Incerteza expresada con 1 ó 2 cifras significativas		Medición
			1 cifra	2 cifras	
Diámetro de la base	5,4 cm (medición directa)	0,1 cm	0,1 cm	--	$d = (5,4 \pm 0,1)cm$
Altura	10,0 cm (medición directa)	0,1 cm	0,1 cm	--	$h = (10,0 \pm 0,1)cm$
Superficie de la base	22,9022 cm ² (medición indirecta)	0,933 cm ² (propagación)	0,9 cm ²	0,93 cm ²	$S_{base} = (22,9 \pm 0,9)cm^2$ ó $S_{base} = (22,90 \pm 0,93)cm^2$
Superficie lateral	169,6460 cm ² (medición indirecta)	4,838 cm ² (propagación)	5 cm ²	4,8 cm ²	$S_{lat} = (170 \pm 5)cm^2$ ó $S_{lat} = (169,6 \pm 4,8)cm^2$
Superficie total	215,4504 cm ² (medición indirecta)	6,704 cm ² (propagación)	7 cm ²	6,7 cm ²	$S_{cil} = (215 \pm 7)cm^2$ ó $S_{cil} = (215,5 \pm 6,7)cm^2$
Volumen	229,0221 cm ³ (medición indirecta)	12,17 cm ³ (propagación)	10 cm ³	12 cm ³	$V = (330 \pm 10)cm^3$ ó $V = (229 \pm 12)cm^3$

Tabla II: mediciones directas e indirectas, sus incertezas absolutas y la forma correcta de expresar el resultado en cada caso.