

Informe de laboratorio

El informe de laboratorio es una acabada prueba de que hicimos un experimento, lo analizamos y comprendimos. Cuando redactamos el informe es cuando terminamos de ordenar nuestros datos, gráficos, anotaciones y, sobre todo, nuestras ideas. El informe debe ofrecer a los lectores un recuento claro y completo de las actividades experimentales realizadas, de nuestras conclusiones y reflexiones.

El informe no debe ser considerado como un documento que se presenta con el único fin de que el docente juzgue el trabajo realizado, sino que debe ser pensado como un texto que sea capaz de mostrar que hemos ganado la habilidad de comunicar por escrito nuestras ideas y resultados. Con esto en mente, los informes que se realizan en los cursos básicos de laboratorio son un muy buen entrenamiento para mejorar nuestra redacción y nuestra capacidad de comunicar temas científicos y técnicos (<http://www.fisicarecreativa.com>).

Muchas revistas tienen detallado su lineamientos de estilo, donde se presentan variaciones sobre las secciones que se enumeran a continuación, así como distintas sugerencias para generar los gráficos, incluir valores, etc. Toda esta información está disponible en la página de cada revista.

1. Estructura sugerida para el informe

1. Título
2. Autores, mails y filiación (en este caso pueden agregar en vez de filiación la materia / cursada / año)
3. Resumen
4. Introducción
5. Desarrollo experimental
6. Resultados y discusión (esto puede dividirse en secciones, si fuese necesario aunque suele facilitar la lectura combinarlas en una única sección)
7. Conclusiones
8. Bibliografía
9. Apéndices

2. Secciones

2.1. Encabezado

En la Figura 1 se puede ver un ejemplo de encabezado. El **título** del trabajo tiene que definir a todo el trabajo, de forma de que el lector pueda saber de que va a versar el mismo, y no simplemente *Trabajo Práctico #1*. Los **autores** debe referirse a los que trabajaron en la elaboración del informe. Se deben agregar los **mails** por si hay necesidad de contactarlos. Y por último, la **filiación** en un trabajo científico se refiere a la institución a la que pertenece cada autor, en este caso debe funcionar como una referencia de pertenencia de los alumnos, es decir se puede poner por ejemplo: *turno, curso, carrera, año*.

Ejemplo

Título del trabajo

Julia Uno, Juan Dos y Andrés Tres

uno@udesa.edu.ar, dos@arnet.com, tres@hotmail.com

Turno Viernes 8-12 - Curso de Economía 1- Universidad de San Pepe

Resumen

El resumen va aquí. Es un texto breve y claro, que describe lo que se hizo en el trabajo. Preferentemente, de nomás de 150 palabras.

Figura 1: Ejemplo de encabezado.

2.2. Resumen

El resumen debe dar una visión completa del trabajo realizado, **en forma breve debe describir cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo, cuál fue el resultado y si hubo alguna conclusión destacada**. Todo esto en no más de 150 palabras, es decir una o dos oraciones para cada una de estas secciones.

2.3. Introducción

En esta sección debemos orientar al lector hacia el tema de estudio, para esto es aconsejable incluir la mínima explicación teórica que permite la comprensión del trabajo, con referencias adecuadas (ver *Bibliografía*) que lleven rápidamente a los antecedentes del problema y que destaquen la conexión de esas ideas con el trabajo realizado. Estas ideas deben incluir tanto el bagaje teórico necesario para encarar la lectura de los resultados y las conclusiones, como los antecedentes que permitan comprender el impacto de los mismos.

Al final de la introducción indicar el **objetivo** de la práctica (¿qué cantidades físicas deben ser determinadas? ¿qué leyes físicas deben ser verificadas? ¿qué fenómenos deben ser estudiados?). Esto permite vincular la introducción con la siguiente sección.

No deben incluirse resultados ni conclusiones.

NOTA: Un aspecto importante a tener en cuenta en esta sección es el de las referencias bibliográficas. Deben aparecer citados los textos, apuntes, artículos o direcciones electrónicas que hayan sido usadas en la elaboración de esta sección.

Ejemplo:

La *desviación estándar* S de la distribución se define como [1]

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - x_i)^2}{N}} \quad (1)$$

Donde N es el número total de mediciones, x_i es la i -ésima medida y \bar{x} es el promedio o media aritmética.

Las ecuaciones deben ser numeradas en orden correlativo a lo largo de todo el documento, y debe aclararse qué representa cada una de las variables (siempre y cuando no haya sido mencionado anteriormente). Con [1] estamos indicando la referencia.

2.3. Desarrollo experimental

Se da un detalle de la configuración experimental utilizada, una descripción de los aspectos relevantes de los dispositivos y equipos de medición, especificando sus características (apreciación de los instrumentos, rangos de medición) y marca/modelo (en el caso de que haya más características que puedan ser encontradas a través del fabricante).

Se explica el método de medición con el mayor detalle y claridad posible. Se recomienda presentar esquemas del dispositivo empleado para realizar la práctica (indicarlos como Figura 2), como forma de visualizar la explicación y poder utilizar referencias al momento de explicar el armado espacial.

No se deben incluir resultados. Sin embargo, este es un buen lugar para incluir / destacar mejoras o variaciones que pudieran haberse realizado sobre el diseño original, que si bien pueden no ser resultados en si mismos, constituyen un aporte muy importante a la realización de la práctica.

Ejemplo:

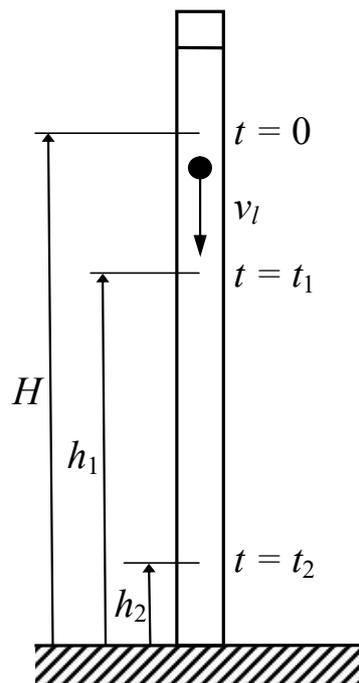


Figura 2: Esquema del dispositivo experimental

NOTA: TODOS LOS VALORES DEBEN INCLUIR EL INCERTEZA, LAS CIFRAS SIGNIFICATIVAS CORRECTAS Y LAS UNIDADES. También en el diseño experimental, por ejemplo si utilizaron de forma accesoria unas pesas los valores van en el diseño experimental con su correspondiente incerteza, cifras significativas y unidades.

NOTA: TODAS LAS FIGURAS DEBEN INCLUIR UN PIE DE FIGURA CON LA REFERENCIA (Figura 1) Y UNA BREVE DESCRIPCIÓN. Las figuras deben ser citadas en el texto cuando se refieran a ellas.

2.4. Resultados y discusión

Esta sección puede dividirse en secciones, si fuese necesario aunque suele facilitar la lectura combinarlas. Por resultados se refiere a los valores obtenidos en las mediciones o por medio de cálculos. Por discusión se refiere a un análisis o procesamiento de los resultados obtenidos, que va llevando de una medición o cálculo a la otra, armando una única historia con todos ellos.

Se debe incluir las mediciones realizadas presentadas de una manera apropiada. Brevemente, hay tres formas de presentar los resultados, como: 1) valores incluidos en el texto, 2) tablas, o 3) figuras. Algunos criterios para seleccionar una de ellas son: 1) Si el resultado es un valor aislado, como cuando se mide una constante, este debe presentarse como tal incluido en el texto (por ejemplo: “*La constante de la gravedad en la tierra medida en el laboratorio es $(9.8 \pm 0.1) \text{ m/s}^2$* ”); 2) Si se realizaron varias mediciones independientes que se quieren comparar, se puede utilizar una tabla como alternativa a incluirlas todas en el texto, esto se justifica cuando son muchas o el texto se refiere a ellas muchas veces (el criterio general también sería minimizar el uso de tablas); y 3) Si los valores medidos dependen de una variable, o se quieren mostrar una relación entre dos variables medidas, lo óptimo es presentarlas en un gráfico y el tipo de gráfico es una nueva decisión a tomar...

Tanto si se presentan valores, tablas o gráficos, deben estar claramente indicadas las unidades y las incertezas. En el caso de las tablas y los valores también se deben cuidar de expresarlos con la cantidad de cifras significativas correcta. En los gráficos, identificar claramente los nombres de cada eje (y al lado de ellos las unidades de cada uno).

Esta sección debe contener una descripción de la forma en que fueron evaluadas las incertezas, los gráficos y los resultados con una descripción de cómo se obtuvieron. También se discuten los mismos en cuanto a su validez, precisión, interpretación, etc.

Aquí se analizan, por ejemplo, las dependencias observadas entre las variables, la comparación de los datos con un modelo propuesto, o las similitudes y discrepancias observadas con otros resultados. Si el trabajo además propone un modelo que trate de dar cuenta de los datos obtenidos, es decir, si el modelo es original del trabajo, su descripción debe quedar lo más clara posible; o bien, si se usó un modelo tomado de otros trabajos, debe citarse la fuente consultada (ver *Bibliografía*). Las ecuaciones que se utilizan deben estar explicitadas directamente o si ya fueron introducidas anteriormente (en la *Introducción*) a través de una cita al número de ecuación correspondiente.

Ejemplo:

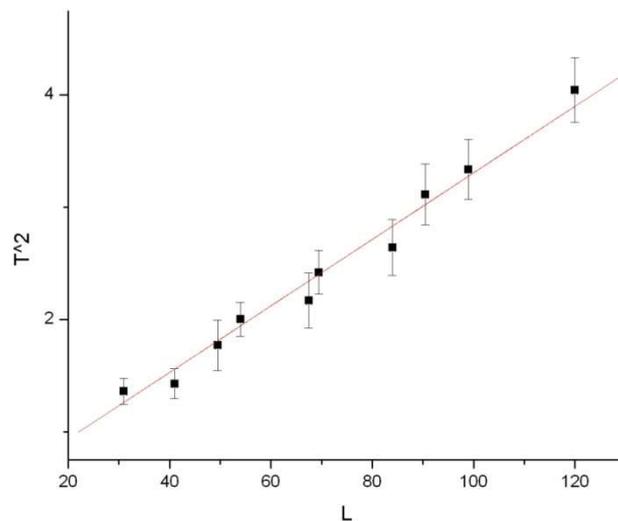


Figura 3: Ejemplo de figura.

NOTA: TODOS LOS VALORES DEBEN INCLUIR EL INCERTEZA, LAS CIFRAS SIGNIFICATIVAS CORRECTAS Y LAS UNIDADES.

NOTA: TODAS LAS FIGURAS DEBEN INCLUIR UN PIE DE FIGURA CON LA REFERENCIA (Figura 1) Y UNA BREVE DESCRIPCIÓN. Las figuras deben ser citadas en el texto cuando se refieran a ella, en ese sentido un criterio para decidir si incluir una figura o no es si esta ilustra una nueva idea o presenta un resultado nuevo. Para darse cuenta de ello se puede releer el texto una vez terminado y si esta figura nunca fue citada, es decir que nunca se necesitó para contar la historia, entonces está de más y se puede sacar.

2.5. Más sobre Figuras, Tablas y Ajustes

Las figuras deben ser claras e ilustrativas del punto que se desea destacar.

La escala que se usa (el rango de valores y su distribución, lineal, logarítmica, etc) debe maximizar la región de interés y no dejar mucho espacio en blanco. En el caso particular que se pretende comparar entre figuras se puede conservar la escala a través de las figuras, a pesar de que queden espacios vacíos en algunas de ellas.

No se deben colocar tablas dentro de las figuras, ni elementos que tapen las curvas o los puntos graficados; si es posible, y en muchos casos ayudan, se pueden incluir flechas, recuadros u otros elementos destacando una región de interés.

Los resultados de los ajustes deben incluir la función utilizada, los valores de todos los parámetros y una medida de la bondad del ajuste. Generalmente se incluyen en el pie de figura si son muy largos, y después se referencia sólo el valor relevante en el texto (por ejemplo si nos interesa sólo uno o dos de cinco parámetros); si en cambio la fórmula es simple puede ir todo al cuerpo del texto. **Por ejemplo:** “[...] $(X(t) = A * t + B; A = (10.1 \pm 0.1) \text{ m/s}, B = (1.9 \pm 0.1) \text{ m}, R^2 = 0.95)$.”.

En los gráficos se debe identificar claramente los nombres de cada eje y las unidades de cada uno. Es muy importante incluir barras de incertidumbre a los puntos en todos los casos que sea posible. Si la barra de incertidumbre no

se ve se puede en primer lugar achicar el tamaño del punto, y si sigue sin distinguirse se debe incluir una mención en el pie de figura.

Algunas decisiones que se deben tomar al momento de presentar los resultados son:

¿Pongo una tabla o una figura? En la elección de cómo presentar los resultados debe pesar, nuevamente, que es lo que se quiere mostrar. Algunos ejemplos más para agregar al criterio mencionado en la sección anterior pueden ser: Si lo importante es la tendencia, sea con o sin ajuste, entonces se debe presentar una figura. En cambio, si son comparaciones entre números los resultados deberán ser presentados en una tabla. Y si es un único valor, o unos pocos valores, se pueden incluir directamente en el texto.

¿Uso puntos o líneas? Si las medidas contienen incerteza (y se grafican las barras de incerteza) se deben usar puntos. Si se realiza un ajuste sobre los valores, entonces para los valores (con incerteza) se utilizan puntos y para el ajuste líneas. O si en cambio se quiere mostrar una tendencia entre los puntos, aunque no se sepa la forma funcional como para hacer un ajuste, se pueden usar puntos (con incerteza) unidos por líneas. Es importante el uso de los puntos para destacar con qué frecuencia se adquirieron los datos.

¿Presento los resultados en un sólo gráfico o cada medición por separado? Una vez más depende de la idea a destacar. Por ejemplo, si se desean comparar condiciones es bueno combinar los gráficos que contengan esas condiciones. En cambio, si se desea destacar la dispersión de los datos respecto de un ajuste es preferible presentarlos por separado para que sea fácil determinar qué punto corresponde a qué ajuste. En los casos de muchas repeticiones de más o menos la misma medición se puede incluir un único caso para motivar la explicación del método y usar de ejemplo, y después presentar una figura resumen con los resultados o los ajustes combinados.

NOTA: Cada figura o tabla debe estar numerada y debe contener una leyenda al pie que permita entenderla. La descripción detallada de la figura debe estar incluida también en el texto, en el cual deben ser citada por su número.

NOTA: Para desambiguar, las figuras pueden contener esquemas, gráficos, varios gráficos, etc. El gráfico es sólo una forma de representar los resultados. Por lo tanto, se numeran en forma correlativa todas las figuras, las que contienen gráficos y las que contienen esquemas.

2.6. Conclusiones

Contiene la discusión de cómo, a partir de los resultados, se demuestra aquello que se planteó como objetivo del trabajo. En esta sección se puede hacer un breve racconto de los resultados y la discusión alrededor de los mismos que se detalló en la sección anterior, pero debe ser breve y las conclusiones no deben limitarse sólo a eso, si no tomarlo como punto de partida.

En esta sección tenemos que comentar objetivamente *qué hemos aprendido* del experimento realizado, y sintetizar las consecuencias e implicancias que encontramos asociadas a nuestros resultados.

Según el caso se puede realizar una interpretación global de los resultados obtenidos, en contraposición a la discusión paso por paso de la sección anterior. Se pueden realizar comparaciones de los resultados obtenidos contra resultados similares tomados de la bibliografía, o valores tabulados. Al comparar los resultados con conocimientos previos, estos últimos deben estar debidamente referenciados.

Al hacer estos análisis de los resultados, no se debe olvidar de considerar las posibles fuentes de incertezas y las aproximaciones con respecto algún caso ideal, si correspondiese. Recuerde que **todas sus conclusiones deben estar basadas en los datos experimentales**, en caso contrario no deben ser consideradas como producto de su actividad experimental.

2.7. Bibliografía

Se especifica la bibliografía citada durante el desarrollo del trabajo. Deben contener el nombre de los autores de las publicaciones (artículos en revistas o libros) citados en el texto, el título de los trabajos; el nombre de la revista o editorial que los publicó; además se debe incluir los datos que ayuden a la identificación de los mismos: volumen donde están incluidos, capítulo, página, fecha de publicación, etc. También se pueden incluir páginas de internet por ejemplo para cuando buscan un valor en tablas.

Ver los ejemplos que figuran abajo.

[número] Autor, Nombre del libro, Editorial, Lugar de publicación (año).

Ejemplos:

[1] D. Baird, *Experimentación*, Prentice-Hall Hispanoamericana, México (1991).

[2] M. Alonso, E. J. Finn, *Física Vol. I: Mecánica*, Fondo Educativo Interamericano, México (1986).

[3] P. L. Meyer, *Probabilidades y aplicaciones estadísticas*, Segunda Edición, Addison Wesley Iberoamericana (1992).

[4] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer-Verlag, Berlin, p. 210 (1999).

2.8. Apéndices

En los distintos apéndices se debe colocar la información complementaria que ayude a clarificar el contenido de las partes anteriores (por ej. los cálculos realizados para obtener los resultados o estimar las incertezas) pero que en el cuerpo principal del informe distraerían la atención del lector. En el texto principal deberemos orientar al lector para que consulte estos apéndices, y por ejemplo en el caso de calculos extensos se pueden destacar los pasos importantes, supuestos y el resultado final del desarrollo.

3. Check-list

Secciones

- ¿El título representa todo el informe?
- ¿Incluyeron los (autores, mails, turno, curso, carrera, año)?
- ¿El resumen representa todo el informe? ¿tiene una mención a la motivación, objetivos, desarrollo, resultados y conclusión?
- ¿La introducción incluye una mención a la motivación de la práctica?
- ¿La introducción incluye los conocimientos previos necesarios para el desarrollo de la práctica?
- ¿La introducción incluye los objetivos al final?
- ¿El desarrollo experimental incluye los materiales utilizados (con su **incerteza**)?
- ¿El desarrollo experimental incluye un esquema del diseño experimental?
- ¿El desarrollo experimental incluye una descripción detallada del procedimiento?
- ¿Se incluyó una motivación-descripción-análisis de las figuras presentadas en resultados? (no están sólo puestas ahí...)
- ¿Las conclusiones son más que una recapitulación de los resultados?
- ¿Se comparó con los resultados esperados (de modelos o mediciones previas/ajenas)?
- ¿Se analizaron las posibles fuentes de las incertezas medidas?

Figuras / Tablas

- ¿Se incluyeron todas las figuras/tablas necesarias?
- ¿Se descartaron las figuras/tablas INNECESARIAS?
- ¿Todas las figuras/tablas incluídas están citadas en el texto?
- ¿Todas las figuras/tablas tienen pie de figura?
- ¿Las figuras/tablas están correctamente numeradas?

Figuras

- ¿Los ejes incluyen nombre de la variables y unidades?
 - ¿Están las barras de incerteza?
 - ¿Se ven las barras de incerteza? ¿o están detallados en el pie de figura?
 - ¿La escala permite observar las regiones de interés?
- De necesitar leyendas ¿Están en castellano? ¿describen correctamente las distintas condiciones?

Tablas

- ¿Los valores tienen unidades?
- ¿Los valores tienen incerteza?
- ¿La cantidad de cifras significativas es la correcta?
- ¿Las filas/columnas tienen nombres que describen bien las variables?

Valores

- ¿Los valores tienen unidades?
- ¿Los valores tienen incerteza?
- ¿La cantidad de cifras significativas es la correcta?
- ¿La cantidad de cifras significativas es consistente a lo largo del informe?

Fórmulas

- ¿Las fórmulas fueron correctamente citadas a lo largo del texto?
- ¿Las variables incluídas están descriptas en el texto?

Ajustes

¿Están adecuadamente implementados?

¿Están los valores de ajuste detallados?

¿Están correctas las CS de los ajustes? ¿Los valores del ajuste tienen unidades?

¿El idioma en que se informan los ajustes es el del informe?

En caso de que alguno de los valores de ajuste esté calculado por otra vía, no olvide comparar los valores incluyendo incertezas, CS y unidades!!!

Bibliografía

¿Se colocaron referencias denotando las fuentes de información utilizada para la introducción, armado y discusión?

¿La referencia está correctamente escrita al final del texto?