

PROPAGACION DE ERRORES

Merino Vidal, Mateo¹

¹Departamento de Informática y Sistemas *

(Dated: 17 de febrero de 2026)

Se realizo el presente trabajo mediante el análisis de varias series de medidas directas tomadas de las dimensiones de diversas figuras tridimensionales como la esfera, el cilindro hueco, el cilindro y la moneda. Las cuales se utilizaron con diversos cálculos estadísticos, permitiendo obtener diversas medidas indirectas como el volumen, el peso y la densidad.

Asimismo también se logró determinar el error existente en la serie de medidas indirectas, a través del método de propagación de errores. En otras palabras, se determinó la propagación o efecto que producen los errores de las mediciones directas al error de la función.

Como en el caso del test3 del cilindro en la Tabla.XXXI con un mínimo error de la función del volumen de: 0,00014.

Palabras clave: Media, Medidas Directas, Medidas Indirectas, Propagación de Errores, Error de la Media.

I. INTRODUCCIÓN

Los datos presentados en este informe, son una extensión del trabajo de medidas indirectas, realizado por Mateo Merino Vidal [3], presentado durante el curso de laboratorio de física general del departamento de Física, cabe mencionar que se trabaja con análisis básicos para la presentación final de datos con diferentes tipos de dispersión.

En el ámbito científico es común el realizar mediciones repetidas de una o más variables, cada una con sus incertidumbres individuales. Estas incertidumbres son de tipo instrumental que se puede conocer dadas las características del instrumento de medición, o de tipo aleatorio que proviene de numerosos factores que en la mayoría de las ocasiones son difíciles de controlar.

Las magnitudes de origen experimental pueden ser de dos tipos.

Por una parte, están las magnitudes directas, que son las que se obtienen mediante la comparación directa con el instrumento de medición.

Por otro lado, están las magnitudes indirectas, que dependen del cálculo de una función de magnitudes directas, como cuando se calcula la velocidad a partir de mediciones de tiempo y distancia.

En la mayoría de las mediciones físicas se busca determinar cantidades que se obtienen mediante el cálculo a partir de una o varias cantidades medidas directamente dando así origen a un resultado indirecto. La estimación del error del resultado final a partir de los

errores de las cantidades medidas directamente se conoce como propagación de errores, tal y como expresan Pedro M. Diaz R y Edwin A. Torrellas V [1].

■ **Propagación de errores:** Conjunto de reglas que permiten asignar un error a z , conocidas las incertidumbres de x e y .

- Permiten asignar un error al resultado final.
- Indica la importancia relativa de las diferentes medidas directas.
- Planificación del experimento.

La propagación de errores, o de incertidumbres, se asocia con la obtención de nuevos resultados a partir de un cálculo con las cantidades medidas y su respectivo error. Uno de los métodos utilizados para calcular errores en las mediciones es el método de las derivadas parciales, dependiente de la cantidad de variables cualitativas y la operación entre estas, tal y como expresa.

■ **Medidas Cualitativas:** Describe una característica como una cualidad o atributo.

Es una cualidad que el sujeto posee o no posee.

Según la posición en la relación que une una a dos o más variables, estas se clasifican en dependientes e independientes, tal y como explica Eleonora Espinoza [2].

■ **Dependientes:** Son las que designan las variables a explicar, los efectos o resultados respecto a las cuales hay que buscar el motivo o razón, dependen de las variables independientes.

■ **Independientes:** Son las variables explicativas cuya asociación o influencia en la variable dependiente se pretende descubrir.

* 202301308@est.umss.edu

II. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo busca determinar la estimación del error de la función en la serie de medidas indirectas del volumen y la densidad de las diversas figuras tridimensionales como la esfera, el cilindro hueco, el cilindro y la moneda.

Utilizando los valores de la media y su error previamente calculadas en el trabajo de medidas indirectas [empty citation], mediante el análisis de datos en torno a bases estadísticas y el planteamiento de ecuaciones.

Tomando en cuenta las reglas del método de propagación de errores, mediante las derivadas parciales, dependiendo de la cantidad de variables independientes que tenga la medida indirecta de cada figura tridimensional en el volumen y la densidad, hallando primeramente las contribuciones individuales de cada una al error de la función.

Posteriormente se llega analizar los resultados obtenidos en cuanto al error de la función en cada uno de los tests de las diversas figuras tridimensionales mediante diversos histogramas, con la finalidad de determinar la gravedad del error en los tests.

III. MÉTODO

Formulas de Volumen y Densidad

$$V_E = \frac{\pi \times D^3}{6} \quad (1)$$

$$V_{Ci} = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} \quad (2)$$

$$V_{Ci-Hu} = \frac{\pi \times (D^2 - d^2) \times H}{4} \quad (3)$$

$$V_{Mon} = \frac{\pi \times D^2 \times E}{4} \quad (4)$$

$$D = \frac{M}{V} \quad (5)$$

Formula de la Media

$$X_{Rep} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N X_i \quad (6)$$

Formula de la Desviación Individual

$$d_i = X_i - X_{rep} \quad (7)$$

Formulas de la Desviación Típica para: Gran cantidad de datos, Pequeña cantidad de datos

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum d_i^2} \quad (8)$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \times \sum d_i^2} \quad (9)$$

Formulas del error de la media aritmética para: Gran cantidad de datos, Pequeña cantidad de datos

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (10)$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} \quad (11)$$

Formulas para determinar: La contribución de las variables independientes al error de la función, La estimación del error de la función

$$\Delta x = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| e_x, \quad (12)$$

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| e_y, \quad (13)$$

$$\Delta z = \left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| e_z, \quad (14)$$

$$E_f = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \dots} \quad (15)$$

A. MEDICIONES DE LA ESFERA

Obteniendo datos de la media del diámetro y la masa de la esfera, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (6).

Test	Diámetro [cm]	Masa [gr]
Esfera1	1.44	15.11
Esfera2	3.31	34.49
Esfera3	3.39	48.10
Esfera4	3.87	64.89
Esfera5	4.64	74.38
Esfera6	5.55	75.26
Esfera7	7.33	102.084
Esfera8	7.73	113.40
Esfera9	8.32	113.79
Esfera10	9.49	121.00

Tabla I. Valor de tendencia central de los datos obtenidos del diámetro y la masa de la esfera en cada test.

Obteniendo datos de la media del volumen de la esfera previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (1), para hallar los volúmenes individuales en base a las medidas directas obtenidas de la medición de las dimensiones de la esfera y la Ec. (6), para hallar la media de esos volúmenes en cada test de la esfera.

Test	Media del Volumen [cm^3]
Esfera1	1.56
Esfera2	18.94
Esfera3	20.48
Esfera4	30.27
Esfera5	52.38
Esfera6	89.40
Esfera7	206.28
Esfera8	241.96
Esfera9	301.63
Esfera10	447.06

Tabla II. Promedio del volumen en cada test

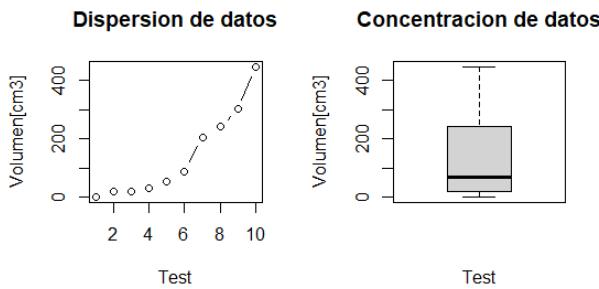


Figura 1. Media del volumen de la esfera en cada test

Obteniendo datos de la media de la densidad de la esfera previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (5), para hallar las densidades individuales en base a los datos obtenidos de masa, volumen y la Ec. (6), pa-

ra hallar la media de esas densidades en cada test de la esfera.

Test	Media de la Densidad [gr/cm^3]
Esfera1	9.70
Esfera2	1.82
Esfera3	2.34
Esfera4	2.14
Esfera5	1.42
Esfera6	0.84
Esfera7	0.49
Esfera8	0.47
Esfera9	0.38
Esfera10	0.27

Tabla III. Promedio de la densidad de cada test

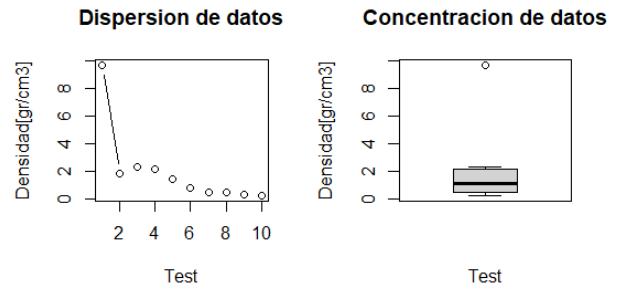


Figura 2. Media de la densidad de la esfera en cada test

Aplicando la ecuación (7), utilizando la media del diámetro y la masa de la esfera obtenidos anteriormente, con la finalidad de encontrar sus desviaciones individuales en cada uno de los tests.

Aplicando la Ec. (8) a las desviaciones individuales del diámetro y la mas obtenidos en cada test de la esfera, con la finalidad de determinar la desviación típica de cada uno en los diversos tests.

Aplicando la Ec. (10) a las desviaciones típicas del diámetro y la mas obtenidos anteriormente en cada test, con la finalidad de calcular el error de la media en cada uno de los tests de la esfera.

Diámetro

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Esfera1	1.44	0.00044	2.2e-05
Esfera2	3.31	0.00054	2.7e-05
Esfera3	3.39	0.00011	5.6e-06
Esfera4	3.87	0.0011	5.6e-05
Esfera5	4.64	0.00083	4.2e-05
Esfera6	5.55	0.00037	1.9e-05
Esfera7	7.33	0.00085	4.3e-05
Esfera8	7.73	0.00098	4.9e-05
Esfera9	8.32	0.00071	3.6e-05
Esfera10	9.49	0.00064	3.2e-05

Tabla IV. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en el diámetro de la esfera en cada test

Masa

Cálculos Test	Media [gr]	Des.Estandar	Error.Media
Esfera1	15.11	0.026	0.0013
Esfera2	34.50	0.0048	0.00024
Esfera3	48.10	0.020	0.0010
Esfera4	64.89	0.0034	0.00017
Esfera5	74.38	0.0083	0.00041
Esfera6	75.26	0.013	0.00065
Esfera7	102.08	0.011	0.00056
Esfera8	113.40	0.011	0.00054
Esfera9	113.79	0.019	0.00096
Esfera10	121.00	0.011	0.00057

Tabla V. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en la masa de la esfera en cada test

Obteniendo datos del error de la media del volumen, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (10), utilizando la desviación típica calculada mediante la Ec. (8) en base a las desviaciones individuales de los volúmenes, determinadas mediante la Ec. (7).

Volumen

Cálculos Test	Error de la Media
Esfera1	7.0e-05
Esfera2	0.00046
Esfera3	0.00010
Esfera4	0.0013
Esfera5	0.0014
Esfera6	0.00091
Esfera7	0.0036
Esfera8	0.0046
Esfera9	0.0039
Esfera10	0.0045

Tabla VI. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en el volumen de la esfera en cada test

Aplicando la Ec. (12) a la ecuación del volumen Ec. (1), con la finalidad de calcular la contribución del diámetro al error de la función del volumen, utilizando las medias y los errores de la media del diámetro obtenidos en cada test de la esfera.

Cálculos Test	Contribución del Diametro
Esfera1	7.1e-05
Esfera2	0.00046
Esfera3	0.00010
Esfera4	0.0013
Esfera5	0.0014
Esfera6	0.00091
Esfera7	0.0036
Esfera8	0.0046
Esfera9	0.0039
Esfera10	0.0045

Tabla VII. Contribución del diámetro al error de la función del volumen en cada test de la esfera

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función del volumen, utilizando las contribuciones del diámetro calculadas en cada test de la esfera.

Cálculos Test	Error en la función del Volumen
Esfera1	7.1e-05
Esfera2	0.00046
Esfera3	0.00010
Esfera4	0.0013
Esfera5	0.0014
Esfera6	0.00091
Esfera7	0.0036
Esfera8	0.0046
Esfera9	0.0039
Esfera10	0.0045

Tabla VIII. Error en la función del volumen en cada test de la esfera

Aplicando la Ec. (12) y la Ec. (13) a la ecuación de la densidad Ec. (5), con la finalidad de calcular la contribución de la masa y del volumen al error de la función de la densidad, utilizando las medias y los errores de la media de la masa y el volumen obtenidos en cada test de la esfera.

Cálculos Test	Contribución.Masa	Contribución.Volumen
Esfera1	0.00084	0.00044
Esfera2	1.3e-05	4.4e-05
Esfera3	4.9e-05	1.2e-05
Esfera4	5.6e-06	9.2e-05
Esfera5	7.9e-06	3.8e-05
Esfera6	7.3e-06	8.5e-06
Esfera7	2.7e-06	8.6e-06
Esfera8	2.2e-06	8.9e-06
Esfera9	3.2e-06	4.8e-06
Esfera10	1.3e-06	2.7e-06

Tabla IX. Contribución de la masa y el volumen al error de la función de la densidad en cada test de la esfera

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función de la densidad, utilizando las contribuciones de la masa y el volumen calculadas en cada test de la esfera.

Cálculos Test	Error en la función de la Densidad
Esfera1	0.00094
Esfera2	4.6e-05
Esfera3	5.0e-05
Esfera4	9.3e-05
Esfera5	3.9e-05
Esfera6	1.1e-05
Esfera7	9.1e-06
Esfera8	9.2e-06
Esfera9	5.8e-06
Esfera10	3.0e-06

Tabla X. Error en la función de la Densidad en cada test de la esfera

Test	Altura [cm]	Radio.In [cm]	Radio.Ex [cm]	Masa [gr]
Cilin.H1	3.66	1.08	2.25	45.57
Cilin.H2	4.25	1.25	2.67	55.23
Cilin.H3	5.20	1.38	3.05	58.21
Cilin.H4	5.87	1.45	3.37	81.18
Cilin.H5	7.34	1.84	3.42	89.54
Cilin.H6	8.15	2.29	3.62	105.74
Cilin.H7	8.60	2.36	3.76	108.85
Cilin.H8	8.73	2.48	4.45	128.45
Cilin.H9	9.04	2.74	5.35	128.96
Cilin.H10	9.90	4.08	5.90	139.76

Tabla XI. Valor de tendencia central de los datos obtenidos de la altura, el radio exterior, el radio interior y la masa del cilindro hueco en cada test.

Obteniendo datos de la media del volumen del cilindro hueco, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (3), para hallar los volúmenes individuales en base a las medidas directas obtenidas de la medición de las dimensiones del cilindro hueco y la Ec. (6), para hallar la media de esos volúmenes en cada test del cilindro hueco.

Test	Media del Volumen [cm^3]
Cilin.H1	45.04
Cilin.H2	74.26
Cilin.H3	120.89
Cilin.H4	170.39
Cilin.H5	192.41
Cilin.H6	200.28
Cilin.H7	231.48
Cilin.H8	375.38
Cilin.H9	600.11
Cilin.H10	564.75

Tabla XII. Promedio del volumen de cada test

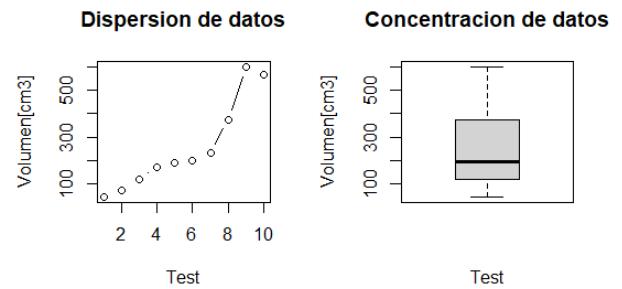


Figura 3. Media del volumen del cilindro hueco en cada test

Obteniendo datos de la media de la altura, radio externo, radio interno y la masa del cilindro hueco, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (6).

Obteniendo datos de la media de la densidad del cilindro hueco previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (5), para hallar las densidades individuales en

base a los datos obtenidos de masa, volumen y la Ec. (6), para hallar la media de esas densidades en cada test del cilindro hueco.

Test	Media de la Densidad [gr/cm ³]
Cilin.H1	1.00
Cilin.H2	0.74
Cilin.H3	0.48
Cilin.H4	0.48
Cilin.H5	0.47
Cilin.H6	0.53
Cilin.H7	0.47
Cilin.H8	0.34
Cilin.H9	0.21
Cilin.H10	0.25

Tabla XIII. Promedio de la densidad de cada test

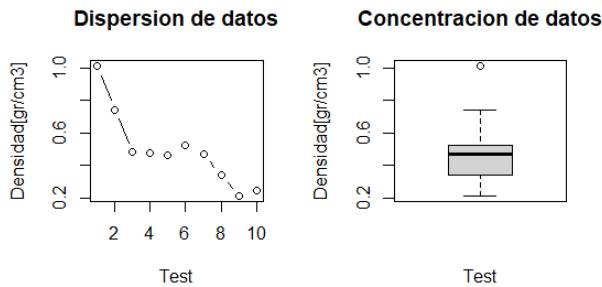


Figura 4. Media de la densidad del cilindro hueco en cada test

Aplicando la ecuación (7), utilizando la media de la altura, el radio interno, el radio externo y la masa del cilindro hueco obtenidos anteriormente, con la finalidad de encontrar sus desviaciones individuales en cada uno de los tests.

Aplicando la Ec. (8) a las desviaciones individuales de la altura, el radio interno, el radio externo y la masa obtenidos en cada test del cilindro hueco, con la finalidad de determinar la desviacion tipica de cada uno en los diversos tests.

Aplicando la Ec. (10) a las desviaciones tipicas de la altura, el radio interno, el radio externo y la masa obtenidos anteriormente en cada test, con la finalidad de calcular el error de la media en cada uno de los tests del cilindro hueco.

Radio Interno

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Cilin.H1	1.1	7.6e-05	3.8e-06
Cilin.H2	1.25	0.00010	5.0e-06
Cilin.H3	1.38	5.1e-05	2.5e-06
Cilin.H4	1.45	0.00010	5.0e-06
Cilin.H5	1.84	0.00055	2.8e-05
Cilin.H6	2.29	0.00019	9.6e-06
Cilin.H7	2.36	9.2e-05	4.6e-06
Cilin.H8	2.48	0.00030	1.5e-05
Cilin.H9	2.74	0.00075	3.7e-05
Cilin.H10	4.08	0.00024	1.2e-05

Tabla XIV. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media del radio interno del cilindro hueco en cada test

Radio Externo

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Cilin.H1	2.25	0.00018	8.9e-06
Cilin.H2	2.67	0.00033	1.7e-05
Cilin.H3	3.05	0.00049	2.5e-05
Cilin.H4	3.37	7.0e-06	3.5e-07
Cilin.H5	3.42	6.1e-05	3.1e-06
Cilin.H6	3.6	0.00053	2.7e-05
Cilin.H7	3.8	0.00062	3.1e-05
Cilin.H8	4.4	0.00025	1.3e-05
Cilin.H9	5.4	0.00032	1.6e-05
Cilin.H10	5.9	0.00038	1.9e-05

Tabla XV. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media del radio externo del cilindro hueco en cada test

Altura

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Cilin.H1	3.66	0.00096	4.79e-05
Cilin.H2	4.25	0.0020	0.00010
Cilin.H3	5.20	0.00010	5.1e-06
Cilin.H4	5.87	0.00039	1.9e-05
Cilin.H5	7.34	0.00046	2.3e-05
Cilin.H6	8.15	9.4e-05	4.7e-06
Cilin.H7	8.60	0.00029	1.5e-05
Cilin.H8	8.73	0.00060	3.0e-05
Cilin.H9	9.04	0.0010	5.1e-05
Cilin.H10	9.90	0.00050	2.5e-05

Tabla XVI. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media de la altura del cilindro hueco en cada test

Masa

Cálculos Test	Media [gr]	Des.Estandar	Error.Media
Cilin.H1	45.57	0.010	0.00052
Cilin.H2	55.23	0.017	0.00087
Cilin.H3	58.21	0.0077	0.00038
Cilin.H4	81.18	0.0036	0.00018
Cilin.H5	89.54	0.0030	0.00015
Cilin.H6	105.74	0.010	0.00051
Cilin.H7	108.85	0.015	0.00075
Cilin.H8	128.45	0.014	0.00069
Cilin.H9	128.96	0.00034	1.7e-05
Cilin.H10	139.75	0.011	0.00057

Tabla XVII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en la masa de la cilindro hueco en cada test

Obteniendo datos del error de la media del volumen, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a traves de la Ec. (10), utilizando la desviacion tipica calculada mediante la Ec. (8) en base a las desviaciones individuales de los volumenes, determinadas mediante la Ec. (7).

Volumen

Cálculos Test	Error.Media
Cilin.H1	3.4e-05
Cilin.H2	0.00041
Cilin.H3	0.0025
Cilin.H4	0.00087
Cilin.H5	0.0013
Cilin.H6	0.0062
Cilin.H7	0.0061
Cilin.H8	0.0064
Cilin.H9	0.0024
Cilin.H10	0.0025

Tabla XVIII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en el volumen del cilindro hueco en cada test

Aplicando la Ec. (12),Ec. (13),Ec. (14) a la ecuación del volumen Ec. (3), con la finalidad de calcular la contribución del radio interno, el radio externo y la altura al error de la función del volumen, utilizando las medias y los errores de la media de los mismos obtenidos en cada test del cilindro hueco.

Cálculos Test	Con.Radio.Ext	Con.Radio.Int	Con.Altura
Cilin.H1	0.00034	0.00013	0.00059
Cilin.H2	0.00084	0.00031	0.0018
Cilin.H3	0.0017	0.00027	0.00012
Cilin.H4	3.00e-05	0.00078	0.00056
Cilin.H5	0.00024	0.0051	0.00061
Cilin.H6	0.0013	0.0021	0.00012
Cilin.H7	0.0016	0.0012	0.00040
Cilin.H8	0.00096	0.0060	0.0013
Cilin.H9	0.0014	0.024	0.0034
Cilin.H10	0.0028	0.0099	0.0014

Tabla XIX. Contribución del radio interno, el radio externo y la altura al error de la funcion del volumen en cada test del cilindro hueco

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función del volumen, utilizando las contribuciones del radio interno, el radio externo y la altura calculadas en cada test del cilindro hueco.

Cálculos Test	Error en la función del Volumen
Cilin.H1	0.00069
Cilin.H2	0.0020
Cilin.H3	0.0017
Cilin.H4	0.00096
Cilin.H5	0.0052
Cilin.H6	0.0025
Cilin.H7	0.0020
Cilin.H8	0.0062
Cilin.H9	0.025
Cilin.H10	0.010

Tabla XX. Error en la función del volumen en cada test del cilindro hueco

Aplicando la Ec. (12) y la Ec. (13) a la ecuación de la densidad Ec. (5), con la finalidad de calcular la contribución de la masa y del volumen al error de la función de la densidad, utilizando las medias y los errores de la media de la masa y el volumen obtenidos en cada test del cilindro hueco.

Cálculos Test	Contribución.Masa	Contribución.Volumen
Cilin.H1	1.2e-05	7.5e-07
Cilin.H2	1.2e-05	4.1e-06
Cilin.H3	3.2e-06	9.8e-06
Cilin.H4	1.1e-06	2.4e-06
Cilin.H5	7.9e-07	3.1e-06
Cilin.H6	2.6e-06	1.6e-05
Cilin.H7	3.2e-06	1.2e-05
Cilin.H8	1.8e-06	5.8e-06
Cilin.H9	2.8e-08	8.5e-07
Cilin.H10	1.0e-06	1.1e-06

Tabla XXI. Contribución de la masa y el volumen al error de la función de la densidad en cada test del cilindro hueco

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función de la densidad, utilizando las contribuciones de la masa y el volumen calculadas en cada test del cilindro hueco.

Cálculos Test	Error en la función de la Densidad
Cilin.H1	1.2e-05
Cilin.H2	1.2e-05
Cilin.H3	1.0e-05
Cilin.H4	2.7e-06
Cilin.H5	3.2e-06
Cilin.H6	1.6e-05
Cilin.H7	1.3e-05
Cilin.H8	6.1e-06
Cilin.H9	8.5e-07
Cilin.H10	1.5e-06

Tabla XXII. Error en la función de la Densidad en cada test del cilindro hueco

Test	Altura [cm]	Radio [cm]	Masa [gr]
Cilindro1	1.37	0.34	17.86
Cilindro2	2.40	0.86	21.53
Cilindro3	3.41	0.95	22.42
Cilindro4	4.11	1.01	24.60
Cilindro5	4.73	1.11	81.24
Cilindro6	5.67	1.52	88.25
Cilindro7	5.79	1.93	93.92
Cilindro8	9.29	1.99	99.44
Cilindro9	9.46	2.03	119.89
Cilindro10	9.97	2.11	120.95

Tabla XXIII. Valor de tendencia central de los datos obtenidos de la altura, el radio y la masa del cilindro en cada test.

Obteniendo datos de la media del volumen del cilindro, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (2), para hallar los volúmenes individuales en base a las medidas directas obtenidas de la medición de las dimensiones del cilindro y la Ec. (6), para hallar la media de esos volúmenes en cada test del cilindro.

Test	Media del Volumen [cm ³]
Cilindro1	0.51
Cilindro2	5.55
Cilindro3	9.66
Cilindro4	13.28
Cilindro5	18.27
Cilindro6	41.04
Cilindro7	67.65
Cilindro8	115.77
Cilindro9	122.13
Cilindro10	139.24

Tabla XXIV. Promedio del volumen de cada test

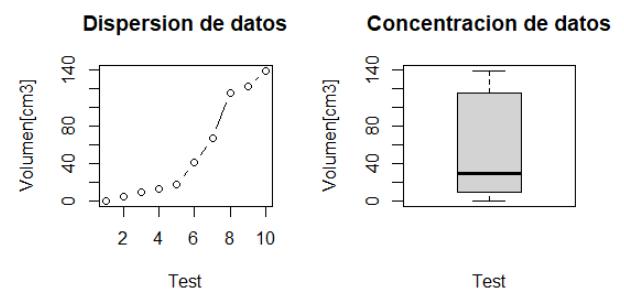


Figura 5. Media del volumen del cilindro en cada test

Obteniendo datos de la media de la altura, el radio y la masa del cilindro, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (6).

Obteniendo datos de la media de la densidad del cilindro, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (5), para hallar las densidades individuales en base

a los datos obtenidos de masa, volumen y la Ec. (6), para hallar la media de esas densidades en cada test del cilindro.

Test	Media de la Densidad [gr/cm ³]
Cilindro1	34.99
Cilindro2	3.88
Cilindro3	2.32
Cilindro4	1.85
Cilindro5	4.44
Cilindro6	2.15
Cilindro7	1.39
Cilindro8	0.86
Cilindro9	0.98
Cilindro10	0.87

Tabla XXV. Promedio de la densidad de cada test

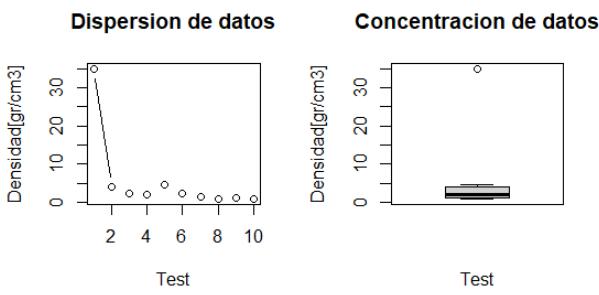


Figura 6. Media de la densidad del cilindro en cada test

Aplicando la ecuación (7), utilizando la media de la altura, el radio y la masa del cilindro obtenidos anteriormente, con la finalidad de encontrar sus desviaciones individuales en cada uno de los tests.

Aplicando la Ec. (8) a las desviaciones individuales de la altura, el radio y la masa obtenidos en cada test del cilindro, con la finalidad de determinar la desviación típica de cada uno en los diversos tests.

Aplicando la Ec. (10) a las desviaciones típicas de la altura, el radio y la masa obtenidos anteriormente en cada test, con la finalidad de calcular el error de la media en cada uno de los tests del cilindro.

Altura

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Cilindro1	1.38	3.7e-05	1.9e-06
Cilindro2	2.40	0.0019	9.6e-05
Cilindro3	3.41	4.2e-07	2.1e-08
Cilindro4	4.12	0.00094	4.7e-05
Cilindro5	4.74	0.0017	8.6e-05
Cilindro6	5.67	0.00094	4.7e-05
Cilindro7	5.79	0.00016	7.8e-06
Cilindro8	9.29	0.0022	0.00011
Cilindro9	9.46	7.3e-05	3.6e-06
Cilindro10	9.97	0.00072	3.6e-05

Tabla XXVI. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media de la altura del cilindro en cada test

Radio

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Cilindro1	0.34	0.00014	6.9e-06
Cilindro2	0.86	4.6e-06	2.3e-07
Cilindro3	0.95	0.00023	1.2e-05
Cilindro4	1.01	0.00011	5.6e-06
Cilindro5	1.11	8.9e-05	4.4e-06
Cilindro6	1.52	0.00013	6.4e-06
Cilindro7	1.93	0.00015	7.6e-06
Cilindro8	2.00	0.00021	1.1e-05
Cilindro9	2.03	8.3e-05	4.2e-06
Cilindro10	2.11	2.9e-05	1.4e-06

Tabla XXVII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media del radio del cilindro en cada test

Masa

Cálculos Test	Media [gr]	Des.Estandar	Error.Media
Cilindro1	17.86	0.0069	0.00035
Cilindro2	21.53	0.012	0.00062
Cilindro3	22.42	0.0023	0.00012
Cilindro4	24.60	0.00013	6.6e-06
Cilindro5	81.24	0.030	0.0015
Cilindro6	88.25	0.0026	0.00013
Cilindro7	93.92	0.026	0.0013
Cilindro8	99.44	0.012	0.00058
Cilindro9	119.89	0.016	0.00082
Cilindro10	120.95	0.0073	0.00037

Tabla XXVIII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media de la masa del cilindro en cada test

Obteniendo datos del error de la media del volumen, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (10), utilizando la desviación típica calculada mediante la Ec. (8) en base a las desviaciones individuales de los volúmenes, determinadas mediante la Ec. (7).

Volumen

Cálculos Test	Error.Media
Cilindro1	2.0e-05
Cilindro2	0.00022
Cilindro3	0.00024
Cilindro4	4.6e-06
Cilindro5	0.00048
Cilindro6	0.00069
Cilindro7	0.00044
Cilindro8	0.00014
Cilindro9	0.00055
Cilindro10	0.00031

Tabla XXIX. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en el volumen del cilindro en cada test

Aplicando la Ec. (12),Ec. (13),Ec. (14) a la ecuación del volumen Ec. (2), con la finalidad de calcular la contribución del radio y la altura al error de la función del volumen, utilizando las medias y los errores de la media de los mismos obtenidos en cada test del cilindro.

Cálculos Test	Contribución.Radio	Contribución.Altura
Cilindro1	2.0e-05	6.9e-07
Cilindro2	8.9e-05	0.00022
Cilindro3	0.00014	5.9e-08
Cilindro4	0.00018	0.00015
Cilindro5	0.00023	0.00033
Cilindro6	0.00037	0.00034
Cilindro7	0.00048	9.1e-05
Cilindro8	0.00080	0.0014
Cilindro9	0.00083	4.7e-05
Cilindro10	0.00091	0.00050

Tabla XXX. Contribución del radio y la altura al error de la función del volumen en cada test del cilindro

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función del volumen, utilizando las contribuciones del radio y la altura calculadas en cada test del cilindro.

Cálculos Test	Error en la función del Volumen
Cilindro1	2.0e-05
Cilindro2	0.00024
Cilindro3	0.00014
Cilindro4	0.00024
Cilindro5	0.00040
Cilindro6	0.00050
Cilindro7	0.00049
Cilindro8	0.0016
Cilindro9	0.00083
Cilindro10	0.0010

Tabla XXXI. Error en la función del volumen en cada test del cilindro

Aplicando la Ec. (12) y la Ec. (13) a la ecuación de la densidad Ec. (5), con la finalidad de calcular la contribución de la masa y del volumen al error de la función de la densidad, utilizando las medias y los errores de la media de la masa y el volumen obtenidos en cada test del cilindro.

Cálculos Test	Contribución.Masa	Contribución.Volumen
Cilindro1	0.00068	0.0013
Cilindro2	0.00011	0.00015
Cilindro3	1.2e-05	5.7e-05
Cilindro4	5.0e-07	6.5e-07
Cilindro5	8.1e-05	0.00012
Cilindro6	3.2e-06	3.6e-05
Cilindro7	1.9e-05	9.1e-06
Cilindro8	5.0e-06	1.0e-06
Cilindro9	6.7e-06	4.4e-06
Cilindro10	2.6e-06	1.9e-06

Tabla XXXII. Contribución de la masa y el volumen al error de la función de la densidad en cada test del cilindro

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función de la densidad, utilizando las contribuciones de la masa y el volumen calculadas en cada test del cilindro.

Cálculos Test	Error en la función de la Densidad
Cilindro1	0.0015
Cilindro2	0.00019
Cilindro3	5.8e-05
Cilindro4	8.2e-07
Cilindro5	0.00014
Cilindro6	3.6e-05
Cilindro7	2.1e-05
Cilindro8	5.1e-06
Cilindro9	8.0e-06
Cilindro10	3.3e-06

Tabla XXXIII. Error en la función de la Densidad en cada test del cilindro

D. MEDICIONES DE LA MONEDA

Obteniendo datos de la media del diámetro, el espesor y la masa de la moneda, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (6).

Test	Diámetro [cm]	Espesor [cm]	Masa [gr]
Moneda1	1.89	0.28	0.32
Moneda2	2.18	0.41	0.34
Moneda3	2.25	0.41	0.36
Moneda4	2.97	0.41	0.38
Moneda5	3.21	0.48	0.50
Moneda6	4.17	0.52	0.59
Moneda7	4.26	0.58	0.63
Moneda8	5.02	0.61	0.83
Moneda9	5.35	0.62	0.94
Moneda10	5.46	0.66	1.18

Tabla XXXIV. Valor de tendencia central de los datos obtenidos del diámetro, el espesor y la masa de la moneda en cada test.

Obteniendo datos de la media del volumen de la moneda, previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (4), para hallar los volúmenes individuales en base a las medidas directas obtenidas de la medición de las dimensiones de la moneda y la Ec. (6), para hallar la media de esos volúmenes en cada test de la moneda.

Test	Media del Volumen [cm^3]
Moneda1	0.77
Moneda2	1.52
Moneda3	1.61
Moneda4	2.81
Moneda5	3.86
Moneda6	7.12
Moneda7	8.21
Moneda8	12.09
Moneda9	14.01
Moneda10	15.52

Tabla XXXV. Promedio del volumen de cada test

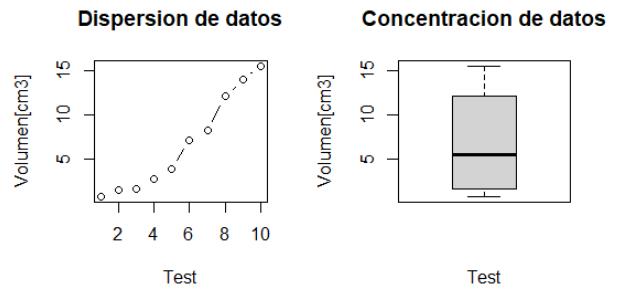


Figura 7. Media del volumen de la moneda en cada test

Obteniendo datos de la media de la densidad de la moneda previamente calculados en el trabajo de medidas indirectas realizada por Mateo Merino Vidal[3], a través de la Ec. (5), para hallar las densidades individuales en base a los datos obtenidos de masa, volumen y la Ec. (6), para hallar la media de esas densidades en cada test de la moneda.

Test	Media de la Densidad [gr/cm^3]
Moneda1	0.41
Moneda2	0.22
Moneda3	0.22
Moneda4	0.14
Moneda5	0.13
Moneda6	0.082
Moneda7	0.077
Moneda8	0.068
Moneda9	0.067
Moneda10	0.076

Tabla XXXVI. Promedio de la densidad de cada test

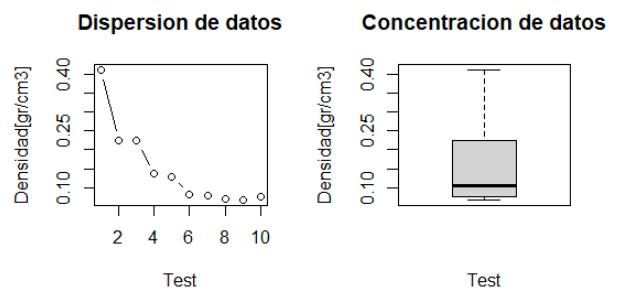


Figura 8. Media de la densidad de la moneda en cada test

Aplicando la ecuación (7), utilizando la media del diámetro, el espesor y la masa de la moneda obtenidos anteriormente, con la finalidad de encontrar sus desviaciones individuales en cada uno de los tests.

Aplicando la Ec. (8) a las desviaciones individuales del diámetro, el espesor y la masa obtenidos en cada test de la moneda, con la finalidad de determinar la desviación típica de cada uno en los diversos tests.

Aplicando la Ec. (10) a las desviaciones típicas del diámetro, el espesor y la masa obtenidos anteriormente en cada test, con la finalidad de calcular el error de la media en cada uno de los tests de la moneda.

Diámetro

Cálculos Test	Media [gr]	Des.Estandar	Error.Media
Moneda1	0.32	3.9e-05	2.00e-06
Moneda2	0.34	2.7e-05	1.3e-06
Moneda3	0.36	1.7e-05	8.6e-07
Moneda4	0.38	0.00012	6.0e-06
Moneda5	0.50	0.00012	5.9e-06
Moneda6	0.59	0.00016	7.8e-06
Moneda7	0.63	4.5e-05	2.2e-06
Moneda8	0.83	9.3e-05	4.6e-06
Moneda9	0.94	8.8e-05	4.4e-06
Moneda10	1.18	7.6e-05	3.8e-06

Tabla XXXIX. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media de la masa de la moneda en cada test

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Moneda1	1.88	0.00035	1.7e-05
Moneda2	2.18	0.00045	2.2e-05
Moneda3	2.25	0.00034	1.7e-05
Moneda4	2.97	5.04	2.5e-06
Moneda5	3.21	0.00034	1.7e-05
Moneda6	4.17	0.00047	2.4e-05
Moneda7	4.26	0.00074	3.7e-05
Moneda8	5.02	0.00038	1.9e-05
Moneda9	5.35	7.8e-05	3.9e-06
Moneda10	5.46	0.00023	1.2e-05

Tabla XXXVII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media del diámetro de la moneda en cada test

Espesor

Cálculos Test	Media [cm]	Des.Estandar	Error.Media
Moneda1	0.28	1.6e-05	7.9e-07
Moneda2	0.40	4.1e-05	2.1e-06
Moneda3	0.40	2.5e-05	1.2e-06
Moneda4	0.41	7.7e-05	3.8e-06
Moneda5	0.48	2.9e-05	1.4e-06
Moneda6	0.52	5.8e-05	2.9e-06
Moneda7	0.58	2.8e-05	1.4e-06
Moneda8	0.61	2.3e-05	1.2e-06
Moneda9	0.62	2.6e-05	1.3e-06
Moneda10	0.66	1.0e-05	5.0e-07

Tabla XXXVIII. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media del espesor de la moneda en cada test

Masa

Cálculos Test	Error de la Media
Moneda1	1.6e-05
Moneda2	3.9e-05
Moneda3	2.0e-05
Moneda4	3.1e-05
Moneda5	5.2e-05
Moneda6	0.00012
Moneda7	0.00012
Moneda8	6.8e-05
Moneda9	5.0e-05
Moneda10	7.8e-05

Tabla XL. Punto de tendencia central, desviaciones y error de la media en el volumen de la moneda en cada test

Aplicando la Ec. (12),Ec. (13),Ec. (14) a la ecuación del volumen Ec. (4), con la finalidad de calcular la contribución del diámetro y el espesor al error de la función del volumen, utilizando las medias y los errores de la media de los mismos obtenidos en cada test de la moneda.

Cálculos Test	Contribución.Diámetro	Contribución.Espesor
Moneda1	1.4e-05	2.2e-06
Moneda2	3.1e-05	7.8e-06
Moneda3	2.5e-05	4.9e-06
Moneda4	4.8e-06	2.7e-05
Moneda5	4.1e-05	1.2e-05
Moneda6	8.1e-05	4.0e-05
Moneda7	0.00014	1.98
Moneda8	9.1e-05	2.3e-05
Moneda9	2.0e-05	2.9e-05
Moneda10	6.6e-05	1.2e-05

Tabla XLI. Contribución del diámetro y el espesor al error de la función del volumen en cada test de la moneda

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función del volumen, utilizando las contribuciones del diámetro y el espesor calculadas en cada test de la moneda.

Aplicando la Ec. (15), con la finalidad de calcular el error de la función del volumen, utilizando las contribuciones de la masa y el volumen calculadas en cada test de la moneda.

Cálculos Test	Error en la función de la Densidad
Moneda1	9.1e-06
Moneda2	5.8e-06
Moneda3	2.8e-06
Moneda4	2.6e-06
Moneda5	2.3e-06
Moneda6	1.8e-06
Moneda7	1.2e-06
Moneda8	5.4e-07
Moneda9	3.9e-07
Moneda10	4.5e-07

Tabla XLIV. Error en la función de la Densidad en cada test de la moneda

Cálculos Test	Error en la función del Volumen
Moneda1	1.4e-05
Moneda2	3.2e-05
Moneda3	2.5e-05
Moneda4	2.7e-05
Moneda5	4.2e-05
Moneda6	9.0e-05
Moneda7	0.00014
Moneda8	9.4e-05
Moneda9	3.6e-05
Moneda10	6.7e-05

Tabla XLII. Error en la función del volumen en cada test de la moneda

Aplicando la Ec. (12) y la Ec. (13) a la ecuación de la densidad Ec. (5), con la finalidad de calcular la contribución de la masa y del volumen al error de la función de la densidad, utilizando las medias y los errores de la media de la masa y el volumen obtenidos en cada test de la moneda.

Cálculos Test	Contribución.Masa	Contribución.Volumen
Moneda1	2.5e-06	8.8e-06
Moneda2	8.8e-07	5.8e-06
Moneda3	5.3e-07	2.8e-06
Moneda4	2.1e-06	1.5e-06
Moneda5	1.5e-06	1.8e-06
Moneda6	1.1e-06	1.4e-06
Moneda7	2.7e-07	1.2e-06
Moneda8	3.8e-07	3.8e-07
Moneda9	3.2e-07	2.4e-07
Moneda10	2.4e-07	3.8e-07

Tabla XLIII. Contribución de la masa y el volumen al error de la función de la densidad en cada test de la moneda

IV. RESULTADOS

A. ESFERA

Volumen

Se puede observar en la Fig.1 que en el caso del volumen, los tests (1,2,3,4,5,6) de los datos obtenidos en los tests de la esfera en la Tabla.VIII poseen un mínimo error de la función del volumen menor a 0,0020, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones de la esfera, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests de la esfera en la Tabla.VIII poseen un error de la función del volumen mayor a 0,0030.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.1, se evidencia que los datos están muy dispersos y que su distribucion no es simétrica como en la campana de Gauss, sino sesgada a uno de los extremos.

Asimismo se observa que la función que estamos observando no es mas que una función exponencial, de forma creciente.

Densidad

Se puede observar en la Fig.2 que en el caso de la densidad, los tests (2,3,4,5,6,7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests de la esfera en la Tabla.X poseen un mínimo error de la función de la densidad menor a 0,000099, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las

dimensiones de la esfera, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, el test2 de los datos obtenidos en los tests de la esfera en la Tabla.X posee un error de la función de la densidad mayor a 0,00010.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.2, se evidencia que los datos están concentrados en un solo lugar y que su distribución es simétrica como en la campana de Gauss.

B. CILINDRO HUECO

Volumen

Se puede observar en la Fig.3 que en el caso del volumen, los tests (1,2,3,4,5,6,7) de los datos obtenidos en los tests del cilindro hueco en la Tabla.XX poseen un mínimo error de la función del volumen menor a 0,0030, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones del cilindro hueco, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (8,9,10) de los datos obtenidos en los tests del cilindro hueco en la Tabla.XX poseen un error de la función del volumen mayor a 0,0050.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.3, se evidencia que los datos están muy dispersos y que su distribución no es simétrica como en la campana de Gauss, sino sesgada a uno de los extremos.

Asimismo se observa que la función que estamos observando no es más que una función exponencial, de forma creciente.

Densidad

Se puede observar en la Fig.4 que en el caso de la densidad, los tests (4,5,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests del cilindro hueco en la Tabla.XXII poseen un mínimo error de la función de la densidad menor a 0,0000080, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones del cilindro hueco, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (1,2,3,6,7) de los datos obtenidos en los tests del cilindro hueco en la Tabla.XXII poseen un error de la función de la densidad mayor a 0,0000095.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.4, se evidencia que los datos están dispersos y que su distribución no es simétrica como en la campana de

Gauss, sino sesgada a uno de los extremos.

C. CILINDRO

Volumen

Se puede observar en la Fig.5 que en el caso del volumen, los tests (1,2,3,4) de los datos obtenidos en los tests del cilindro en la Tabla.XXXI poseen un mínimo error de la función del volumen menor a 0,00030, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones del cilindro, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (5,6,7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests del cilindro en la Tabla.XXXI poseen un error de la función del volumen mayor a 0,00037.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.5, se evidencia que los datos están extremadamente dispersos y que su distribución no es simétrica como en la campana de Gauss, sino sesgada a uno de los extremos.

Asimismo se observa que la función que estamos observando no es más que una función exponencial, de forma creciente.

Densidad

Se puede observar en la Fig.6 que en el caso de la densidad, los tests (2,3,4,5,6,7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests del cilindro en la Tabla.XXXIII poseen un mínimo error de la función de la densidad menor a 0,00090, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones del cilindro, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, el test1 de los datos obtenidos en los tests del cilindro en la Tabla.XXXIII posee un error de la función de la densidad mayor a 0,0010.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.6, se evidencia que los datos están concentrados en un solo lugar y que su distribución es simétrica como en la campana de Gauss.

D. MONEDA

Volumen

Se puede observar en la Fig.7 que en el caso del volumen, los tests (1,2,3,4) de los datos obtenidos en los tests de la moneda en la Tabla.XLII poseen un mínimo error

de la función del volumen menor a 0,000033, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones de la moneda, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (5,6,7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests de la moneda en la Tabla.XLII poseen un error de la función del volumen mayor a 0,000034.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.7, se evidencia que los datos están muy dispersos y que su distribución no es simétrica como en la campana de Gauss, sino sesgada a uno de los extremos.

Asimismo se observa que la función que estamos observando no es más que una función exponencial, de forma creciente.

Densidad

Se puede observar en la Fig.8 que en el caso de la densidad, los tests (7,8,9,10) de los datos obtenidos en los tests de la moneda en la Tabla.XLIV poseen un mínimo error de la función de la densidad menor a 0,0000015, además de que al ser directamente proporcional a las medidas directas tomadas en la mensuración de las dimensiones de la moneda, evidencia que las medidas directas fueron tomadas de manera muy precisa, con un instrumento correctamente calibrado.

Sin embargo, los tests (1,2,3,4,5,6) de los datos obtenidos en los tests de la moneda en la Tabla.XLIV poseen un error de la función de la densidad mayor a 0,0000016.

Analizando los tests en general, en base a la Fig.8, se evidencia que los datos están extremadamente dispersos y que su distribución no es simétrica como en la campana de Gauss, sino sesgada a uno de los extremos. Asimismo se observa que la función que estamos observando no es más que una función exponencial, de forma decreciente.

V. DISCUSIÓN

Se observa que al analizar estadísticamente las series de medidas de cada test tomado a las dimensiones de las diversas figuras tridimensionales, éstas permiten observar una clara diferencia entre la distribución de datos respecto al punto de tendencia central de cada serie, ya que en algunas series la distribución de los datos resulta ser asimétrica, indicando que la mayor concentración de datos tiende a uno de los extremos de la gráfica dándole a esta una figura similar al de una curva sesgada, pero en otros casos la misma llega

a ser aproximadamente simétrica, teniendo una figura similar al de la campana de Gauss, indicando que la concentración de datos está mayormente por la media.

También se demuestra que los errores de las medidas indirectas dependen de la precisión con la que se tomaron las medidas directas de las dimensiones de las figuras tridimensionales.

En este caso el error en la función de las medidas indirectas del volumen y la densidad fue mínima, indicando que las medidas directas tomadas de la mensuración de las dimensiones de las figuras tridimensionales fueron tomadas con mucha precisión y un instrumento bien calibrado.

Como en el caso del test3 de la esfera en la Tabla.VIII con un mínimo error de la función del volumen de 0,00010

VI. CONCLUSIONES

Se concluyó que:

1. Los datos obtenidos en cada serie de medidas directas de las mediciones realizadas a las dimensiones de las figuras tridimensionales como la esfera, el cilindro hueco, el cilindro y la moneda son distintos entre ellos, evidenciando una gran diferencia en su dispersión alrededor del punto de tendencia central, a la hora de analizar los datos.
2. El error cometido en las medidas directas tomadas de las dimensiones de las figuras tridimensionales, también afectará al volumen y la densidad de cada figura, debido a que éstas son medidas indirectas y a la hora de utilizar cálculos y ecuaciones para obtenerlos, dependen de las medidas directas anteriormente tomadas de las dimensiones de las figuras, es decir que son proporcionales. Debido a que se tomó con mucha precisión las medidas directas, los errores de la función del volumen y la densidad en cada test de las figuras fue mínimo.

Como se observa:

-Esfera: En su volumen en el test3 de la Tabla.VIII, con un error de la función del 0,00010.

-Cilindro Hueco: En su densidad en el test4 de la Tabla.XXII, con un error de la función del $2,7e - 06$.

-Cilindro: En su volumen en el test1 de la Tabla.XXI, con un error de la función del $2,0e - 05$.

-Moneda: En su densidad en el test4 de la Tabla.XLIV, con un error de la función del $2,6e - 06$.

VII. BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- [1] Pedro M. Diaz R y Edwin A. Torrellas V. “Errores en la Medida y su Propagación”. En: () .
- [2] Eleonora Espinoza. “Variables y operacionalización”. En: (2016).
- [3] Merino Vidal Mateo. “Desviación en medidas indirectas”. En: (2023).