

HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS PARA LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL EN EL ÁREA DE FÍSICA

Johel Aldo Tarazona Guillen

johel.tarazona@colegiomayor.edu.pe; joheltarazona@gmail.com

Colegio Mayor Presidente del Perú COAR – LIMA, Perú
Universidad Nacional del Callao, Perú

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo socializar experiencias obtenidas con estudiantes del 4to año del curso de física en el Colegio Mayor Presidente del Perú de la Red COAR, en el uso de herramientas matemáticas para la experimentación científica. Se muestran evidencias elaboradas por los estudiantes donde se utilizan herramientas tecnológicas de procesamiento de datos, se interpretan y se modelan fenómenos físicos. En la determinación de la aceleración de la gravedad, teniendo como resultados representaciones gráficas de funciones reales (lineal y cuadrática). Además, se describen las etapas de la indagación científica para un aprendizaje significativo, el uso de la matemática en las operaciones algebraicas, la línea de mejor ajuste, interpretación de la pendiente, el significado del coeficiente de determinación, el porcentaje de error y el manejo de incertidumbres.

Palabras clave: Física, indagación, aprendizaje, modelación

Introducción

La física es una ciencia experimental; actualmente es la base del crecimiento científico y tecnológico de una nación. En el Currículo Nacional (2016) de la educación básica regular, el área de ciencia y tecnología (antes ciencia tecnología y ambiente) desarrolla tres competencias: la indagación mediante el uso del método científico para construir sus conocimientos, explica el mundo físico basándose en el conocimiento sobre los seres vivos, materia y energía, biodiversidad, tierra y universo, diseña y construye soluciones tecnológicas para resolver problemas de su entorno. En consecuencia, la enseñanza de la física, la teoría y la práctica son importantes y necesarias para desarrollar significativamente las competencias mencionadas.

Por su propia naturaleza, la enseñanza de la física se presta para la aplicación de un método experimental, y se requiere, no solo, de sesiones de aprendizaje significativas sino también de la planificación de experiencias científicas con el objetivo de que los estudiantes realicen experiencias significativas de un fenómeno natural y/o construyan sus conocimientos o redescubran principios o leyes científicas al establecer relaciones entre variables y promover una actitud científica que parte de su propia curiosidad, admiración y exploración de la naturaleza, entre otras. Al respecto,

La actividad experimental hace más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en cuanto despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas y explicar y comprender los fenómenos con los cuales interactúan en su cotidianidad.

Una clase teórica de ciencias, de la mano de la mano de la enseñanza experimental creativa y continua, puede aportar al desarrollo en los estudiantes de algunas de las habilidades que exige la construcción de conocimiento científico. (López y Tamayo, 2012, p. 148)

En consecuencia, teoría y práctica conforman una unidad dialéctica en el desarrollo de las ciencias específicamente en la enseñanza de la física.

Para desarrollar la competencia Indaga mediante métodos científicos y para construir sus conocimientos se requiere la combinación de las siguientes capacidades.

Problematiza situaciones para hacer indagación: plantea preguntas sobre hechos y fenómenos naturales, interpreta situaciones y formula hipótesis.

Diseña estrategias para hacer indagación: proponer actividades que permitan construir un procedimiento, seleccionar materiales, instrumentos e información para comprobar o refutar las hipótesis.

Genera y registra datos o información: obtener, organizar y registrar datos fiables en función de las variables, utilizando instrumentos y diversas técnicas que permitan comprobar o refutar las hipótesis.

Analiza datos e información: interpretar los datos obtenidos en la indagación, contrastarlos con las hipótesis e información relacionada al problema para elaborar conclusiones que comprueban o refutan las hipótesis.

Evalúa y comunica el proceso y resultados de su indagación: identificar y dar a conocer las dificultades técnicas y los conocimientos logrados para cuestionar el grado de satisfacción que la respuesta da a la pregunta de indagación. (Diseño Curricular, 2016, p.120)

Cuando el estudiante desarrolla la competencia *Indaga mediante métodos científicos en una práctica experimental en el laboratorio*, requiere de habilidades matemáticas. Algunas habilidades requeridas son la interpretación de modelos matemáticos, el dibujo, gráficos a escalas que muestren una relación lineal y no lineal, el dibujo líneas de tendencia en un diagrama de dispersión, la interpretación de los gráficos y su respectiva pendiente, la graficar de la gradiente (pendiente) máxima y mínima, considerando barras de error y la expresión de incertidumbres. Es relevante considerar que estas habilidades requeridas como requisitos tienen un soporte en Currículo nacional (2016) a la competencia del área de matemática *Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre*, la cual se expresa de la siguiente manera:

Consiste en que el estudiante analice datos sobre un tema de interés o estudio o de situaciones aleatorias, que le permitan tomar decisiones, elaborar predicciones razonables y conclusiones respaldadas en la información producida. Para ello, el estudiante recopila, organiza y representa datos que le dan insumos para el análisis, interpretación e inferencia del comportamiento determinista o aleatorio de la situación usando medidas estadísticas y probabilísticas. (Diseño Curricular, 2016, p.141)

La competencia *Indaga mediante métodos científicos para construir sus conocimientos* se relaciona principalmente con la competencia *Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre* como herramienta matemática y desarrollo de las siguientes capacidades:

Representa datos con gráficos y medidas estadísticas o probabilísticas: es representar el comportamiento de un conjunto de datos, seleccionando tablas o gráficos estadísticos, medidas de tendencia central, de localización o dispersión. Reconocer variables de la población o la muestra al plantear un tema de estudio. Así también implica el análisis de situaciones aleatorias y representar la ocurrencia de sucesos mediante el valor de la probabilidad.

Comunica la comprensión de los conceptos estadísticos y probabilísticos: es comunicar su comprensión de conceptos estadísticos y probabilísticos en relación a la situación. Leer, describir e interpretar información estadística contenida en gráficos o tablas provenientes de diferentes fuentes.

Usa estrategias y procedimientos para recopilar y procesar datos: es seleccionar, adaptar, combinar o crear una variedad de procedimientos, estrategias y recursos para recopilar, procesar y analizar datos, así como el uso de técnicas de muestreo y el cálculo de las medidas estadísticas y probabilísticas.

Sustenta conclusiones o decisiones con base en información obtenida: es tomar decisiones, hacer predicciones o elaborar conclusiones y sustentarlas con base en la información obtenida del procesamiento y análisis de datos, así como de la revisión o valoración de los procesos. (Diseño Curricular, 2016, p.141)

Modelamiento matemático en la práctica experimental

Los cálculos son importantes en el trabajo teórico y práctico. Para explicar un fenómeno natural se necesita un modelo matemático para relacionar las magnitudes que se investiga. En la práctica para determinar la aceleración de la gravedad los estudiantes proponen el siguiente modelo matemático mostrada en la Figura 1.

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2 \quad \rightarrow \quad s = 0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\therefore s = \frac{1}{2}gt^2 \quad \rightarrow \quad y = mx + b$$

Figura 1. Modelo matemático

Nota: Informe de los estudiantes.

Como se observa, se relaciona la variable altura (s) y tiempo (t). El modelo matemático propuesto por los estudiantes establece una relación entre dichas variables la cual permite reconocer las variables (dependiente, independiente y controladas), formular la pregunta de investigación, plantear la hipótesis. Luego que los estudiantes proponen la metodología adecuada, realizan las mediciones para obtener los datos necesarios, teniendo en cuenta la calibración y la manipulación de los instrumentos para disminuir el error sistemático y aleatorio. Lo estimado se registra en tablas de datos agrupados. Los datos se obtienen repitiendo cinco veces la medición del tiempo para cada una de las diferentes alturas con el fin de disminuir el error aleatorio. La información se muestra en la Figura 2.

Datos brutos de las cinco repeticiones del experimento						Datos procesados de las cinco repeticiones del experimento del tiempo		
s / m ± 0.05	t / s ± 0.0001					s / m ± 0.05	t / s	Δt (s)
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅			
0.10	0.1317	0.1197	0.1225	0.1447	0.1160	0.10	0.1269	0.0144 ± 0.01
0.20	0.1897	0.1989	0.1859	0.2005	0.1889	0.20	0.1928	0.0073 ± 0.007
0.30	0.2330	0.2365	0.2339	0.2529	0.2398	0.30	0.2392	0.0099 ± 0.01
0.40	0.2669	0.2712	0.2723	0.2721	0.2857	0.40	0.2736	0.0094 ± 0.01
0.50	0.3179	0.3225	0.3097	0.3057	0.3085	0.50	0.3129	0.0084 ± 0.009

Nota: autoría propia

Figura 2. Tabla de datos

Nota: Informe de los estudiantes.

Para construir la tabla de datos procesados se requiere realizar cálculos algebraicos donde $t = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{5}$ y $\Delta t = \frac{t_{max}-t_{min}}{2}$. Con la tabla de datos procesados, se construye la gráfica.

Representación y análisis del gráfico

Según Medina (2017), las gráficas de un experimento son instrumentos teóricos- visuales que contiene mucha información (p.66). Con la información de la tabla de datos procesados y el uso del software Excel, se construye la siguiente figura 3:

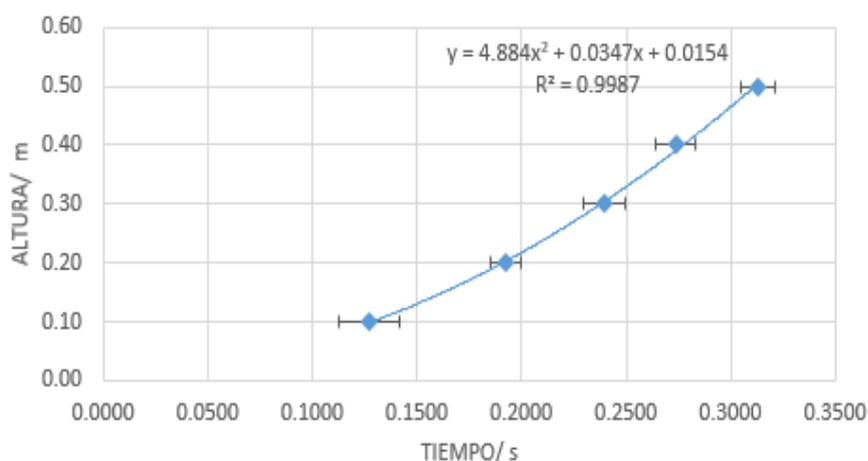


Figura 3. Línea de tendencia de la variable altura y tiempo

Nota. Informe de laboratorio de los estudiantes.

La curva sobre los puntos experimentales representa la tendencia de los datos. La línea de mejor ajuste no pasa exactamente por todos los puntos, debido a la incertidumbre aleatoria de las medidas.

Con la ayuda de Excel, los estudiantes realizan la línea de mejor ajuste y muestran la ecuación de la función. La función es de segundo grado de la forma $f(x) = ax^2 + bx + c$. La curva indica que la velocidad del móvil aumenta. Sobre R^2 , Martínez (2005) declara que es la confiabilidad de la línea de mejor ajuste, sus límites son $0 \leq R^2 \leq 1$; si R^2 es igual a 1, significa un ajuste lineal perfecto (p. 321). En la experiencia desarrollada por los estudiantes el R^2 es 0.9987, el grado de confiabilidad de la línea de mejor ajuste es grande y significa que pasa por la mayor cantidad de puntos de la muestra; y las que no, pasa cortando las barras de error.

Del modelo matemático $s = \frac{1}{2}gt^2$, los estudiantes interpretarán que la altura (s) es proporcional al cuadrado del tiempo (t^2) y realizarán los cálculos adecuados para obtener t^2 para luego construir la Figura 4.

Datos procesados del tiempo promedio al cuadrado (t^2) con su respectiva incertidumbre.

Altura (S) / m \pm 0.05	Tiempo promedio al cuadrado (t^2) / s ²	$\Delta(t^2)$ / s ²
0.10	0.0162	0.0037 \cong 0.004
0.20	0.0372	0.0028 \cong 0.003
0.30	0.0573	0.0048 \cong 0.005
0.40	0.0749	0.0052 \cong 0.005
0.50	0.0979	0.0053 \cong 0.005

Nota: Datos para poder obtener un relación directamente proporcional o lineal. Autoría propia

Figura 4. Tabla de datos altura y tiempo al cuadrado

Nota: Informe de los estudiantes.

Teniendo las variables adecuadas según el modelo matemático, se usa el programa Excel para procesar y elaborar la gráfica s versus t^2 . El resultado se muestra en la Figura 5.

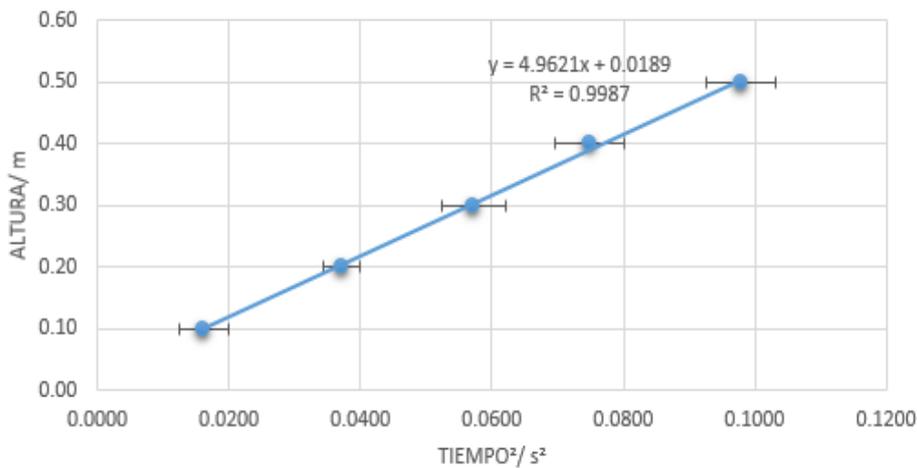


Figura 5. Línea de tendencia altura versus tiempo al cuadrado

Nota: Informe de los estudiantes.

La linealización de la gráfica permite relacionar las variables según el modelo matemático. La ecuación de la función tiene la forma de $f(x) = ax + b$. Como se muestra en la Figura 6.

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow s = mt^2 \quad \therefore \frac{1}{2}g = m \rightarrow g = 2m$$

$$m = 4.9621 \quad g = 2 \times 4.9621$$

$$g = 9.9242 \text{ m s}^{-2}$$

Figura 6. Calculo de la pendiente

Nota: Informe de los estudiantes.

Sabiendo que $m = \frac{1}{2}g$ y teniendo en cuenta el valor de pendiente m igual a 4.9621, al realizar las operaciones se obtiene que $g = 9.9242 \text{ m s}^{-2}$. La pendiente es una magnitud física y presenta incertidumbre.

Calculo de la incertidumbre de la pendiente

Los estudiantes usan Excel para representar la pendiente máxima y mínima, considerando su respectivas ecuaciones, y R^2 para realizar el calculo de la incertidumbre de la pendiente con una operación aritmética. Las pendientes se observan en el gráfica elaboradas por los estudiantes en la Figura 7.

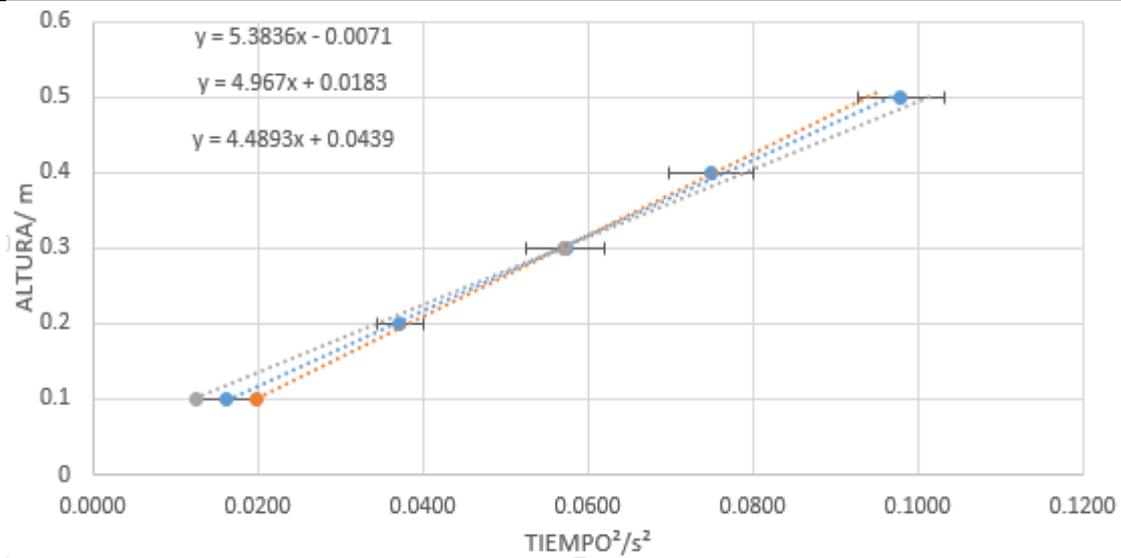


Figura 7. Línea de tendencia para pendiente máxima y mínima.

Nota: Informe de los estudiantes.

Identificando m de cada línea de máxima y mínima pendiente, con el modelo matemático se realiza las operaciones algebraicas para determinar dichas pendientes máxima y mínima. El resultado se observa la Figura 8.

Hallando la aceleración en la gravedad con la pendiente máxima:	Hallando la aceleración en la gravedad con la pendiente mínima:
$g = 2m \rightarrow m = 5.3836$	$g = 2m \rightarrow m = 4.4893$
$g = 2 \times 5.3836 \rightarrow g = 10.7672$	$g = 2 \times 4.4893 \rightarrow g = 8.9786$
$\therefore g_{max} = 10.7672 \text{ms}^{-2}$	$\therefore g_{min} = 8.9786 \text{ms}^{-2}$

Mediante esto hallamos la incertidumbre de la aceleración de la gravedad:

$$\Delta g = \frac{(g_{max} - g_{min})}{2} \rightarrow \Delta g = \frac{(10.7672 - 8.9786)}{2}$$

$$\Delta g = 0.8943 \text{ms}^{-2}$$

Entonces obtenemos que $g = 9.9242 \pm 0.8943 \cong 9.9 \pm 0.9 \text{ms}^{-2}$

Figura 8. Operaciones algebraicas para determinación de la pendiente máxima y mínima.

Nota: Informe de los estudiantes.

Los estudiantes en la indagación bibliográfica utilizan como valor teórico de la aceleración de la gravedad es 9.81 m s^{-2} . Para calcular el porcentaje de error aplican la siguiente expresión algebraica: $\%error = \frac{|Valor\ teórico - Valor\ experimental|}{Valore\ teórico} \times 100$, donde el valor teórico y experimental son 9.81 y 9.92 respectivamente; como resultado de la operación, se obtiene que el porcentaje de error es 1,12 %.

En la práctica experimental, es relevante que los estudiantes formulen sus conclusiones, basándose en la interpretación de los resultados obtenidos (valor experimental) con los valores de la literatura (valor teórico) o de otras investigaciones. La conclusión de los estudiantes se observa la Figura 9.

Llegamos a concluir que mediante la experimentación de un objeto en caída libre e incluso con la ayuda del modelo matemático con el que se contaba $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$, podemos estimar la aceleración de la gravedad, además es muy importantes trabajar con precisión y responsabilidad al realizar la experimentación para evitar errores aleatorios y sistemáticos que alteren nuestros resultados. Además, cabe mencionar que el trabajo en equipo hace eficaz la obtención de datos y la interpretación de ellos, por tanto, tras todo el proceso se obtuvo como valor experimental que la aceleración de la gravedad es $9.9242 \pm 0.8943 \text{ms}^{-2} \cong 9.9 \pm 0.9 \text{ms}^{-2}$ y considerando el valor teórico 9.81ms^{-2} se obtuvo un error porcentual de 1.12%.

Figura 9. Conclusión

Nota: Informe de los estudiantes.

Conclusiones

La matemática, como herramienta en la práctica experimental en el área de física ayuda a cuantificar y relacionar las variables, es decir, en la comprensión de los principios fundamentales de la ciencia. La competencia Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre del área

de matemática se relaciona significativamente como herramienta matemática con la competencia Indaga mediante métodos científicos para construir sus conocimientos. La actividad experimental no solo se debe considerar una forma de construir conocimientos sino también de redescubrirlos y como una oportunidad de fortalecer y desarrollar otras competencias en los estudiantes. De esta manera, se lograrán estudiantes indagadores, críticos y buenos comunicadores. La metodología de trabajo mostrado en este artículo se realiza con regularidad en los diferentes temas de la malla curricular en CMSPP COAR-LIMA.

Referencias

- Perú, Ministerio de Educación. (2017). *Curriculo Nacional de la Educación Basica*. Lima: Autor
- Lopez, A y Tamayo, O. (2012). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 8(1), 145-166. Consultado el 28 de octubre del 2019. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
- Medina, C. (2017). *Breve introducción a la teoría de errores y la graficación* (1a ed.) México, DF: Universidad Autonoma de Aguascalientes.
- Martínez, E. (2005). *Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal*. Anuario Jurídico y Económico Escuriealense, XXXVIII, 315-332. Consultado el 26 de octubre del 2019. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1143023.pdf>
- Estudiantes del 4to grado de secundaria del Colegio Mayor Secundario Presidente del Perú COAR LIMA (2019). *Determinando la aceleración de la gravedad en CVH*. Informe práctica experimental de laboratorio de física. Lima: Autor