

*Propuesta didáctica para modelar, estadísticamente,
errores de medición en las ciencias naturales de los
grados décimo y once*

GLADYS MARITZA SÁNCHEZ BELLO

CÓDIGO: 1186834



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES
BOGOTÁ, D.C.
JULIO DE 2013

*Propuesta didáctica para modelar, estadísticamente,
errores de medición en las ciencias naturales de los
grados décimo y once*

GLADYS MARITZA SÁNCHEZ BELLO

CÓDIGO: 1186834

TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DIRECTOR
PEDRO NEL PACHECO DURÁN
MAGÍSTER EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN ESTADÍSTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES
BOGOTÁ, D.C.
JULIO DE 2013

Título en español

Propuesta didáctica para modelar, estadísticamente, errores de medición en las ciencias naturales de los grados décimo y once.

Title in English

Didactic proposal in order to statistically model the measurement errors in the natural sciences of the grades tenth and eleventh

Resumen: El tratamiento estadístico del error de medición dado en diferentes contextos o ciencias permite establecer relaciones interdisciplinarias. La incursión del tema en el aula matemática se hace desde situaciones experimentales, que sirvan a los estudiantes para tener una participación dinámica durante el desarrollo de sus capacidades metacognitivas, tales como: medición, clasificación, comparación, descripción, predicción, formulación de hipótesis y postulación de modelos.

Esto motiva la realización de la propuesta didáctica, dirigida a los grados de educación media 10° y 11°. Se realiza su aplicación en grado décimo de una Institución Educativa Distrital, con el fin de evidenciar el manejo del error de medición en ciencias desde su reconocimiento hasta su tratamiento estadístico al evaluar la precisión y exactitud de los datos estadísticos obtenidos utilizando diferentes experimentos en ciencias.

Abstract: The statistical treatment of an error measurement given in different contexts or sciences allows settling grows interdisciplinary relationships. The incursion of the error to the mathematical classroom from experimental situations that allow students to have a more dynamic participation, developing metacognitive capacities like: measurement, classification, comparison, description, prediction, formulation of hypotheses and postulation of models.

This has motivated the aim of this didactic proposal which has been leaded for tenth and eleventh grades. The application of a didactic unit is made with tenth grade at an Educational Institution district I.E.D., with the aim of verifying the dealing with the error of measurement in sciences from its knowledge to its statistical treatment to assess the exactness and precision statistic data in order to obtain utilizing different experiments in sciences.

Palabras clave: Error de medición, Estadística descriptiva y exploratoria de datos, medición en ciencias naturales, precisión, exactitud, experimento, modelo estadístico, capacidades meta cognitivas.

Keywords: Error of measurement, Descriptive and exploratory statistics of data, measurement in natural sciences, precision, exactness, experiment, statistical model, metacognitive capacities.

Nota de aceptación

Trabajo de tesis

Jurado

Director
Pedro Nel Pacheco Durán

Bogotá, D.C., Julio de 2013

Dedicatoria

Las oportunidades o bendiciones que la vida nos da, nos prueban como personas racionales, emotivas y conscientes, el sentido de nuestra existencia se la debemos a la misión con la que nos comprometemos, este logro no es para mí, sino para mi esposo, mi bebé y mis estudiantes, a quienes amo y deseo muchos éxitos.

Lucho cada día por ser mejor persona, profesional, esposa y madre, la motivación que me llena de fuerza, sueños, fortaleza, amor y persistencia, es poder capacitarme para brindar lo mejor de mí a cada ser que me rodea y desde mi labor contribuir a hacer un mundo más ecuánime.

A mis colegas

El niño no es una botella que hay que llenar, sino un fuego que es preciso encender.
Michel de Montaigne

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la fortaleza, persistencia y salud que me dio para culminar esta meta, a mi director de trabajo de grado Pedro Nel Pacheco y al docente Luis Guillermo Díaz quienes son excelentes educadores y tienen una gran calidad como seres humanos, que se vio manifestada durante el proceso de la elaboración de este trabajo de grado con su experiencia, apoyo, consejo y dedicación. Al igual a otros docentes y colegas que intervinieron con su experiencia y colaboración en la realización de este trabajo de grado.

Un profundo agradecimiento a mi familia y mi esposo que me apoyaron durante este proceso por superarme a nivel profesional e intelectual, a mi bebé que me llenó de energía, amor y fortaleza brindándome la tranquilidad de su bienestar y la disposición física para culminar esta meta tan importante en mi vida.

Índice general

Índice general	I
Índice de figuras	IV
1. Capítulo: Marco Teórico	1
1.1. Marco didáctico	1
1.1.1. Medida de las magnitudes	1
1.1.2. Enseñanza de la Estadística	2
1.1.3. Aprendizaje Activo y desarrollo de capacidades metacognitivas	3
1.2. Marco Epistemológico	4
1.3. Marco disciplinar	5
1.3.1. Tratamiento estadístico del error de medición	8
1.4. Marco pedagógico	10
1.4.1. Obstáculos de origen didáctico y epistemológico en las mediciones	11
2. Capítulo: La propuesta didáctica	12
2.1. Actividad diagnóstico sobre el tratamiento estadístico del error para grado décimo	12
2.1.1. Introducción	12
2.1.2. Objetivo	12
2.1.3. Descripción de la actividad	12
2.1.4. Indicadores de logro	13
2.1.5. Rol del profesor	13
2.2. Diseño de las actividades experimentales de aula para grado décimo	15
2.2.1. Actividad de caída libre de un objeto	15
2.2.1.1. Introducción	15
2.2.1.2. Objetivo	16

2.2.1.3.	Descripción de la actividad	16
2.2.1.4.	Referente teórico	16
2.2.1.5.	Indicadores de logro	17
2.2.1.6.	Rol del profesor	17
2.2.1.7.	Manual de la práctica	18
2.3.	Actividad de determinación de la densidad del etanol	21
2.3.0.8.	Introducción	21
2.3.0.9.	Objetivo	21
2.3.0.10.	Descripción de la actividad	21
2.3.0.11.	Referente teórico	22
2.3.0.12.	Indicadores de logro	22
2.3.0.13.	Rol del profesor	23
2.3.0.14.	Manual de la práctica	23
2.3.1.	Actividad de determinación del valor del número Pi (π)	27
2.3.1.1.	Introducción	27
2.3.1.2.	Objetivo	27
2.3.1.3.	Descripción de la actividad	27
2.3.1.4.	Referente teórico	28
2.3.1.5.	Indicadores de Logro	28
2.3.1.6.	Roles del profesor	29
2.3.1.7.	Manual de la práctica	29
3.	Capítulo: Aplicación de la propuesta didáctica	33
3.1.	Caracterización del grupo de trabajo	33
3.2.	Conclusiones de la aplicación de la actividad diagnóstico	33
3.3.	Conclusiones de la aplicación de las actividades experimentales	34
3.3.1.	Categorías de análisis	35
3.3.1.1.	Aspectos cognitivos	35
3.3.1.2.	Aspectos Metacognitivos	37
	Conclusiones	39
	Anexo 1 : Bitácora de la actividad diagnóstico	41
	Anexo 2: Bitácora de la actividad experimental en Física	46
	Anexo 3: Bitácora de la actividad experimental en Química	49

Anexo 4: Bitácora de la actividad experimental en Geometría	51
Bibliografía	54

Índice de figuras

- Figura1.1 Arco del meridiano terrestre medido por Gauss.
- Figura1.2 Imagen sobre el cálculo de la órbita de Ceres.
- Figura1.3 Libro *Theoria Motus Corporum Coelestium* (1809).
- Figura1.4 Esquema conceptual del marco disciplinar.
- Figura1.5 Figura ilustrativa del concepto de precisión y exactitud

Capítulo: Marco Teórico

1.1. Marco didáctico

Se realizó una revisión sobre investigaciones acerca de la enseñanza del error de medición dentro de la experimentación en el aula, pero fue escasa la bibliografía sobre el tema. Por lo cual los antecedentes didácticos tenidos en cuenta en este trabajo se refieren, a estudios sobre la medida de las magnitudes, la educación estadística y las teorías sobre estrategias de enseñanza que puedan permitir el cumplimiento de los objetivos y el desarrollo de la propuesta que se quiere desarrollar en el aula.

1.1.1. Medida de las magnitudes

Según Belmonte y Chamorro (1994) el estudiante debe tener contacto con situaciones que les lleven al descubrimiento de magnitudes físicas, a partir de la comparación directa a través de los sentidos o con la ayuda de aparatos o instrumentos adecuados e indirecta a partir de procedimientos matemáticos y relaciones entre las magnitudes medidas. Además, ellos describen los siguientes estadios principales para el conocimiento y manejo de una magnitud determinada, los cuales se tienen en cuenta durante el desarrollo de la propuesta:

- La consideración y percepción de una magnitud, se evidencia durante la práctica experimental, donde se consideran magnitudes que se miden directa e indirectamente.
- La conservación de una magnitud, permite durante la actividad que se demuestre la existencia del error de medición al cuestionar las diferentes medidas obtenidas de un mismo objeto.
- La ordenación respecto a una magnitud dada, se tiene en cuenta al momento de realizar la organización de los datos a través de las tablas y gráficas.
- La relación entre la magnitud y el número cuando el individuo es capaz de medir, es la más importante ya que por medio de la reflexión sobre el proceso de medida se identifican los diferentes tipos de error.

Según Belmonte y Chamorro (1994) las magnitudes y su medida constituyen en la actualidad una dificultad para escolares y profesores, cuando se aborda las conversiones, ya que en el uso diario se cometen errores al relacionar la magnitud con la unidad que le corresponde y al realizar mediciones por el uso de los instrumentos o de las unidades. La

estimación es imposible desarrollarla si no se realizan prácticas de medida de objetos reales y el error cometido va disminuyendo entre mayor sea el número de estimaciones realizadas. En los estudios sobre la medida de las magnitudes se considera la experimentación como una herramienta útil en el aprendizaje significativo de las magnitudes y relaciones físicas, donde el estudiante pueda probar y verificar sus hipótesis a través de las experiencias en que se encuentre sumergido.

Al medir cantidades de magnitudes continuas se cometen errores por diversas causas que van desde el procedimiento hasta del observador que mide, razón por la cual, los valores que obtienen son aproximados. Esta clase de errores no pueden eliminarse totalmente y para que su valor sea lo más pequeño posible se realizan pruebas de control que consisten en cotejar las medidas con las de un objeto patrón. En el proceso de medir es necesario, por tanto, estimar el error que se comete al tomar ese valor. La precisión de un instrumento de medida es la mínima variación de magnitud que se puede determinar sin error, por tanto, un instrumento será tanto más preciso cuanto mayor sea el número de cifras significativas que puedan obtenerse con él. Para estimar la medida de una cantidad, acercándose lo más posible al valor exacto, hay que repetir la medición varias veces, calcular el valor medio y el error absoluto y las medidas de dispersión correspondientes. (Godino, Batanero y Roa, 2002). El estudio del error, por lo anterior, es necesario de desarrollar en el aula, para lo cual, se debe potenciar propuestas didácticas que sirvan de herramientas a los docentes para mejorar la calidad e incursión de la educación estadística a nivel escolar.

1.1.2. Enseñanza de la Estadística

Batanero (2001) determina algunas dificultades que presentan los profesores en la enseñanza de la estadística, a continuación se enuncian éstas y se describe cómo considera ésta propuesta contrarrestar estas dificultades para mejorar la educación estadística:

- La estadística está en constante cambio y el docente debe capacitarse, ya que en nuestra sociedad las técnicas de análisis de datos y su interpretación adecuada son cada día más importantes. Por ejemplo, para comprender lo que significa el porcentaje de error que muestran algunos resultados de encuestas o proyectos que se publican en los medios.
- La formación en el manejo de recursos tecnológicos para incorporarlos a la clase de estadística como herramienta para modelar de forma gráfica y analítica conceptos estadísticos. Permite hacer una introducción significativa de conceptos de dispersión e inferencia desde su aplicación haciendo uso del programa Excel.
- El escaso número de investigaciones sobre didáctica de la estadística y su poca difusión. Es un reto profundizar sobre temas como el error de medición, para crear propuestas didácticas que permitan introducir la estadística inferencial en el aula escolar.
- La naturaleza interdisciplinar del tema, a los docentes crea la necesidad de plantear proyectos o propuestas donde se apliquen conceptos estadísticos en la solución de situaciones en diferentes ciencias.

1.1.3. Aprendizaje Activo y desarrollo de capacidades metacognitivas

Para la realización de la propuesta se va a tener en cuenta el enfoque del aprendizaje activo complementado con la estrategia del desarrollo de las capacidades metacognitivas. Según Campanario y Moya (1999) actualmente en educación, en la enseñanza de las ciencias naturales y exactas se debe potenciar el desarrollo de las capacidades metacognitivas tales como: observación, clasificación, comparación, medición, descripción, organización, predicción, formulación de hipótesis, interpretación de datos, elaboración de modelos y obtención de conclusiones. Esta estrategia fue retomada porque busca que el estudiante desarrolle procesos de razonamiento que potencien su nivel analítico y argumentativo.

Según Gunstone y Northfield (citado por Campanario y Moya, 1999) se debe desarrollar la metacognición que tiene como objetivo que los alumnos sean conscientes de sus propios procesos cognitivos empleando actividades que siguen el esquema: predecir, observar y explicar; lo que involucra en el aula una participación activa del estudiante en la construcción de su conocimiento incrementando su motivación. En primer lugar se les propone ciertos problemas o situaciones para que ellos predigan ciertas hipótesis, contrasten con la experimentación, y por último intenten explicar las observaciones realizadas haciendo uso de diferentes teorías para formalizar su conocimiento.

El aprendizaje activo es aquel aprendizaje basado en el educando, que solo puede adquirirse a través de la implicación, motivación, atención y trabajo constante del estudiante, debe participar en la tarea, necesariamente, para poder obtener los conocimientos o informaciones que se diseñan como objetivos de la asignatura (Schwartz, S y Pollishure, M., 1995). El papel del profesor es guiar a los alumnos en su proceso de búsqueda, orientar a cada alumno para el desarrollo del conocimiento, facilitar y posibilitar diferentes actividades con el propósito que de los estudiantes se involucren participando en éstas, para obtener ciertos aprendizajes, y por último, aclaran aquellos conocimientos que les causan grandes dificultades y dan mayor significado a la teoría.

Dentro del aprendizaje activo el estudiante, a través de la práctica y la experiencia puede adaptarse a las nuevas formas de enseñanza y el profesor necesita de una formación específica, debido a que ha de saber cómo, cuándo y con qué recursos puede poner en práctica unas u otras actividades dirigidas al desarrollo del aprendizaje activo del estudiante, además, es el responsable de la dinámica y el control de la clase. Los defensores del aprendizaje activo sugieren diseñar las situaciones de aprendizaje de manera que permitan a los estudiantes atravesar cuatro etapas establecidas por Schwartz y Pollishure (1995):

- Hacer: Consiste en realizar tareas que estimulen la actividad de los estudiantes (discusión de casos, análisis y resolución de problemas sociales, simulaciones, juegos y dinámicas experimentales).
- Revisar: En esta etapa los estudiantes se detienen para tomar conciencia de lo que ocurrió en el proceso, qué fue importante, cómo se sintieron, etc.
- Aprender: es cuando los estudiantes argumentan las nuevas ideas y perspectivas que la actividad permitió generar.
- Aplicar: Trata de planear acciones futuras a la luz de los nuevos hallazgos o conocimientos. Se examina la posibilidad de transferir lo aprendido a otras situaciones.

1.2. Marco Epistemológico

En los antecedentes epistemológicos se tiene en cuenta el uso de los errores de medición a través de la historia para dar origen a diferentes teorías en las ciencias. Algunos de los personajes que aportaron a la ciencia y se relacionan con los errores de medición son: Heissenberg (1927) con el principio de incertidumbre que nos habla sobre un tipo de error que se puede cometer al realizar una medición y que se tuvo en cuenta para el desarrollo de la teoría de la física cuántica, Gauss que crea la teoría del error a partir de sus estudios astronómicos.

El mismo proceso de medición introduce errores, esta idea es lo que Werner Heissenberg (1927) denomina principio de incertidumbre, dice que siempre que se esté midiendo una magnitud física el comportamiento de éste se verá afectado por la interacción del instrumento con el medio o por la interrupción de su esencia natural o propiedades. Al igual, puede pasar que las magnitudes a medir no están definidas con infinita precisión, es decir, los objetos por su naturaleza atómica y molecular, no admiten que sus características se definan por completo, esto se designa como la falta de definición de la magnitud en cuestión. (Gil y Rodríguez 2001).

El principio de la incertidumbre nos indica que la imposibilidad de medir con precisión absoluta no es atribuible solamente al observador y a su falta de habilidad para construir aparatos de medición más exactos, sino que también se encuentra en la naturaleza de las cosas al no poder ser medidas con exactitud. (Ibarrola, 2008).

Según Batanero y Díaz (2011), la ciencia no puede avanzar sin la estadística debido a que la estadística es la base de las ciencias; no sería posible nuestra sociedad actual sin la estadística. Precisamente los estadísticos más famosos a través de la historia han contribuido al desarrollo de otras ciencias como: Gauss y Laplace en Astronomía; Galton y Pearson en Genética, teoría de la evolución; Fisher en Diseño de experimentos en Agronomía; Graunt, Petty y Maltus en Demografía y Spearman, Thurstone en Psicología, estudio de la Inteligencia.

La siguiente es una síntesis de algunos hechos de la biografía de Gauss relacionados con el error de medición, en base al artículo Gauss y la estadística escrito por Pilar Ibarrola (2008). La historia de Gauss fue muy importante en la creación de teorías estadísticas que hacen referencia a los errores de medición debido a sus experimentos en astronomía. Gauss fue el autor del método de los mínimos cuadrados. Gauss (1809) supone que la normalidad de los errores de observación y luego en (1821) restringe la clase de estimadores a las funciones lineales de las observaciones y suprime la normalidad de los errores. Los principales aportes de Gauss a la Estadística fueron en la teoría de la estimación: el método de los mínimos cuadrados y como consecuencia el llamado modelo lineal de Gauss.

En 1799 Gauss, desarrolló un trabajo en geodesia que consistía en realizar la medición del arco de meridiano terrestre, el cual surgió a raíz de que la Academia de Ciencias Francesa decidiera en 1793 basar el nuevo sistema de medidas en una unidad, el metro, igual a una diezmillonésima parte del cuadrante de meridiano, distancia del polo norte al ecuador. Para ello decidieron medir el arco de meridiano que va de Dunkerque en Francia a Barcelona España, pasando por París. Dividieron el arco en 4 segmentos y para cada segmento recogieron los siguientes datos: la longitud de arco S , la diferencia de latitud d y la latitud L del punto medio del arco (Ver Figura 1.1.).

Carl Friedrich Gauss (1801) aceptó el reto de realizar el cálculo de la órbita de un nuevo planeta llamado Ceres, descubierto por el astrónomo Giuseppe Piazzi para ponerla al alcance de los telescopios (Ver Figura 1.2). Gauss aplicó su teoría sobre mínimos cuadrados para encontrar la órbita de este planeta y otros cuerpos celestes a partir de un número reducido de observaciones, lo cual le sirvió para ser nombrado director del observatorio astronómico de Göttingen. La primera exposición del método de los mínimos cuadrados aparece en el libro segundo, sección 3 de su *Theoria Motus Corporum Coelestium* (1809); se trata de la determinación de órbitas planetarias aplicando este método (ver Figura 1.3) en base a un número de observaciones $n > 6$.

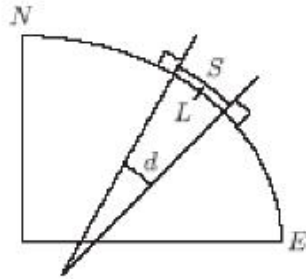


Figura 1.1. Arco del meridiano terrestre medido por Gauss

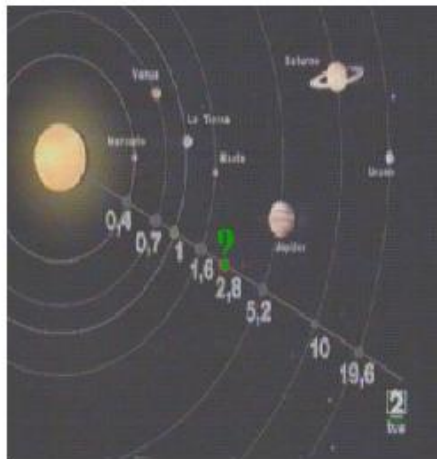


Figura 1.2 El cálculo de la órbita de Ceres

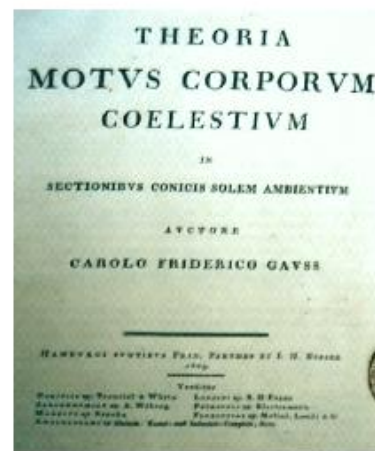


Figura 1.3. Libro de Gauss publicado en 1809

1.3. Marco disciplinar

En el siguiente esquema conceptual del marco disciplinar se presenta de forma descriptiva la forma como se realiza la revisión sobre elementos conceptuales básicos de la teoría de la medida y de la estadística, y punto de intersección de estas teorías enfocadas hacia el error de medición como la evaluación de la precisión y exactitud de un método de medición a través de un modelo estadístico.

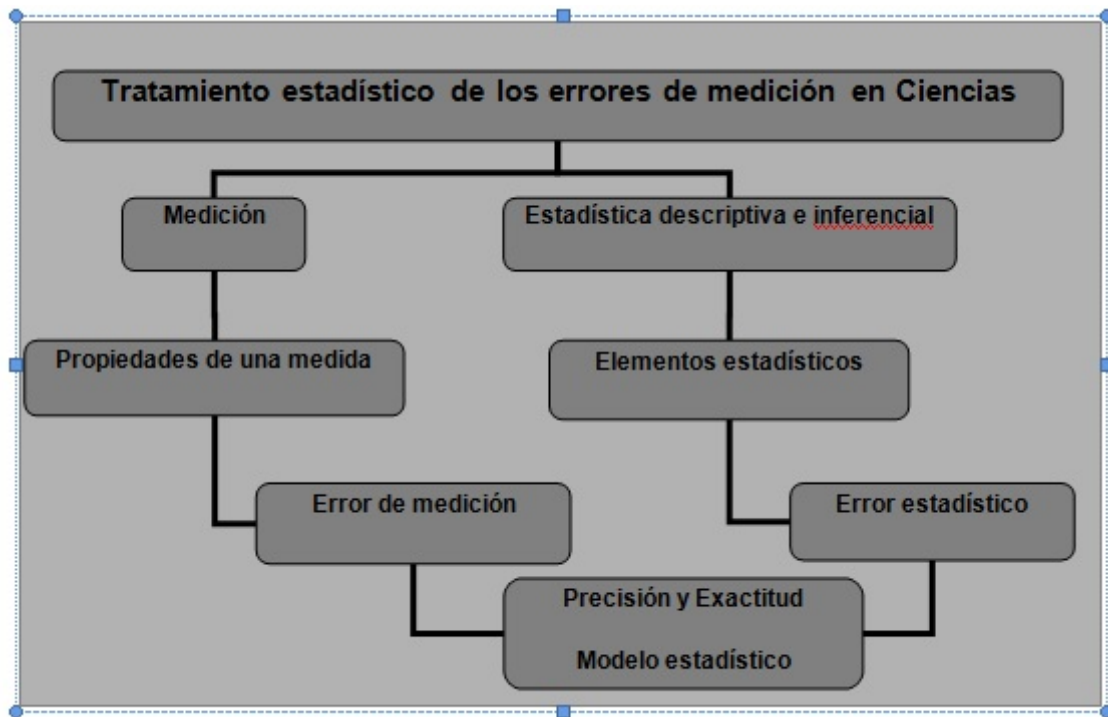


Figura 1.4 Esquema conceptual del marco disciplinar

Según la NCTM (1790) se entiende por medición en matemática el proceso en el cual asignamos un número a una propiedad física de algún objeto o conjunto de objetos con propósitos de comparación, y la medida es toda asociación numérica que cumpla las siguientes propiedades:

- La medida del conjunto debe ser igual a la suma de las medidas de todas sus partes.
- La medida de una propiedad que tenga nada o ninguno debe ser 0.
- La medida de una parte de algo no debe ser mayor que la medida del todo.
- En cualquier experimento de medición, si la medida se hace de cierto modo, bajo determinadas condiciones físicas prescritas, entonces, si repetimos un experimento debemos obtener resultados iguales.

Las anteriores propiedades describen relaciones que debe cumplir una medida estándar, que son las que rigen nuestro entorno social y económico. En el proceso de medida se pueden realizar los siguientes tres procedimientos según la naturaleza del objeto y sus propiedades

- El conteo cuando se trata de un conjunto de objetos, es decir, se aborda un contexto discreto
- La medida directa cuando se hace uso de la medida estándar o valor teórico.
- La medida indirecta trata del uso de ingeniosos instrumentos para registrar la cantidad de las propiedades físicas sobre una escala numérica.

El error de medición está presente en cada medición debido a los siguientes factores: la naturaleza de las mediciones físicas, la persona que efectúa la medición, los instrumentos que se usan en la medición y el sistema de medida. Ésta medición se ve afectada por pequeñas perturbaciones aleatorias impredecibles denominadas errores, las cuales se pueden reducir de magnitud pero es imposible anularlo por completo. Por esta razón, fue importante desarrollar una teoría de errores de medición que conste de métodos para obtener adecuadas aproximaciones de cantidades físicas a partir de valores medidos y de información acerca de la exactitud de las aproximaciones. Kreyszig (1978).

Gil y Rodríguez (2001) nos exponen tres clasificaciones diferentes de los errores: dentro de la medida, según su origen y teniendo en cuenta su carácter, las cuales se explicarán a continuación:

- El error de una magnitud dentro de la medida puede tomar las siguientes formas:
 - Error de una magnitud que se mide una única vez: En este caso el dato será el valor medido y el error vendrá dado por el error nominal del instrumento.
 - Error de una magnitud que se mide directamente N veces: Un modo de minimizar la incidencia de los errores estadísticos es realizar varias mediciones de la magnitud. El tratamiento estadístico nos permite encontrar el modo de determinar sus incertidumbres asociadas al promedio, por tanto esta forma se tiene en cuenta en esta propuesta didáctica.
- Según su origen los errores pueden clasificarse del siguiente modo:
 - Errores introducidos por el instrumento: este tipo de errores se subdivide en dos clases: Error de apreciación: es la mínima división de la unidad que es discernible por el observador, puede ser mayor o menor dependiendo de la habilidad del observador y Error de exactitud: representa el error absoluto con que el instrumento ha sido calibrado.
 - Error de interacción: esta incerteza proviene de la interacción del método de medición con el objeto a medir.
 - Falta de definición en el objeto sujeto de medición: esta incertidumbre surge con la falta de definición de las características del objeto a medir y representa su incertidumbre intrínseca, esta clase hace referencia al principio de incertidumbre de Heisenberg, donde se afirma que por la naturaleza de un objeto al entrar en contacto con un instrumento la medida de sus propiedades varía.
- Según su carácter los errores pueden clasificarse en:
 - Errores sistemáticos: se originan por las imperfecciones de los métodos de medición, tales como: error de calibración del instrumento, condiciones experimentales no apropiadas, técnicas imperfectas, formulas incorrectas, paralaje, etc. Este error en el sentido de una equivocación, no de una incerteza.
 - Errores estadísticos: son los que se producen al azar, son debidos a causas múltiples y fortuitas. Estos errores pueden cometerse con la misma probabilidad tanto por defecto o como por exceso, por tanto midiendo varias veces y promediando el resultado, es posible reducirlos considerablemente, son los que hace referencia la teoría estadística como errores de medición.

- Errores ilegítimos o espurios: es cuando introducimos un número mal dentro de la fórmula, o utilizamos una fórmula o unidades incorrectas. Este error se conoce como equivocación. Enfatizamos y profundizamos en los errores estadísticos ya que son lo que nos interesan para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

1.3.1. Tratamiento estadístico del error de medición

En la propuesta se tienen en cuenta los errores estadísticos mencionados con anterioridad, donde una magnitud se mide directamente n veces, lo cual genera en las medidas obtenidas una variabilidad y se evidencia el error con la misma probabilidad tanto por defecto como por exceso, por tanto un parámetro que nos permite promediar éstos resultados y con ello reducir considerablemente el error es la media \bar{x} . La media es la sumatoria de todas las observaciones o medidas x_i dividida entre la cantidad de datos (N). Esta medida de tendencia central hace parte de la estadística descriptiva que se usa para detallar características de una población.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

Las medidas de dispersión, son valores estadísticos que nos indican cuantitativamente la variabilidad o dispersión de cada observación en un grupo. Según Gil y Rodríguez (2009) la medida de dispersión más utilizada es la desviación típica (s) que mide la intensidad con que los datos se desvían respecto a la media, se expresa como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la diferencia entre cada valor y la media, dividida dicha suma por el número de valores (N); su cuadrado recibe el nombre de varianza y viene dada por:

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Una medida relativa que nos proporciona una estimación de la magnitud de la desviación respecto a la magnitud de la media es el coeficiente de variación que relaciona la desviación estándar y la media, expresando la desviación estándar como porcentaje de la media. (Levin y Rubin, 2004).

$$\text{Coeficiente de variación porcentual} = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

La estadística inferencial nos permite sacar conclusiones respecto a una población, a partir de los datos descriptivos de una muestra que han sido anteriormente definidos y se denominan parámetros de una población. Para evaluar la precisión que según Chang (2002) se refiere a cuando concuerdan dos o más mediciones de una misma cantidad, se utiliza el parámetro del coeficiente de variación, éste permite comparar la variación dentro de las medidas de una muestra con respecto de su valor promedio.

El coeficiente de variación, es generalmente un número adimensional menor que uno y mayor que cero. Se considera que para ser aceptado, como criterio debe tener un valor cercano a cinco por ciento, por tanto la precisión del experimento satisface las expectativas en cuanto al método aplicado, es decir, los valores obtenidos experimentalmente con ese método son muy cercanos. (Levin y Rubin, 2004)

El error estadístico que permite realizar deducciones sobre la exactitud del experimento es el error relativo, para definir este error es indispensable conocer el error absoluto. El error absoluto es el valor de la incertidumbre combinada, es decir, la diferencia entre el valor real de la medida y el valor tomado como exacto. Cada medida está compuesta por una medida verdadera o valor teórico y un error absoluto causado por diferentes condiciones aleatorias en el proceso de medida. (Guilford y Fruchter, 1978),

$$\text{Si } \Delta x = x - x_1 \text{ entonces } x_1 = x \pm \Delta x$$

El error relativo (EX) es el cociente entre el error absoluto y el valor real o teórico de la magnitud, y el error relativo porcentual es tomar este resultado y multiplicarlo por 100. Para evaluar la exactitud que según Chang (2002) indica cuán cercana está una medición del valor real de la cantidad medida, hacemos uso de este parámetro, que permite analizar de forma inductiva la exactitud del valor de las medidas. El error relativo porcentual (EXP) es inversamente proporcional a la exactitud, es decir, entre más pequeño sea el valor del error relativo porcentual, mayor es el grado de exactitud del método experimental abordado.

$$EXP = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100$$

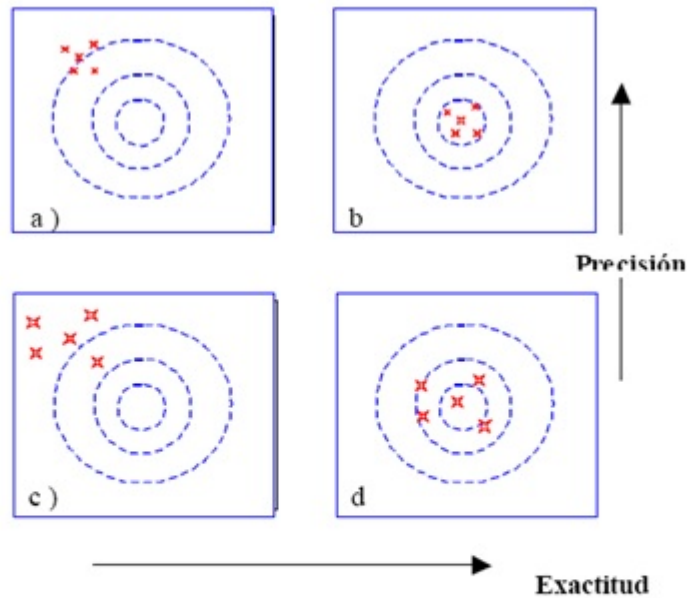


Figura. 1.5. Tomada del texto de Gil S. y Rodríguez E. (2009) Esta figura ilustra de modo esquemático los conceptos de precisión y exactitud. Los centros de los círculos indican la posición del "verdadero valor" del mesurando y las cruces los valores de varias determinaciones del centro. La dispersión de los puntos da una idea de la precisión, mientras que su centro efectivo (centroide) está asociado a la exactitud. a) es una determinación precisa pero inexacta, mientras d) es más exacta pero imprecisa; b) es una determinación más exacta y más precisa; c) es menos precisa que a).

1.4. Marco pedagógico

La propuesta didáctica tiene el enfoque pedagógico del aprendizaje activo y la estrategia metodológica es el desarrollo de las capacidades metacognitivas. Se tiene en cuenta la asignatura Taller Experimental del Programa de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Nacional, donde se hizo un estudio sobre el aprendizaje activo para innovar la enseñanza de las ciencias en el aula. Este tipo de aprendizaje transforma el rol del docente, alumno y saber en la educación tradicional y con ello, la concepción de conocimiento, enseñanza y aprendizaje. La metodología en las actividades se estructura en tres momentos:

1. Se plantea una situación convencional práctica estableciendo las condiciones y materiales del montaje experimental. Se realizan ciertas preguntas respecto a ésta situación basada en la práctica experimental, las cuales deben ser contestadas por el estudiante de forma individual y luego grupal teniendo en cuenta sus nociones previas.
2. Se desarrolla la práctica experimental, a partir de la cual, se hace una descripción argumentada por medio de unas preguntas orientadoras, que inicialmente se contestan de forma individual y luego se realiza una discusión de resultados en grupos de trabajo.
3. Se realiza una síntesis y extrapolación de resultados donde los estudiantes pueden formalizar su conocimiento a partir del análisis realizado por los diferentes grupos y la intervención del docente, en caso que sea necesario, para aclarar inquietudes o dudas conceptuales.

Se considera apropiada esta metodología para el desarrollo de la propuesta y la aplicación de lo visto en la maestría, porque da un papel protagónico al estudiante por medio de actividades experimentales que incrementan su motivación, participación, comprensión y dinamismo dentro del aula, además de desarrollar herramientas comunicativas, analíticas, argumentativas y críticas durante el proceso de aprendizaje.

Este trabajo propone una propuesta interdisciplinar que busca dar significado al error de medición, teniendo en cuenta la aplicación de algunos conceptos estadísticos para modelar la precisión y exactitud de los datos experimentales, y a partir de procesos de medición, establecer una interacción dinámica entre la ciencias físicas y exactas, como las matemáticas, desarrollando sus pensamientos. Los procesos de laboratorio y la resolución de problemas generan situaciones de utilidad, con aplicaciones prácticas donde cobran sentido las matemáticas. (MEN, 2006).

Además, se propicia la modelación, la cual, es un proceso muy importante en el aprendizaje de las matemáticas, que permite a los alumnos observar, reflexionar, discutir, explicar, predecir, revisar y construir conceptos matemáticos en forma significativa. Por tanto, se considera que todos los estudiantes necesitan experimentar procesos de matematización que conduzcan al descubrimiento, creación y utilización de modelos en todos los niveles. (MEN, 2006)

1.4.1. Obstáculos de origen didáctico y epistemológico en las mediciones

Uno de los obstáculos de origen didáctico más habitual, identificado por Brousseau (1991-1992), se relaciona con el problema del error en las mediciones, trata de la eliminación del intervalo de medida, ya que es usual que los docentes elijan un valor central en este intervalo y continúen el problema con este valor único, lo que no da a los alumnos ningún medio de prever lo que supondrá este error en los cálculos que se deben hacer. Esto supone eliminar, junto al intervalo de medida el problema del error. Este obstáculo propicia el desconocimiento del error de medición a nivel escolar y una percepción arraigada del error ligado a la equivocación.

Un obstáculo epistemológico en las mediciones, identificado por Brousseau, (1991-1992), es la fuerte tendencia en las mediciones de masa a olvidar que el recipiente pesa, fundamentalmente en casos donde recipiente es inseparable del contenido (líquido, polvo, etc.). Esto produce un error de medición que disminuye el nivel de exactitud del método de medición y se puede categorizar por su carácter en un error sistemático.

Se considera en la propuesta, la importancia de atraer la atención de los estudiantes para aceptar de forma a priori, que la distribución de las medidas está en un cierto intervalo, para lo que se utiliza el concepto de medida como un valor teórico disminuido o aumentado en el valor del error absoluto. Luego, esta idea debe ser constantemente retomada hasta el esclarecimiento de las diferentes fuentes de error desde su origen (errores introducidos por el instrumento, error de interacción y la falta de definición del objeto sujeto a medición). Se debe reflexionar con los estudiantes sobre ¿qué consecuencias tiene el no reconocimiento y cuantificación del error de medición en situaciones científicas y profesionales?

Algunas estrategias para medir formuladas por Bressan y Yaksich (2001) que se tienen en cuenta en el desarrollo de las actividades son:

- La comparación indirecta que implica utilizar instrumentos como: el cronómetro, la balanza, la regla, entre otros o la estimación de medidas a partir de la percepción visual, esta estrategia se evidencia durante las prácticas experimentales.
- El uso de fórmulas, las medidas de ciertas magnitudes en las actividades, tales como: la densidad, la gravedad y el número Pi, se obtienen de forma indirecta por medio del cálculo a través de fórmulas que implican el conocimiento de otras medidas obtenidas de forma indirecta a partir de la observación y manipulación de instrumentos, en las actividades se miden magnitudes como: la masa, el volumen, el tiempo, la distancia, el diámetro y la longitud.

Capítulo: La propuesta didáctica

2.1. Actividad diagnóstico sobre el tratamiento estadístico del error para grado décimo

2.1.1. Introducción

En la prueba diagnóstica se tienen en cuenta dos aspectos: el primero, es la medición con un instrumento de medida donde se trata de evaluar el margen de error debido a las características del instrumento o el error procedimental cometido en el proceso de medición, y el segundo, trata de ver el manejo de la estadística para interpretar la información. Cada aspecto se evalúa en una situación, donde se debe hacer uso de sus nociones previas para darles solución.

En la prueba diagnóstica se tienen en cuenta dos aspectos: el primero, es la medición con un instrumento de medida donde se trata de evaluar el margen de error debido a las características del instrumento o el error procedimental cometido en el proceso de medición, y el segundo, trata de ver el manejo de la estadística para interpretar la información. Cada aspecto se evalúa en una situación, donde se debe hacer uso de sus nociones previas para darles solución.

2.1.2. Objetivo

Reconocer las fortalezas y debilidades en los conocimientos previos de los estudiantes con el fin de reforzar aquello que les resulta complejo acerca de los procesos de medición y procedimientos estadísticos, para considerar esta información durante el diseño y aplicación de la propuesta didáctica.

2.1.3. Descripción de la actividad

Cada aspecto se evalúa en dos situaciones diferentes donde se debe hacer uso de las nociones previas para darles solución. En las dos situaciones se dan un conjunto de datos para que el estudiante exponga sus concepciones acerca del error y realice hipótesis por medio de sus conocimientos en estadística al interpretar la información. En la primera situación se indaga de forma argumentativa por las variaciones que se pueden dar en un conjunto de medidas y en la segunda se busca reconocer los conocimientos previos nociones

estadísticas de medidas de tendencia central y dispersión. La actividad se desarrolla en 3 momentos, así:

- Primer momento: Se explica a los estudiantes en qué consiste la sesión aclarando los siguientes aspectos: las respuestas no serán evaluadas, la actividad es individual y todas las respuestas son valiosas. Luego, se hace la lectura colectiva de las situaciones propuestas en la guía para saber si hay preguntas en su interpretación y aclarándolas si es el caso.
- Segundo momento: Los estudiantes desarrollan la actividad poniendo en juego los conocimientos adquiridos hasta el momento.
- Tercer momento: Se recogen las guías y se realiza una socialización en la que los estudiantes expresen las dificultades que tuvieron durante el desarrollo de la actividad.

2.1.4. Indicadores de logro

Conceptual:

- Identifica el papel del error en una situación determinada e indaga sobre su origen durante el proceso de medición.
- Reconoce el uso de la desviación estándar de forma informal al considerar la dispersión de los datos y resolver la situación.

Procedimental:

- Interpreta los datos de las situaciones y justifica de forma argumentada el origen de los posibles resultados en la primera situación teniendo en cuenta el error de medición.
- Aplica sus conocimientos en medidas de tendencia central para interpretar y socializar las posibles respuestas a la situación.

Actitudinal

- Participa activa y honestamente en el desarrollo de la actividad, evidenciando sus conocimientos previos de forma individual.

2.1.5. Rol del profesor

- Guiar, orientar y organizar la actividad para que se cumplan el objetivo de identificar fortalezas y retos de los estudiantes.
- Resolver dudas e inquietudes que se presenten durante el desarrollo de la actividad.

ACTIVIDAD DIAGNÓSTICO

Nombre : _____ Fecha: _____

1. En una competencia de talentos por equipos, se pone como prueba, que los diez integrantes del equipo realicen la medición de la altura de una estatua, cada uno la mide obteniendo los siguientes resultados en metros:

Equipo	5,25	6,01	5,30	5,82	5,69	Equipo	5.48	5.56	5.86	5.72	5.69
1	5,82	5,64	5,83	5,90	5,92	2	5.92	5.83	5.84	5.49	5.93

- ¿Cuáles son las características del instrumento utilizado? ¿Qué procedimiento utilizaron?
 - ¿Por qué consideras que existieron varias medidas diferentes, si el objeto a medir era el mismo entre los integrantes de cada equipo?
 - Consideras que existió un error al realizar las medidas. Si es así ¿Qué es para ti un error?
 - Si fueras el Juez de esta competencia y se evaluara la precisión de las medidas para saber cuál fue el equipo que demostró más habilidad al medir ¿Qué criterios plantearías o tendrías en cuenta para realizar esta evaluación?
 - ¿Cuál equipo sería el ganador? ¿Cuál valor correspondería o estaría más cerca de la altura correcta? Justifica tu respuesta.
2. En un campeonato de escuelas de atletismo, se han enfrentado la escuela A y la escuela B cada una con doce participantes, los cuales deben realizar una carrera en una pista que mide 1000 metros. Los tiempos individuales en minutos que se han registrado fueron los siguientes:

PARTICIPANTES	GRUPO A	GRUPO B
1	13,007	10,25
2	12,6	8,4
3	13,6	12,6
4	12,83	13,8
5	12,94	16,4
6	13,67	9,6
7	12,9	10,01
8	13,46	13,2
9	12,64	14,1
10	13,12	11,6
11	13,9636	17,9
12	13,83	20,7

El comité organizador ha decidido otorgar varios premios tales como: el participante más rápido, de los dos grupos, el participante más rápido de cada grupo y el grupo con el mejor promedio.

EL PREMIO MÁS IMPORTANTE es para el grupo con los tiempos más parecidos. Por ahora el comité organizador está esperando el listado de ganadores y los premios concerniente y te solicitan ayuda, para saber que participantes o grupos se llevan los premios.

2.2. Diseño de las actividades experimentales de aula para grado décimo

Las situaciones experimentales que se tienen en cuenta para el desarrollo del trabajo son en ciencias, se ha elegido una en física sobre la caída libre de un cuerpo, en química es la determinación de la densidad del etanol y en geometría la determinación de una aproximación al número Pi. Una característica primordial de estas situaciones, es que hay un valor teórico para contrastar los datos experimentales como: la gravedad, la densidad del etanol y el número Pi, lo que nos permite establecer un nivel de exactitud por medio del modelo del error relativo porcentual.

A nivel metodológico se tiene en cuenta el aprendizaje activo y el desarrollo de las capacidades metacognitivas, ya que se busca durante las actividades que halla mayor participación del estudiante, poniendo en juego durante el primer momento los conocimientos previos a la actividad acerca del error de medición y la estimación de medidas, además puede predecir y fórmulas hipótesis acerca de la situación experimental planteada de forma individual y grupal, para luego contrastar éstas ideas con las obtenidas en la práctica experimental, y por último realizar un tratamiento estadístico por medio de la aplicación de conceptos como varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y error relativo a través de Excel, para validar la precisión y exactitud de los datos obtenidos con el método de medición.

2.2.1. Actividad de caída libre de un objeto

2.2.1.1. Introducción

Es una actividad en física, que consta de características, tales como: se relaciona con la magnitud de la gravedad, la cual tiene un valor teórico y se puede obtener a nivel experimental manejando el uso de instrumentos de medida, como: el cronómetro para obtener el tiempo y el metro para medir la longitud de forma directa; se desarrolla la medida indirecta de la gravedad por medio del uso de una fórmula donde se relacionan las magnitudes de distancia y tiempo. Por tanto, durante el proceso de medir estas magnitudes se hace evidente de forma práctica los posibles errores de medición y además, debido a que se hacen varias repeticiones de la actividad y se cuenta con un valor teórico, se puede calcular el nivel de precisión y exactitud de los datos con ese método de medición.

La actividad permite superar el obstáculo didáctico al tratar el error, reconociéndolo no como una equivocación sino como una propiedad de las magnitudes físicas debido a la variación de los resultados en las mediciones y reconociendo las clases de factores que los originan.

2.2.1.2. Objetivo

Reconoce diferentes tipos de error de medición desde la práctica experimental de física, en la cual se obtiene datos del tiempo que permiten establecer en varias repeticiones del experimento valores diversos para la gravedad, para con éstos, realizar un tratamiento estadístico que nos permita obtener conclusiones acerca de la precisión y exactitud del método de medición aplicando el aprendizaje activo.

2.2.1.3. Descripción de la actividad

En el desarrollo de esta actividad se potencia la puesta en práctica de capacidades metacognitivas como la observación, comparación, medición, análisis y argumentación que se realiza de forma individual y grupal según el momento. La actividad se desarrollará en 3 momentos, así:

Primer momento: Se entrega la guía de predicciones individuales donde se plantean diferentes preguntas acerca de la situación en física, las cuales deben ser respondidas a partir de la intuición y conocimientos los previos del estudiante.

Segundo momento: Los estudiantes se organizan en grupos y se les entrega la guía de predicciones grupales, deben argumentar y socializar las respuestas individuales para dar una respuesta que satisfaga en común acuerdo a todo el grupo. Luego se realiza la actividad experimental con su montaje correspondiente, se les da el tiempo necesario para que recojan los datos del tiempo repitiendo el proceso cinco veces por cada distancia.

Tercer momento: En los resultados se comparan los datos de tiempo estimados con los obtenidos en el proceso de medida, comparándolos a partir de un histograma. Se formaliza desarrollando el tratamiento estadístico del error de medición con los datos de las gravedades calculados con los datos experimentales del tiempo, para validar la precisión y exactitud del método experimental. Por último, los estudiantes argumentan la relación entre el error de medición y sus resultados, dando posibles causas desde su experiencia. Los estudiantes organizan un informe en grupo.

2.2.1.4. Referente teórico

El movimiento de caída libre de un objeto es un movimiento de una partícula que tiene aceleración constante, es importante ya que es corriente en la naturaleza pues cerca de la superficie de la Tierra todos los objetos caen verticalmente con la aceleración de la gravedad constante, si puede desprejarse la resistencia del aire y otras fuerzas actuando sobre los objetos aparte de la aceleración debida a la gravedad. La aceleración de la gravedad se representa por la g y su valor aproximado es igual a $9,8m/s^2$.

La ecuación del movimiento para un cuerpo que experimenta una caída libre es:

$$d = v_0t + \frac{gt^2}{2}$$

donde d es la distancia recorrida por el objeto durante su caída, v_0 es la velocidad inicial del cuerpo, t es el tiempo invertido en dicha caída y g es la aceleración constante de la gravedad. Como en nuestro caso $v_0 = 0$, la ecuación (1) queda:

$$d = \frac{gt^2}{2}$$

Como se deduce de la ecuación anterior, dada una determinada altura y conocida la aceleración de la gravedad, el tiempo de caída de un cuerpo, despreciando efectos de rozamiento, es independiente de la masa. Esta propiedad de la materia, la caracteriza en cualquiera de los estados en que se presenta, es fácil de determinar en laboratorio sobre todo en el caso de sólidos.

2.2.1.5. Indicadores de logro

Conceptual:

- Identifica diferentes tipos de error de medición cuando realiza las medidas de magnitudes como: desplazamiento, tiempo, velocidad y gravedad de forma indirecta y usando fórmulas.
- Calcula la gravedad a partir de las ecuaciones del movimiento de caída libre, sin tener en cuenta los efectos de rozamiento del aire.
- Aplica sus conocimientos estadísticos sobre medidas de dispersión, coeficiente de varianza y el porcentaje de error relativo, para analizar los datos obtenidos y sacar conclusiones sobre la precisión y la exactitud del método de medición.

Procedimental:

- Realiza prácticas experimentales de medición repetitivas describiendo el fenómeno observado.
- Organiza la información obtenida durante el experimento en tablas e histogramas con el fin de interpretar y comparar los datos.
- Desarrolla cálculos físicos y estadísticos para analizar los datos obtenidos en el experimento.
- Argumenta desde sus concepciones del error de medición y los conceptos estadísticos las posibles causas de los resultados durante la socialización y la construcción de las conclusiones.

Actitudinal

- Muestra respeto frente al trabajo centrándose en las instrucciones planteadas en el aula.
- Aporta con sus razonamientos argumentativos al análisis de los datos estadísticos.

2.2.1.6. Rol del profesor

- Orienta la actividad cuestionando los razonamientos de los estudiantes para identificar las fortalezas y debilidades en los razonamientos de los estudiantes.
- Organiza y orienta el desarrollo de la actividad propiciando un ambiente científico.

2.2.1.7. Manual de la práctica

Objetivo: Determinar el nivel de precisión y exactitud del método de medición de la gravedad en el movimiento de caída libre.

Conceptos previos: Conceptos básicos de estadística descriptiva, concepciones sobre el error de medición, conceptos de física sobre caída libre y operaciones aritméticas.

Problema didáctico: La aplicación de un modelo estadístico del error de medición en procesos experimentales.

Habilidades: Uso de los conceptos del campo estadístico como físico; para la recode registro y manejo estadístico de la información.

Hipótesis: Los valores de la gravedad arrojados en la práctica son precisos y exactos.

Materiales de la actividad: Cronómetro de celular, regla o metro, diferentes objetos pesados, lápiz y papel, software Excel.

Protocolo de la práctica: Se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se hace una introducción sobre los conceptos físicos que se utilizan durante el experimento que trata del movimiento de caída libre de un objeto, explicando las relaciones entre éstos para hallar magnitudes como: la gravedad, el desplazamiento y la velocidad.

2. Comenzaremos usando el objeto que trajo cada grupo, medimos la distancia $d = 1$ m., tomamos con el cronómetro (celular) lo más preciso posible el tiempo que tarda el objeto en caer al suelo. Repetimos el proceso cinco veces. Realizamos el mismo procedimiento con la distancia $d = 1.5$ m. y registramos los datos obtenidos en la Tablas 1 y 2.

3. Se calcula la medida de la gravedad para cada distancia con sus cinco tiempos con la fórmula física de caída libre sin contar con rozamiento, y se registran las gravedades en la tabla -2.

Dos tablas a completar y gráficas como el histograma a realizar con las medidas directas o indirectas obtenidas del experimento y el cálculo del porcentaje de variación y error relativo por medio del manejo de los datos en Excel

Análisis de resultados de la actividad didáctica: se realiza a partir de preguntas dirigidas o sugeridas al estudiante sobre los datos registrados en la tabla 2. Tales como: ¿Qué factores en el taller experimental influyeron en los resultados sobre precisión y exactitud? ¿Cuál es el uso que le podemos dar error relativo en diferentes situaciones físicas?

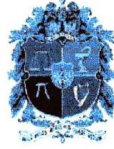
Forma de socialización: se realiza una plenaria donde se responderán las preguntas anteriores.

Forma de evaluación: cada grupo elaborará un informe con todo lo realizado y las conclusiones acerca del error de medición y los resultados de su tratamiento estadístico.

Bibliografía: Gil S. y Rodríguez E. (2009). Física Recreativa. Capítulo 4. Buenos Aires-Argentina: Alfaomega Editorial



Colegio Misael Pastrana Borrero



Universidad Nacional de Colombia
Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y Naturales

TALLER EXPERIMENTAL Descubre el misterio de la caída libre

Nombres: _____ Curso: _____

En el dibujo de la derecha se observa un individuo dejando caer un objeto desde dos diferentes alturas.

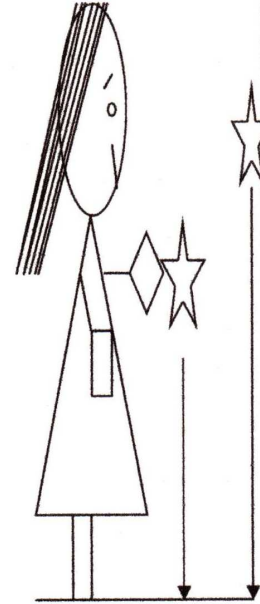
PREDICCIONES INDIVIDUALES

En 5 minutos realice las siguientes predicciones de forma individual, luego entréguelas al profesor.

1. Estime los tiempos que gasta el objeto en caer al suelo, en cinco repeticiones con distancia 1 m. y 1.5 m. y regístrelos.

TABLA 1	Distancia = 1 m	Distancia = 1,5 m
No.		
Repetición	Tiempo estimado	Tiempo estimado
1		
2		
3		
4		
5		

2. ¿Por qué considera estos valores para los tiempos estimados?
3. ¿Qué factores pueden afectar la medición del tiempo en este experimento?
4. ¿Qué relación hay entre la calidad de los datos obtenidos y el método de medición?



PREDICIONES EN GRUPO

En 10 minutos realice las siguientes predicciones de forma individual, luego entréguelas al profesor.

1. Estime los tiempos que gasta el objeto en caer al suelo, en cinco repeticiones con distancia 1 m. y 1.5 m. y regístrelos en la tabla 1.

TABLA 1	Distancia = 1 m	Distancia = 1,5 m
No. Repetición	Tiempo estimado	Tiempo estimado
1		
2		
3		
4		
5		

2. ¿Por qué considera estos valores para los tiempos estimados?
3. ¿Qué factores pueden afectar la medición del tiempo en este experimento?
4. ¿Qué relación hay entre la calidad de los datos obtenidos y el método de medición?

Se realiza el experimento para la determinación de la gravedad de un objeto en caída libre teniendo en cuenta en el manual el protocolo de la práctica experimental.

RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el experimento. Contesta:

1. Realiza un histograma contrastando los tiempos estimados y los medidos.
2. Registra en la tabla las gravedades obtenidas en la práctica. Calcula: el valor de la gravedad media, la varianza y la desviación estándar, utilizando la herramientas de Excel.
3. Cuantifique el nivel de precisión y exactitud del método de medición por medio del porcentaje de coeficiente de variación y el error relativo, respectivamente. Registre estos resultados y los del punto anterior en la tabla 2.

TABLA 2	Distancia = 1 m		Distancia = 1,5 m		
	No. Repetición	Tiempo Medido	Gravedad	Tiempo Medido	Gravedad
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
GRAVEDAD MEDIA					
Varianza					
Desviación estándar					
P. del coeficiente de variación (Precisión)					
Porcentaje de error relativo (exactitud)					

Práctica en el simulador de la página <http://www.edumedia-sciences.com/es/a217-caida-libre-1>
 Por último se realiza una socialización de las preguntas planteadas en la actividad y las conclusiones sobre identificación del error de medición y el tratamiento estadístico del error de medición en experimentos físicos.

2.3. Actividad de determinación de la densidad del etanol

2.3.0.8. Introducción

Es una actividad en química, que consta de ciertas características como: se relaciona con la magnitud de la densidad del etanol, la cual tiene un valor teórico y se puede obtener a nivel experimental; maneja a nivel experimental el uso de instrumentos de medida, tales como: la balanza para medir la masa y el picnómetro para medir el volumen de forma directa; se desarrolla la medida indirecta de la gravedad por medio del uso de una fórmula donde se relacionan las magnitudes de masa y volumen. Por tanto, durante el procedimiento para medir estas magnitudes se hace evidente de forma práctica los posibles errores de medición y además, debido a que se hacen varias repeticiones del experimento y se cuenta con un valor teórico, se puede calcular el nivel de precisión y exactitud de los datos de densidad obtenidos con ese método de medición. Por último, la actividad permite superar el obstáculo didáctico al tratar el error, reconociéndolo no como una equivocación sino como una propiedad de las magnitudes físicas debido a la variación de los resultados en las mediciones y reconociendo las clases de factores que los originan.

2.3.0.9. Objetivo

Reconoce diferentes tipos de error de medición desde la práctica experimental de química, en la cual se obtiene datos de la masa y el volumen de cierta cantidad de etanol, que permiten establecer en varias repeticiones del experimento valores diversos para la densidad del etanol, para con éstos, realizar un tratamiento estadístico que nos permita obtener conclusiones acerca de la precisión y exactitud del método de medición aplicando durante la actividad el aprendizaje activo.

2.3.0.10. Descripción de la actividad

En la aplicación de esta actividad se tiene en cuenta el aprendizaje activo para la estructura del taller y el desarrollo de las capacidades metacognitivas como la observación, comparación, medición, análisis y argumentación, de forma individual y grupal durante la parte experimental y analítica. La actividad se desarrollará en 3 momentos, así:

Primer momento: Se entregan las guías de predicciones individuales para que sean resueltas realizando hipótesis a partir de los conocimientos previos de los estudiantes.

Segundo momento: Se organiza el curso en grupos, para resolver la guía de las predicciones en grupo, donde los estudiantes deben argumentar sus respuestas y formar otras más complejas llegando a acuerdos de grupo, luego, se les pide estimar intuitivamente las medidas del volumen y la masa de la cantidad de etanol dado. Se realiza la práctica experimental tomando varias muestras determinando la densidad de cada muestra y registrando los datos en la tabla 3 y 4.

Tercer momento: A partir de las densidades obtenidas experimentalmente en cada muestra, se calcula la densidad media, la varianza y la desviación estándar. Para luego realizar el tratamiento estadístico necesario para validar la precisión y exactitud de los datos experimentales. Los estudiantes argumentan las soluciones a las preguntas planteadas durante la actividad desde el tratamiento químico experimental y estadístico realizado, se

socializa por grupos los resultados y se hace una síntesis por escrito o informe en grupo sobre el papel del error de medición durante el desarrollo de la actividad.

2.3.0.11. Referente teórico

Las sustancias se caracterizan por sus propiedades y composición. Existen dos tipos de propiedades: las propiedades físicas que se pueden medir y observar sin que cambie la composición o identidad de la sustancia y las propiedades químicas para poder observarse es necesario que la sustancia experimente un cambio químico. La densidad es una propiedad física que se determina por medio de la ecuación:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

La densidad es una propiedad intensiva, es decir, es independiente de la cantidad de masa presente, para un material dado como el etanol, la relación entre masa y volumen es directamente proporcional, al aumentar la masa también lo hace el volumen. La unidad derivada del Sistema Internacional de medidas para la densidad es kilogramo por metro cúbico kg/m^3 , como esta unidad es demasiado grande para la mayoría de las aplicaciones químicas con líquidos se maneja la unidad gramos por centímetro cúbico g/cm^3 y su equivalente gramos por mililitro g/ml

El etanol es compuesto químico conocido como alcohol de grano o alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura, como un líquido incoloro e inflamable. Su fórmula química del etanol es C_2H_6O y su densidad es $0,798g/ml$

2.3.0.12. Indicadores de logro

Conceptual:

- Identifica los posibles tipos de errores que se pueden dar dentro de un método de medición experimental.
- Establece nociones sobre conceptos de química como: propiedad física, propiedad química, etanol, masa y volumen, con sus relaciones para calcular la densidad de forma indirecta utilizando las medidas en cada muestra aleatoria.
- Utiliza herramientas estadísticas para analizar las densidades obtenidas en las muestras aleatorias y sacar conclusiones sobre la precisión y la exactitud del método de medición.

Procedimental:

- Realiza prácticas experimentales de medición repetitivas recolectando datos como la masa y el volumen para calcular la densidad del etanol.
- Organiza las densidades obtenidas durante el experimento en tablas e histogramas con el fin de interpretar y comparar los datos.

- Elabora predicciones e hipótesis sobre la exactitud y la precisión del método experimental.
- Realiza cálculos estadísticos para analizar los datos obtenidos en el experimento.
- Socializa con sus compañeros y profesores sus hipótesis sobre sus concepciones de error de medición y la validez en cuanto a precisión y exactitud del método experimental realizado y las posibles causas de estos resultados.

Actitudinal

- Participa de forma dinámica durante el desarrollo de la actividad.
- Muestra respeto e interés frente al trabajo centrándose en las instrucciones planteadas en el aula.

2.3.0.13. Rol del profesor

- Guía la actividad realizando preguntas sobre la validez y precisión del método de medición.
- Organiza propiciando un ambiente científico para desarrollar la actividad.
- Resolver dudas e inquietudes que se presenten durante el desarrollo de la actividad.

2.3.0.14. Manual de la práctica

Objetivo: Determinar el nivel de precisión y exactitud de los datos de densidad del etanol arrojados por un método de medición químico.

Conceptos previos: Conceptos básicos de estadística descriptiva (dato, población, muestra, representaciones estadísticas y medidas de tendencia central), concepciones sobre el error de medición, conceptos de química (densidad, masa, volumen) y operaciones aritméticas.

Problema didáctico: La construcción del modelo estadístico del error a partir de procesos experimentales de medición.

Habilidades: Aplicación de conceptos del campo estadístico como químico, para recolección de los datos y el manejo estadístico de la información.

Hipótesis: Los valores de la densidad del etanol arrojados en la práctica experimental son muy precisos y exactos.

Materiales de la actividad: Un picnómetro, alcohol, balanza, lápiz y papel, software Excel.

Protocolo de la práctica: Se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se hace una introducción sobre los conceptos químicos que se utilizan durante el experimento, éstos son el etanol y sus propiedades físicas como la masa, el volumen y la densidad.

2. Se mide con la balanza la masa del picnómetro vacío y luego lleno de etanol.

3. Se calcula la masa del etanol, restando la masa del picnómetro lleno de la masa del picnómetro vacío, para evitar el error epistemológico de medir la masa teniendo en cuenta el recipiente.

4. Se determina el volumen del alcohol midiéndolo con el picnómetro y por medio de la fórmula calculamos la densidad del etanol. Se repite cinco veces el procedimiento y los datos obtenidos de masas, volúmenes y densidades son registrados en las tablas 3 y 4.

Dos tablas a completar con las medidas directas o indirectas obtenidas del experimento (identificación de variables) y el cálculo del porcentaje de variación y error relativo por medio del manejo de los datos en Excel.

Análisis de resultados de la actividad didáctica: se realiza a partir de preguntas dirigidas o sugeridas al estudiante sobre los datos registrados en la tabla 4. Tales como: ¿Qué factores en el taller experimental influyeron en los resultados sobre precisión y exactitud de las densidades? ¿Cuál es el uso que le podemos dar al error relativo en situaciones químicas?

Forma de socialización: se realiza una plenaria, donde serán respondidas las preguntas previas.

Forma de evaluación: cada grupo elaborará un informe con todo lo realizado y las conclusiones acerca del error de medición y los resultados de su tratamiento estadístico.

Bibliografía: Chang R, (2002) Química, México: McGraw Hill Interamericana, séptima edición.



Colegio Misael Pastrana Borrero



Universidad Nacional de Colombia
Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y Naturales

TALLER EXPERIMENTAL

Explora sobre la densidad del etanol

Nombres: _____ Curso: _____

En el dibujo de la derecha se observa el procedimiento para calcular la densidad de un líquido. En un vaso desechable se entrega una cierta cantidad de etanol (alcohol) a cada grupo.

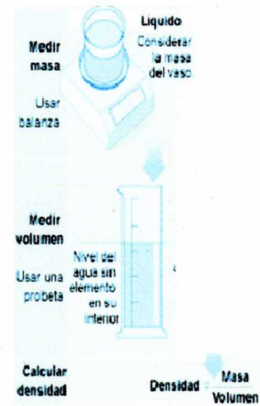
PREDICCIONES INDIVIDUALES

En 5 minutos realice las siguientes predicciones y entréguelas al profesor.

1. Estime el volumen y la masa del contenido de etanol que hay en el vaso. Suponga que miden cinco veces el volumen y la masa del alcohol, intuitivamente considere un valor para cada repetición y registrelos en la tabla- 3.

TABLA 3		
No. Repetición	Volumen estimado	Masa estimada
1		
2		
3		
4		
5		

2. ¿Cómo son los volúmenes y masas que acabaron de estimar (iguales, diferentes)? Justifica.
3. ¿Qué factores consideran que pueden afectar la medición del volumen y la masa del alcohol en este experimento?
4. ¿Qué consideraciones creen que se debe tener en cuenta en el método de medición para mejorar la precisión de los resultados?



PREDICCIONES EN GRUPO

1. Estime el volumen y la masa del contenido de etanol que hay en el vaso. Suponga que miden cinco veces el volumen y la masa del alcohol, estime un valor para cada repetición y regístrelos.

No. Repetición	Volumen estimado	Masa estimada
1		
2		
3		
4		
5		

2. ¿Cómo son los volúmenes y masas que acabaron de estimar (iguales, diferentes)? Justifica.
3. ¿Qué factores consideran que pueden afectar la medición del volumen y la masa del alcohol en este experimento?
4. ¿Qué consideraciones creen que se debe tener en cuenta en el método de medición para mejorar la precisión de los resultados?

Se realiza el experimento para la determinación de la densidad del etanol teniendo en cuenta en el manual el protocolo de la práctica experimental.

RESULTADOS

1. Realiza un histograma contrastando los volúmenes estimados con los medidos, y las masas estimadas con las medidas.
2. Registra en la tabla-4 las densidades obtenidas en la práctica. Calcula: el valor de la densidad media, la varianza y la desviación estándar. Utilizando la herramientas de Excel.
3. Cuantifique el nivel de precisión y exactitud del método de medición por medio del porcentaje de coeficiente de variación y el error relativo, respectivamente. Registre estos resultados y los del punto anterior en la tabla 4.

No, Repetición	Volumen (v)	Masa (m)	Densidad (d)
1			
2			
3			
4			
5			
Densidad media o promedio			
Varianza			
Desviación estándar			
P. del coeficiente de variación (Precisión)			
Porcentaje del error relativo (Exactitud)			

Por último se socializa por medio de una plenaria, las preguntas del taller y se discute a modo de conclusión sobre el reconocimiento y tratamiento estadístico del error al hacer inferencias sobre los datos obtenidos por medio de prácticas experimentales de química.

2.3.1. Actividad de determinación del valor del número Pi (π)

2.3.1.1. Introducción

Es una actividad en geometría, que consta de características, tales como: se relaciona con el valor del número Pi (π), el cual tiene un valor teórico y se puede obtener a nivel experimental manejando el uso de instrumentos de medida, como: la regla para medir la longitud del diámetro y de la tira de papel que recubre la circunferencia de forma directa; se desarrolla la medida indirecta del número Pi (π) por medio del uso de la fórmula donde se relacionan las longitudes del diámetro y de la circunferencia. Por tanto, durante el proceso de medir estas magnitudes se hace evidente de forma práctica los posibles errores de medición y además, debido a que se harán varias repeticiones del experimento y se cuenta con un valor teórico, se puede calcular el nivel de precisión y exactitud de los datos del número Pi (π) obtenidos con ese método de medición. La actividad permite superar el obstáculo didáctico al tratar el error, reconociéndolo no como una equivocación sino como una propiedad de las magnitudes físicas debido a la variación de los resultados en las mediciones y reconociendo las clases de factores que los originan.

2.3.1.2. Objetivo

Reconoce diferentes tipos de error de medición desde la práctica experimental de geometría, en la cual se obtiene datos de las longitudes del diámetro y la circunferencia que permiten establecer en varias repeticiones del experimento valores diversos para el número Pi (π), para con éstos, realizar un tratamiento estadístico que nos permita obtener conclusiones acerca de la precisión y exactitud del método de medición aplicando en la actividad el aprendizaje activo.

2.3.1.3. Descripción de la actividad

Se desarrolla esta actividad teniendo en cuenta la metodología de aprendizaje activo y el desarrollo de capacidades meta cognitivas en el aula como la observación, clasificación, comparación, medición, descripción, organización, predicción, formulación de hipótesis, interpretación de datos, elaboración de modelos y obtención de conclusiones a partir del análisis de los datos observados y obtenidos durante la actividad. La actividad se realiza teniendo en cuenta tres momentos que se describen a continuación:

Primer momento: El docente entrega la guía de las predicciones individuales para que la resuelvan elaborando posibles hipótesis a partir de sus conocimientos previos.

Segundo momento: Los estudiantes se organizan en grupos, para desarrollar la guía de predicciones en grupo, en la cual deben formular hipótesis y registrar en la tabla 5 estimaciones sobre las medidas de los diámetros y longitudes de las circunferencias. Se realiza la actividad experimental con los materiales necesarios obteniendo las medidas experimentales de los diámetros y longitudes de las circunferencias, se realiza la división entre la longitud de la circunferencia y su correspondiente diámetro para hallar el valor aproximado al número Pi (π). Se registran los datos en la tabla -5 para contrastarlos con las medidas estimadas por medio de la construcción de un histograma.

Tercer momento: Se calcula el valor medio, la varianza y la desviación estándar de los números Pi (π) obtenidos, se registran estos datos en la tabla 6. Por último se cuantifica

el nivel de precisión y exactitud de los valores del número Pi (π) obtenidos, por medio del cálculo del porcentaje de error relativo y el coeficiente de variación. Se pide realizar un informe sobre el taller y escribir tres conclusiones acerca del error de medición y su tratamiento estadístico. Los estudiantes argumentan las soluciones a las preguntas planteadas durante la actividad desde el tratamiento químico experimental y estadístico realizado, se socializa por grupos los resultados y se hace una síntesis por escrito o informe en grupo sobre el papel del error de medición en el desarrollo de la actividad.

2.3.1.4. Referente teórico

El número Pi, representado por la letra griega usada en matemáticas como el símbolo del cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro. El matemático griego Arquímedes afirmó correctamente que el valor de Pi se encuentra entre $3 + 1/7$ y $3 + 10/71$.

El símbolo π , fue usado por primera vez para representar esta razón en 1706 por el matemático inglés William Jones, pero su uso no se generalizó hasta su adopción por el matemático suizo Leonhard Euler en 1737.

$$\pi = \frac{l_c}{d}$$

En 1882 el matemático alemán Ferdinand Lindemann demostró que pi es un número trascendente, esto es, no puede ser la raíz de una ecuación polinómica con coeficientes racionales.

2.3.1.5. Indicadores de Logro

Conceptual

- Reconoce diferentes tipos de errores que se pueden dar dentro de un método de medición durante la práctica experimental.
- Establece nociones sobre la circunferencia y sus elementos para determinar el valor del número irracional Pi (π) a partir de relaciones matemáticas.
- Aplica sus conocimientos en medidas de dispersión, coeficiente de variación y el porcentaje de error relativo para analizar los datos obtenidos y sacar conclusiones sobre la precisión y la exactitud de los datos experimentales.

Procedimental

- Realiza la práctica experimental de forma repetitiva para obtener varios datos.
- Organiza la información obtenida durante el experimento en tablas e histogramas.
- Estima las medidas de las longitudes y realiza predicciones e hipótesis sobre la exactitud y la precisión del método experimental.
- Desarrolla cálculos con los datos experimentales observados para obtener el valor de Pi (π).

- Socializa las conclusiones obtenidas sobre el papel del error durante el proceso de medición experimental y las posibles causas de los resultados de la exactitud y precisión del método, a sus compañeros y profesores.

Actitudinal

- Participa activamente en grupo mostrando interés en el desarrollo de la actividad y siguiendo las instrucciones planteadas durante el experimento.
- Muestra respeto frente al trabajo de sus compañeros y sus intervenciones durante las socializaciones en el aula.

2.3.1.6. Roles del profesor

- Guía la actividad realizando preguntas sobre el papel del error en la práctica experimental.
- Organiza el aula propiciando un ambiente científico de respeto durante la actividad.
- Resuelve dudas e inquietudes que se presenten durante el desarrollo de la actividad.

2.3.1.7. Manual de la práctica

Objetivo: Reconocer el papel del error de medición y determinar el nivel de precisión y exactitud de los datos sobre el número Pi (π) obtenidos por el método experimental.

Conceptos previos: Concepciones sobre el error de medición, conceptos básicos de estadística, conceptos de geometría (la circunferencia y sus partes) y operaciones aritméticas.

Problema didáctico: El reconocimiento y aplicación de un modelo estadístico del error para evaluar la precisión y exactitud de datos experimentales.

Habilidades: Uso de conceptos del campo estadístico de la información y geométrico.

Hipótesis: Los valores del número Pi (π) obtenidos a partir de la práctica experimental son precisos y exactos con respecto al valor real.

Materiales de la actividad: Una lata metálica u objeto redondo, una tira de papel, una regla, un compás, lápiz, papel y el programa Excel.

Protocolo de la práctica: Se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se rodea el círculo con una tira de papel y marca la longitud que tiene la circunferencia.
2. Mide la longitud del papel que dio la vuelta completa al objeto circular con una regla.
3. Mide el diámetro de la lata u objeto circular con la regla. Luego se mide el diámetro con un compás para que sea más precisa la medida y se coloca esta distancia sobre una regla para asignarle un valor numérico.
4. El cociente entre la medida de la tira de papel y el diámetro es el número Pi (π).
5. Realiza el mismo procedimiento, seis veces seguidas y completa la tabla 5 y 6.

Dos tablas a completar con las medidas directas o indirectas obtenidas del experimento y gráficas como el histograma comparando las medidas estimadas con las obtenidas y el cálculo del porcentaje de variación y error relativo por medio del manejo de los datos en Excel.

Análisis de resultados de la actividad didáctica: se realiza a partir de preguntas dirigidas o sugeridas al estudiante sobre los datos registrados en la tabla 6. Tales como: ¿Qué factores en el taller experimental influyeron en los resultados sobre precisión y exactitud? ¿Cuál es el uso que le podemos dar error relativo en diferentes situaciones?

Forma de socialización: se realiza por medio de una plenaria, donde entre todo el curso serán respondidas las preguntas del punto anterior o las dudas originadas con la situación.

Forma de evaluación: cada grupo elaborará un informe con todo lo realizado y las conclusiones acerca del error de medición y los resultados de su tratamiento estadístico.

Bibliografía: Artículos sobre el número Pi (π) disponibles en:
<http://mimosa.pntic.mec.es/jgomez53/matema/conocer/numpi.htm>.



Colegio Misael Pastrana Borrero



Universidad Nacional de Colombia
Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y Naturales

TALLER EXPERIMENTAL

Explora sobre el número π

Nombre: _____ Curso: _____

En el dibujo de la derecha se muestra los materiales para el experimento, el procedimiento es sobreponer la tira de papel sobre la circunferencia de uno de los objetos circulares para medir su longitud. Luego se traza el diámetro de ese objeto circular y se mide con la regla. Por último se divide la longitud de la circunferencia entre la medida de su diámetro y se obtiene una aproximación al número Pi (π). Se repite el mismo proceso seis veces.

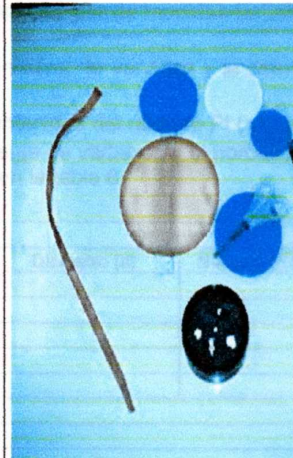
PREDICCIONES INDIVIDUALES

En 5 minutos realice las siguientes predicciones de forma individual, para luego entregarlas al docente.

1. Estime intuitivamente las longitudes de las seis circunferencias y sus diámetros. Regístrelos en la tabla- 5.

Repeticiones	Longitud de la circunferencia estimada	Longitud del diámetro estimado
1		
2		
3		
4		
5		
6		

- ¿Por qué considera estos valores para las longitudes y diámetros estimados?
- ¿Qué factores consideran que pueden afectar la medición de las longitudes en este experimento?
- ¿Qué relación creen que hay entre la cantidad de veces que realice el experimento y la calidad de los datos obtenidos al medir la longitud de la circunferencia y su diámetro?



PREDICCIONES EN GRUPO

1. Estime intuitivamente las longitudes de las circunferencias y sus diámetros. Regístrelos en la tabla- 5.

Repeticiones	Longitud de la circunferencia	Longitud del diámetro
1		
2		
3		
4		
5		
6		

- ¿Por qué considera estos valores para las longitudes y diámetros estimados?
- ¿Qué factores consideran que pueden afectar la medición de las longitudes?
- ¿Qué relación creen que hay entre la cantidad de veces que realice el experimento y la calidad de los datos obtenidos al medir la longitud de la circunferencia y su diámetro?

Se realiza el experimento para la determinación de la densidad del etanol teniendo en cuenta en el manual el protocolo de la práctica experimental.

RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el experimento. Contesta:

- Completa la tabla- 6 con los valores de las longitudes de la circunferencia y el diámetro.
- Realiza un histograma contrastando los datos de la tabla 5 y 6, medidas estimados contra medidas obtenidas experimentalmente.
- Registra en la tabla -6 los valores del número Pi (π), para cada par de medidas teniendo en cuenta sus tres cifras decimales
- Calcula: el valor medio de las aproximaciones al número Pi (π), la varianza y la desviación estándar, utilizando la herramientas de Excel.
- Cuantifique el nivel de precisión y exactitud de los datos obtenidos del número Pi (π), a partir de las medidas tomadas y calcule el porcentaje de coeficiente de variación y el porcentaje del error relativo, respectivamente. Registre estos resultados en la tabla 6.

No, Repetición	L. de la circunferencia	Diámetro (d)	Número Pi (L/d)
1			
2			
3			
4			
5			
La media de la aproximación al número Pi			
Varianza			
Desviación estándar			
P. del coeficiente de variación (Precisión)			
Porcentaje del error relativo (Exactitud)			

Se socializa por medio de una plenaria, las preguntas del taller y se discute a modo de conclusión, sobre las siguientes preguntas: ¿Qué factores en el taller experimental influyeron en los resultados sobre precisión y exactitud? ¿Cuál es el uso que le podemos dar error relativo en diferentes situaciones?

Capítulo: Aplicación de la propuesta didáctica

3.1. Caracterización del grupo de trabajo

La actividad diagnóstico sobre el tratamiento estadístico y las actividades experimentales fueron desarrolladas por los estudiantes de grado décimo (1001) del colegio Misael Pastrana Borrero IED, quienes realizaron el trabajo propuesto. Los aspectos más relevantes a nivel económico, social y cultural de los estudiantes con los que se realizó la aplicación son :

- Son jóvenes de género mixto (18 hombres y 22 mujeres) entre los 15 a 18 años de edad que habitan en la localidad Rafael Uribe Uribe en los barrios las Lomas y demás barrios aledaños de estratos 1 y 2.
- Existe variedad de culturas del país que han llegado al sector por problemas sociales de desplazamiento en sus regiones o por situaciones económicas y familiares.
- La mayoría de estudiantes no poseen una estabilidad familiar con sus dos progenitores sino que tienen familias integradas por un solo progenitor o en algunos casos por ninguno, es decir viven con familiares de segundo y tercer grado consanguinidad.
- El nivel educativo de sus acudientes es de básica primaria y secundaria, no hay casos de estudios universitarios superiores.
- A nivel general los estudiantes se encuentran en un buen estado físico y mental, varios cuentan con servicios médicos por parte del Sisben o algunas EPS.
- El nivel de calidad de vida de los ambientes familiares es medio-bajo, cuentan con servicios básicos de agua y luz, pero sólo el 40 % cuentan con parabólica e internet.
- El espacio de las viviendas es reducido para la cantidad de personas que habitan en ellas, por lo cual los estudiantes no tienen lugares adecuados para el estudio.
- La mayoría a pesar de sus condiciones sociales y familiares desean en sus proyectos de vida lograr realizar estudios superiores en diferentes áreas.

3.2. Conclusiones de la aplicación de la actividad diagnóstico

A partir de la actividad diagnóstico aplicada, se realiza un análisis de texto de las respuestas presentadas por los estudiantes, teniendo en cuenta la bitácora de aplicación,

donde en la parte de los resultados podemos observar el análisis estadístico, del cual se puede establecer algunas fortalezas que tienen los estudiantes al enfrentarse a este tipo de situaciones, tales como:

1. Los razonamientos planteados al sustentar la variabilidad de los resultados de un grupo, fueron dados teniendo en cuenta factores en el proceso de medida los cuales se pueden clasificar en diferentes tipos de errores, a continuación se nombran de mayor a menor ocurrencia, según la cantidad de estudiantes, con su respectivo porcentaje: el observador (46,6 %), el uso de instrumentos (33,3 %), los cálculos realizados (4 %) y a las propiedades físicas de la figura a medir (2 %).
2. La argumentación y la disposición se evidenció con su participación activa en el desarrollo de la actividad aportando sus conocimientos, razonamientos e ideas sobre el tema.
3. La mayoría de los estudiantes con un porcentaje del 33,3 % plantearon una noción de precisión muy similar a la formal, donde expresaban que "las medidas que obtuvieron cada integrante de los equipos fueran más similares o se repitieran" como criterio para evaluar la precisión de las medidas.

Algunas dificultades evidenciadas en los estudiantes durante la actividad, fueron:

1. Inconvenientes al momento de plantear criterios para evaluar la precisión de la competencia y dar un posible ganador, pues, el 20 % de la población consideraban que además de las medidas dadas debían tener una medida real o exacta de la estatua, es decir, asimilaban el concepto de precisión como el concepto real de exactitud.
2. La falta de dominio y claridad sobre nociones estadísticas que les pudiera servir de herramientas al comparar la diversidad de datos de la segunda situación, tales como: histograma, promedio, dispersión, varianza y desviación estándar, causaron que los estudiantes presentarían dificultades al analizar los datos para elegir los ganadores de las tres últimas categorías.

A nivel general, se puede decir que la actividad diagnóstico aplicada cumplió su objetivo principal que era establecer las dificultades y fortalezas presentadas por los estudiantes para tomarlas como punto de partida en la institucionalización del conocimiento estadístico, con el fin de analizar la precisión y la exactitud de los métodos de medición.

3.3. Conclusiones de la aplicación de las actividades experimentales

Para de los datos obtenidos en la propuesta didáctica aplicada, se establecieron unas categorías de análisis en las que se podía evidenciar la construcción del conocimiento entorno al error dentro de las actividades experimentales propuestas. Las categorías y las subcategorías fueron retomadas de un artículo de investigación llamado Modelos matemáticos a través de proyectos elaborado por Aravena M, Caamaño C. y Giménez J. (2008), aunque cabe recalcar que las categorías se adecuaron de acuerdo con el objetivo de nuestra investigación.

3.3.1. Categorías de análisis

3.3.1.1. Aspectos cognitivos

Para constatar la validez de nuestra hipótesis de investigación acerca del manejo y tratamiento estadístico del error de medición en situaciones experimentales en ciencias, es necesario tener en cuenta los procesos que evidencian el reconocimiento de diferentes tipos de error en situaciones de medición y el tratamiento estadístico, con el que se realizan inferencias sobre la precisión y exactitud de los datos experimentales. Para ello, se tienen en cuenta las siguientes subcategorías:

1. Elementos cognitivos conceptuales (CC)

Son los elementos que se refieren a las concepciones sobre el error de medición que tienen los estudiantes y algunos conceptos estadísticos para cuantificar la precisión y exactitud de los datos experimentales, para ello, se evidencia el reconocimiento e interpretación de las clasificación de los errores medición dentro de situaciones científicas y los objetos estadísticos asociados en la cuantificación del error a partir de la precisión y exactitud de los datos.

Durante el desarrollo de las actividades aplicadas en el grado décimo se observó que los estudiantes identificaban con mayor facilidad algunos errores de medición que otros dentro del proceso experimental, por lo cual, se plantea la siguiente clasificación jerárquica de menor a mayor grado de complejidad:

- (a) Error de apreciación: Los estudiantes tienen la concepción de error inicial de una equivocación, falla o falta de atención del observador al momento de registrar las medidas directamente o realizar los cálculos para determinar medidas indirectas. Es decir, el principal responsable de cometer el error es el observador y su habilidad al medir.
- (b) Error de exactitud: Los estudiantes consideran que el mal manejo del instrumento de medición debido a su graduación puede originar errores y variación en los datos observados, además, que las unidades de medida utilizadas en el instrumento puede dar mayor o menor exactitud a los resultados obtenidos experimentalmente.
- (c) Error de interacción: Los estudiantes no se les hace evidente que el error provenga de la interacción del método de medición con el objeto a medir, hasta que lo observan desde su experiencia, cuando hacen varias repeticiones del experimento obteniendo resultados más precisos y exactos, es decir disminuyendo el error.
- (d) Falta de definición en el objeto sujeto de medición: Este tipo de error es el de mayor complejidad por su nivel de abstracción ya que éste surge con la falta de definición del objeto a medir y la variación que produce el instrumento al interactuar con el objeto (principio de Heissenberg), por lo cual, los estudiantes presentan mayor dificultad para reconocerlo como error debido a que no se hace evidente de forma directa.

Los estudiantes en su mayoría cuando se les cuestionaba sobre que significaba que fueran exactas las medidas, contestaban que estas eran precisas o muy parecidas, aunque hubo una minoría que respondió que eran exactas cuando se acercaban a la realidad o a un valor real, lo cual fue el argumento más cercano a la definición

de exactitud. En este momento inicial de predicciones se observa que les causa gran dificultad diferenciar entre exactitud y precisión, en la parte de formalización cuando se abordan desde elementos estadísticos para cuantificar la exactitud y la precisión mejora la identificación de estos términos y sus características.

2. Elementos cognitivos procedimentales (CP)

Dentro de los procedimientos cognitivos se incorporan: 1) La práctica experimental; 2) La recolección y organización de la información o datos experimentales; 3) Los cálculos realizados para determinar medidas indirectas; 4) Las representaciones y cálculos estadísticos realizados en el software excel con los resultados.

Los estudiantes siguieron un protocolo para la práctica que los guiaba sobre el proceso que debían realizar con los materiales, y como utilizar las medidas registradas de forma directa, tales como: el tiempo, la masa y las longitudes para calcular medidas indirectas como la gravedad, el número Pi (π) y la densidad. Allí se evidenciaron algunos errores de tipo ilegítimo o espurio, que hacen referencia a cuando se escribe un número mal dentro de una fórmula o se utilizan unidades incorrectas, en especial, se observó esto en la actividad de física, ya que se les dificultó realizar la conversión de milésimas de segundo arrojados por los cronómetros de los celulares a segundos.

El instrumento utilizado en las actividades permitió que los estudiantes registraran de forma organizada la información recolectada a partir de varias repeticiones del experimento. Y durante la recolección de las medidas se reconoció el error de medición debido a la variabilidad de las medidas obtenidas.

El uso de las TIC's durante la actividad al realizar cálculos y representaciones estadísticas fue relevante para hallar el porcentaje del coeficiente de variación y con él evaluar la precisión de los datos obtenidos, ya que el objetivo no era que los estudiantes desarrollaran los conceptos estadísticos de variación a profundidad sino que los utilizaran en la cuantificación del error para evaluar el método de medición adoptado y argumentarán estos resultados desde todos los errores observados en el desarrollo de la actividad.

3. Elementos autorregulares y aplicación (AUT)

Se analizan los resultados con los que dotan a los conceptos y su utilidad dentro de un contexto en ciencias, las estrategias que siguen para resolver un problema a nivel experimental y analítico.

Los estudiantes reconocen la estadística como una herramienta indispensable al momento de cuantificar el error de medición (precisión de los datos), ya que el error produce una variación en las medidas observadas y esta se representa por medio de la media que se utiliza como herramienta para encontrar una medida promedio, las medidas de dispersión como la desviación estándar y la varianza que sirven para el cálculo del coeficiente de variación. Además, se reflexiona sobre la necesidad que se tiene de la cuantificación del error de medición al realizar métodos experimentales en ciencias y diseño de proyectos en ingeniería.

4. Comunicación Matemática (COM)

Se enfoca en la comunicación de predicciones sobre posibles resultados, métodos y procesos utilizados; argumentos a partir de la experiencia de los resultados obtenidos y discusiones para llegar a acuerdos de grupo en la solución de las preguntas.

Las intervenciones fueron argumentando las respuestas a las preguntas sobre el error, donde de tenía en cuenta la variedad de medidas obtenidas y los factores que intervienen durante el proceso de medición.

La socialización de sus ideas a nivel de grupo hasta llegar a acuerdos, para dar argumentos en colectivo a partir de la participación de todos sus integrantes. Por último, el planteamiento de conclusiones a nivel oral y escrito sobre la importancia del error de medición en este tipo de situaciones en ciencias y en situaciones de la vida real.

3.3.1.2. Aspectos Metacognitivos

En el marco didáctico se referenció el desarrollo de las capacidades metacognitivas durante la propuesta didáctica, ya que éstas son de vital importancia durante el proceso de experimentación; registro y sistematización de medidas directas e indirectas; observación para reconocer los errores de medición desde la práctica y comparación entre cantidades estimadas y medidas; que permiten que se adopte una actitud crítica, reflexiva, creativa y analítica frente a situaciones de medida donde se evidencia el error estadístico.

1. Creatividad (CR)

En las diferentes estimaciones que realizan los estudiantes se evidencia la creatividad, además, en sus socializaciones donde se constata la forma como se enfrentan a los problemas, el aporte de las nuevas ideas al resolver las preguntas planteadas sobre precisión y exactitud.

En las predicciones grupales, cuando se les plantea el realizar estimaciones de las medidas de las magnitudes de los objetos a medir, entran en conflicto ya que temen escribir valores muy lejanos al valor real, pero cuando comienzan a utilizar su creatividad y seguridad, debido a que se les dice que estos valores no serán evaluados sino que se usarán para contrastar las ideas previas con las medidas desde la experiencia.

También se evidencia la creatividad cuando plantean nuevas situaciones donde se hace necesario el tratamiento estadístico del error de medición, como en física los trabajos de ingeniería al construir edificios, vías de transporte, túneles, entre otros, en química al elaborar drogas y establecer medidas para crear reacciones químicas; en geometría al realizar mediciones de longitudes, áreas y volúmenes de figuras planas.

2. Pensamiento estratégico (PE)

Se centra en el espíritu crítico de los estudiantes para argumentar los resultados obtenidos a partir del proceso de medición experimental donde se hace evidente el error de medición y como su tratamiento estadístico aporta al estudio de diversas situaciones en ciencias.

Los estudiantes reflexionan sobre los procedimientos y factores que intervinieron para la obtención de diferentes medidas en las repeticiones del experimento al ver el nivel de exactitud y precisión calculados por medio del tratamiento estadístico del

error, y clasifican sus errores observados entre las categorías planteadas. El establecimiento de comparaciones entre las medidas estimadas y medidas, las relaciones de proporcionalidad entre las medidas que intervienen en la práctica, las comparaciones entre las medidas obtenidas y el valor real para evaluar la exactitud de las método de medición y las regularidades que hay en las tres situaciones planteadas.

Conclusiones

- Las actividades planteadas en la propuesta cumplen con características tales como: el manejo de un valor teórico de la magnitud a estudiar, el desarrollo de prácticas experimentales que permitan evidenciar el error, las repeticiones del experimento para evidenciar el error a partir de la variación de las medidas observadas, el planteamiento de condiciones en el proceso de medida y la evaluación de la precisión y exactitud del método de medición.
- La propuesta permite desde el aspecto curricular, reconocer el error como parte permanente de las medidas físicas, propiciando en ciencias la convivencia con el error y el manejo de su tratamiento para disminuir su valor a partir de métodos de medición más eficientes. Además, se pone en juego la discrepancia entre las predicciones, los datos teóricos y los observados.
- La propuesta aplicada brinda a los estudiantes herramientas conceptuales y procedimentales al momento de medir una magnitud, lo que permite que el error pierda ese significado de equivocación para reconocerlo como algo natural que no se puede eliminar sino disminuir en las magnitudes físicas, por lo cual, no es un valor exacto numérico sino que se encuentra en un intervalo. La propuesta aplicada brinda a los estudiantes herramientas conceptuales y procedimentales al momento de medir una magnitud, lo que permite que el error pierda ese significado de equivocación para reconocerlo como algo natural que no se puede eliminar sino disminuir en las magnitudes físicas, por lo cual, no es un valor exacto numérico sino que se encuentra en un intervalo.
- En el desarrollo de las actividades los estudiantes reconocen el error de medición desde la naturaleza de las magnitudes físicas y su cuantificación como una herramienta estadística que establece un criterio de validez de un método de medición en diferentes ciencias, además, logran concluir que este procedimiento se sigue en la vida real cuando se realiza un proyecto en ingeniería o la creación de una medicina en el sector farmacéutico.
- En el aspecto didáctico se plantea actividades donde se pueden relacionar campos de conocimiento, tales como: las ciencias, la estadística y la tecnología, incentivando el uso de las Tics durante el desarrollo de conocimientos y habilidades en el aula acerca del error.
- El estudio del error desde diferentes aspectos como el epistemológico, didáctico, disciplinar y pedagógico nos permite establecer el papel relevante que tiene en ciencias

el error, al formular las teorías que las fundamentan y establecer relaciones inter disciplinares, tales como la relación entre ciencias y estadística, que se basa en la cuantificación del valor del error para evaluar la precisión y exactitud de las medidas directas e indirectas obtenidas a partir de las prácticas experimentales.

- A nivel didáctico se establecen de modo jerárquico las clases de errores de medición que se hacen evidentes en una práctica, teniendo en cuenta las fortalezas y dificultades presentadas por los estudiantes al momento de identificarlas en el proceso experimental.

Anexo 1 : Bitácora de la actividad diagnóstico

Actividad

Fecha: 04 de Agosto 2012

Aplicar la actividad diagnóstico al grado décimo del colegio Misael Pastrana Borrero.
Desarrollo de la actividad

Se inició la actividad entregando a cada estudiante la guía, se realizó una lectura de las situaciones planteadas con el fin de disminuir las dudas o dificultades en la interpretación de los enunciados, y se les explicó el objetivo de la actividad que era observar las ideas previas o conocimientos que se tenían sobre el tema y de la importancia que tenía que cada uno expresará de forma honesta y sincera los razonamientos propios, ya que no se iban a evaluar las respuestas sino que se iba analizar los ideas y argumentaciones expuestas.

Los ítems que presentaron mayor dificultad en la primera situación fueron: el escribir en sus palabras el significado que tenían de error, el establecer criterios de evaluación en caso de que fueran jueces y buscar una medida cercana o aproximada a la real, ya que según ellos no contaban con una medida específica o exacta de la altura de la estatua. Además, se encontraron errores al representar los datos en histogramas pues algunos no tenían en cuenta que las divisiones de los ejes se debían encontrar a intervalos iguales, en consecuencia cuando se comparaban los datos de los dos equipos se les dificultaba su análisis para sacar conclusiones.

En la segunda situación se presentó mayor dificultad cuando debieron hallar promedios de los tiempos de cada equipo, para decidir cuál era el mejor, ya que no tenían claro como se calculaba un promedio, algunos estudiantes lo relacionaban con los datos que más se repetían, otros sumaron los datos y dividieron entre la cantidad total de datos, pero tuvieron errores en sus cálculos y algunos si calcularon de forma correcta los dos promedios. Las últimas preguntas sobre el grupo con los participantes más rápidos y con los tiempos más parecidos, en su mayoría no alcanzaron a ser respondidos por los estudiantes debido al tiempo y a la dedicación que tuvieron al resolver la primera situación.

Comentarios generales

A nivel general se cumplió el objetivo general que era identificar las fortalezas y debilidades que presentan los estudiantes sobre los conceptos estadísticos de medidas de tendencia central, construcción de histogramas para representar datos estadísticos

y medidas de dispersión. Con respecto a los logros actitudinales y procedimentales planteados durante el diseño de la actividad diagnóstica se puede decir que se cumplieron, y los logros cognitivos se evidenciaron de forma parcial durante la actividad, ya que se presentaron dificultades en la construcción de histogramas y la aplicación de los conceptos estadísticos de dispersión y promedio al solucionar las situaciones planteadas.

Conclusiones

A partir de la actividad realizada podemos establecer algunas fortalezas que tienen los estudiantes al enfrentarse a este tipo de situaciones como:

1. La disposición durante su participación en el desarrollo de la actividad aportando sus conocimientos, razonamientos e ideas sobre el tema en cuestión.
2. La argumentación dada sobre la variedad de medidas obtenidas teniendo en cuenta los factores que intervienen durante el proceso de medición
3. La forma de expresar sus concepciones sobre el error teniendo en cuenta la situación planteada.
4. El establecimiento de algunos criterios de evaluación donde se relacionaban las medidas dadas en la situación por medio de comparaciones y regularidades.

Las dificultades evidenciadas durante la actividad son las siguientes:

1. Los inconvenientes presentados para dar un posible ganador a partir de las medidas dadas sin tener una medida real o exacta de la estatua.
2. El planteamiento de criterios para evaluar la competencia debido a sus dificultades al definir qué significa la precisión de las medidas.
3. La falta de claridad en la construcción de los histogramas; con ello las dificultades al analizar y comparar información por medio de las gráficas.
4. Las dificultades al calcular medidas de tendencia central como el promedio de datos.
5. Las dificultades al relacionar los histogramas y el análisis de las medidas de dispersión, dado un conjunto de datos estadísticos.

Críticas

La actividad diagnóstica fue algo densa lo que no permitió por cuestiones de tiempo realizar los últimos puntos de la segunda situación y desgastó un poco a los estudiantes durante su desarrollo. Para una aplicación se recomienda realizar la primera situación que es la que brinda más herramientas para indagar sobre los conocimientos de los estudiantes en los conceptos de estadística aplicada a las ciencias.

Ideas para seguir adelante

Retomar el análisis realizado a los resultados de la actividad diagnóstica con el fin de partir durante la actividad de las concepciones previas para reconstruir conceptos previos y construir conceptos nuevos a partir de las diferentes prácticas de laboratorio y el tratamiento estadístico de los datos arrojados en cada experimento.

Resultados

Se muestran las gráficas descriptivas de cada ítem aplicado en las situaciones de la actividad diagnóstica estableciendo el objetivo didáctico que tenía cada uno.

Críterios de análisis de la prueba diagnóstica

Primera situación

ITEM 1: Se buscaba indagar sobre los razonamientos de la variabilidad de las medidas obtenidas por cada grupo, las observaciones se pueden clasificar en las siguientes clases:

- Considera que la variabilidad se debe al uso de diferentes instrumentos que hizo cada integrante.
- Considera que la variabilidad se debe al observador que está midiendo por falta de manejo del instrumento.
- Considera que la variabilidad se debe a la diferencia de cálculos (sumas) a partir de las medidas parciales para obtener la medida total de la estatua.
- Considera que la variabilidad se debe a que la figura que se estaba midiendo tenía malformaciones o estaba deteriorada.

CRITERIO	CANT. ESTUDIANTES	PORCENTAJE
1	10	33,3 %
2	14	46,6 %
3	4	13,3 %

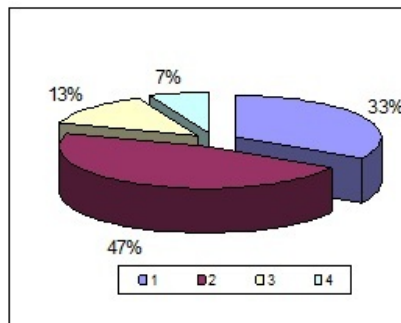


FIGURA 1.1. Gráfica circular donde se describe la distribución de los estudiantes según los criterios establecidos para el ítem 1.

ITEM 2: El objetivo de este ítem era indagar sobre la concepción que tienen los estudiantes de error en este tipo de situaciones. Algunas concepciones de error observadas fueron:

- Un error es una equivocación o una forma incorrecta de realizar un acto.
- Un error es una variación o falla en los cálculos debido a los procesos de medida.
- Un error es cometer algo que no se puede o es incorrecto por no seguir reglas.
- Un error es lo que se comete cuando no se pone atención o cuidado a las cosas que se están haciendo.
- No se da ninguna concepción sobre error.

CRITERIO	CANT. ESTUDIANTES	PORCENTAJE
1	10	33,33 %
2	6	20 %
3	5	16,67 %
4	4	13,33 %
5	5	16,67 %

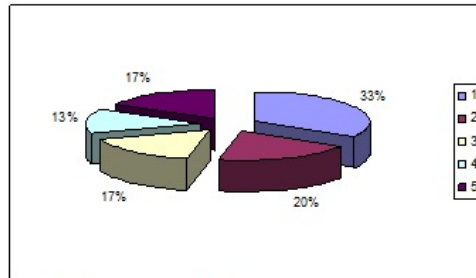


Figura 1.2. Gráfica circular en 3D donde se representa el porcentaje de las respuestas de los estudiantes que se encuentran en cada criterio.

ITEM 3. Su objetivo era indagar sobre la noción de precisión para poder proponer criterios en caso que fueran jueces para evaluar esta competencia. Los criterios expuestos fueron:

- Las medidas que obtuvieron cada integrante de los equipos fueran más similares o se repitieran.
- La medida que se encontrara más cerca de la medida correcta de la estatua.
- Se tendría en cuenta el trabajo en equipo, el procedimiento al medir y el respeto entre el grupo.
- La medida más cercana al promedio de los datos de los dos grupos.

CRITERIO	CANT. ESTUDIANTES	PORCENTAJE
1	10	33,33 %
2	6	20 %
3	5	16,67 %
4	4	13,33 %
5	5	16,67 %

Segunda situación

El objetivo de esta situación era que los estudiantes compararan los datos dados en las tablas de resultados de cada grupo, para poder dar el listado de ganadores según los criterios de cada premio, se observó que la mayoría tuvo respuestas acertadas basándose de forma intuitiva en la información dada, y relacionando rapidez con menor tiempo.

- Participante más rápido, de los dos grupos
- Participante más rápido, de cada grupo.
- Grupo con el mejor promedio.
- Grupo con los participantes más rápidos.
- Grupo con los tiempos más parecidos.

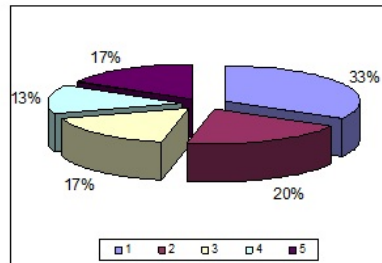


Figura 1.4 Gráfica en 3D donde se representa el porcentaje de los estudiantes que tuvieron respuestas clasificadas en cada criterio.

CRITERIO	RTA CORRECTA	RTA INCORRECTA
1	25	5 %
2	24	6 %
3	9	21 %
4	10	20 %
5	8	22 %

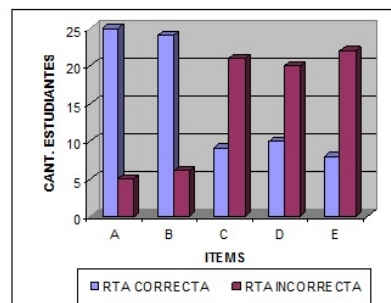


Figura 1.5. Gráfico de barras en 3D relacionando cada ítem de la segunda situación con la cantidad de estudiantes que respondieron de forma correcta e incorrecta.

Anexo 2: Bitácora de la actividad experimental en Física

Actividad

Fecha: 11, 18 y 25 de Septiembre 2012

Introducción al concepto de error de medición con su clasificación y tratamiento estadístico a partir de observaciones y datos obtenidos en el desarrollo de la actividad experimental sobre la caída libre de un objeto.

Desarrollo de la actividad

Se inició la actividad realizando una introducción a los conceptos físicos necesarios para el desarrollo de la actividad experimental en física sobre caída libre de un objeto como las variables: tiempo, distancia, velocidad, aceleración y gravedad, estableciendo sus relaciones y cuestionándolos sobre el comportamiento de éstas variables en situaciones, como cuando toman un transporte ¿qué sucede con el tiempo si se recorre la misma distancia a diferentes velocidades?, ¿Cuál consideraban que es la diferencia entre aceleración y velocidad?, ¿Cuál es la velocidad inicial de un objeto en un movimiento de caída libre? ¿Qué creen que es la gravedad? Luego se dan unos parámetros para el desarrollo de la actividad, se plantean los materiales necesarios que cada grupo debe traer a la siguiente sesión para realizar la actividad experimental y se organizan en cinco grupos de seis estudiantes.

En la segunda sesión se hace entrega de la guía para cada grupo donde aparece la descripción del experimento y las tablas que se deben completar con el tiempo y la gravedad teniendo en cuenta las relaciones entre las variables vistas la clase anterior. Se cuestiona a los estudiantes sobre las predicciones que pueden hacer acerca de los resultados que van a obtener en el experimento de forma individual y grupal. Por último, realizan el experimento de caída libre de un objeto, con los materiales que llevaron como cinta, un metro, un cronómetro en donde utilizaron el celular, un objeto como: cuaderno, diccionario, pelota de béisbol, tres marcadores unidos con una cinta y una agenda cinco veces tomando los datos obtenidos y a partir de estos datos calculan la gravedad.

En la tercera sesión se hace una introducción sobre lo que es precisión y exactitud de un método de medición utilizando una representación gráfica de un tablero de dados con situaciones diferentes y como a partir de herramientas estadísticas se puede

cuantificar estos criterios de validación, pero al momento de cuantificarlos estadísticamente por medio de Excel utilizando el porcentaje del coeficiente de correlación y el porcentaje de error relativo se presentan algunas dificultades que logran superar aplicando estas herramientas estadísticas con los datos obtenidos experimentalmente. Por último, argumentan las conclusiones sobre la validez del método teniendo como criterios la precisión y la exactitud del mismo y los porcentajes obtenidos en el tratamiento estadístico.

Comentarios generales

A nivel general se cumplió el objetivo general que era profundizar sobre conceptos de física relacionados con el movimiento de caída libre de un objeto y conceptos estadísticos necesarios para realizar el tratamiento estadístico de los resultados experimentales para obtener conclusiones acerca de la precisión y exactitud del método de medición. Al igual los logros actitudinales y procedimentales planteados durante el diseño de la actividad experimental también se cumplieron, verificando que los estudiantes aumentaron el interés y la participación dentro de la actividad de aula, ya que fue necesario para la realización del trabajo en grupo, el desarrollo de capacidades metacognitivas de observación de los tiempos y su recolección, la comparación de los tiempos obtenidos, la predicción de posibles conjeturas acerca de la precisión y exactitud del método a aplicar, el análisis de los resultados obtenidos con el tratamiento estadístico y la argumentación de las conclusiones a partir de todo el trabajo realizado tanto a nivel experimental como estadístico.

Conclusiones

A partir del desarrollo de la actividad se puede evidenciar que este tipo de propuestas didácticas establecen relaciones significativas de aplicación de la estadística para realizar estudios sobre procesos de experimentación en ciencias naturales, en este caso con la física, donde se puede observar que los estudiantes fortalecen actitudes académicas y capacidades metacognitivas como:

- Mejora el ambiente de trabajo y las relaciones en el aula fomentando mayor interés y participación por parte de los estudiantes a las actividades planteadas.
- La argumentación dada sobre la variedad de medidas obtenidas teniendo en cuenta los factores que intervienen durante el proceso de medición.
- La construcción de algunos criterios argumentativos para analizar los resultados de la precisión y exactitud obtenidos teniendo en cuenta el proceso de medición realizado durante el experimento.
- La forma de expresar sus concepciones sobre el error teniendo en cuenta la situación planteada.

Algunas dificultades que se presentaron durante la actividad para realizar el experimento fueron:

- Dos grupos de estudiantes no llevaron a la clase los materiales necesarios por tanto se les dificultó la toma de datos ya que tuvieron que trabajar con los elementos de otros grupos cuando ellos ya habían realizado el experimento.
- Cuando debieron realizar conversiones de milésimas de segundos a segundos tuvieron algunas dudas.

- Y el último inconveniente presentado fue al calcular la gravedad, es decir, al momento de utilizar los datos obtenidos experimentalmente del tiempo ya que utilizaron la fórmula de forma equivocada, realizando primero la división y luego la potenciación por tanto tuvieron que corregir estos resultados.

Críticas

Para una aplicación se recomienda al docente llevar en caso de que se presente algún inconveniente con el material, recursos extras para no tener dificultades en la realización del experimento y cuando se realice la introducción a los conceptos físicos desarrollar una actividad donde ellos realicen estos procedimientos con datos dados para evitar dificultades al utilizar los datos experimentales.

Ideas para seguir adelante

A partir de las observaciones realizadas en la aplicación de la actividad diagnóstico y de esta actividad se realiza un análisis para exponer como se puede evidenciar que este tipo de actividades pueden mejorar los procesos cognitivos, procedimentales y actitudinales de los estudiantes durante la realización de actividades de aula potenciando sus capacidades metacognitivos y comprometiéndolo más en la construcción de un conocimiento que se relaciona con diferentes áreas.

Anexo 3: Bitácora de la actividad experimental en Química

Actividad

Fecha: 14 y 21 de Marzo 2013

Introducción al concepto de error de medición con su clasificación y tratamiento estadístico a partir de observaciones y datos obtenidos en el desarrollo de la actividad experimental en química sobre determinación de la densidad del etanol.

Desarrollo de la actividad

Se comenzó la actividad entregando la guía de predicciones individuales donde se plantea que se realicen estimaciones de la medida de la masa y el volumen de una cantidad de alcohol dada en un vaso, luego respondan unas preguntas sobre sus estimaciones y por último, formulen hipótesis sobre lo que puede suceder cuando se realiza la medida de estas magnitudes. En un segundo momento, se organizan los estudiantes por grupos, para que socialicen las predicciones individuales, lleguen a acuerdo y socialicen las predicciones grupales ante el curso, se les dificultaba realizar estimaciones por el miedo a equivocarse, algunos grupos escribieron el mismo valor y otros diferentes para cada repetición, cuando se les cuestionó sobre sus respuestas, la mayoría dijeron que eran iguales porque estaban midiendo la misma cantidad de alcohol, pero cuando se les cuestionó sobre los factores que influyen en la medición, comenzaron a tener en cuenta los instrumentos con que miden y el observador que realiza la medida. Luego, argumentaron en la respuesta de la cuarta pregunta, que la precisión dependía de la exactitud con que se medía la masa y el volumen en cada repetición.

Con anterioridad a la práctica experimental, se hizo una profundización del concepto de densidad, volumen y masa, estableciendo sus relaciones y los instrumentos con que se miden, luego se dio el protocolo del experimento, iniciando con la calibración de la balanza para medir la masa, en este momento se evidenció errores del instrumento, del observador y del procedimiento cuando no se tenía en cuenta la masa del recipiente que contiene el agua, lo cual se corrigió durante el proceso, se continuó con la medida del volumen utilizando el picnómetro donde no presentaron mayor dificultad y luego, realizaron la división de la medida de la masa entre el volumen donde se les dificultó la manipulación de las unidades de medidas respectivas.

La segunda sesión se realizó en la sala de informática, se les dió los conceptos básicos estadísticos y la explicación de cómo se calculan en Excel, se obtuvieron los resultados por grupos en cada computador, se analizaron los datos arrojados sobre precisión y exactitud donde se observó que el valor teórico de la densidad del etanol no era muy próxima a los datos obtenidos en la mayoría de los grupos, por lo cual el nivel de exactitud fue muy bajo y el de precisión fue término medio. Al final, en un informe sobre la actividad escribieron varias conclusiones sobre el error de medición y su tratamiento estadístico durante la actividad.

Comentarios generales

A nivel general se aclaró la concepción de error, desde la práctica experimental donde los estudiantes evidenciaron diferentes tipos de error relacionados con el instrumento, el observador y los cálculos matemáticos para hallar la densidad del etanol. Además, se profundizó y aplicó conceptos de estadística inferencial y descriptiva, a partir del uso de las Tics, con lo cual se pudo evaluar el nivel de precisión como bueno y el nivel de exactitud como deficiente, argumentando estos resultados desde los diferentes errores observados en la práctica. En los estudiantes mejoró el interés y la participación dentro de la actividad de aula, durante el trabajo individual y colectivo.

Conclusiones

Por medio de la aplicación de esta actividad se evidenció las siguientes fortalezas en los estudiantes tanto a nivel intelectual y social:

- Se clarificó conceptos tales como: clases de error de medición, precisión, exactitud, nociones básicas de química (masa, volumen y densidad) y nociones de estadística descriptiva e inferencial (promedio, histograma, medidas de dispersión).
- A nivel social se fomentó un ambiente de trabajo con las relaciones interpersonales de calidad humana, mostrando respeto, interés y participación por parte de los estudiantes a las actividades planteadas.
- Se desarrolló capacidades metacognitivas durante las prácticas experimentales y socializaciones como son: la argumentación, la observación, la medida, la comparación, el análisis de resultados y la formulación de hipótesis.

Críticas

Durante la práctica experimental hubo escasez de instrumentos para todos los grupos lo cual generó desorden y el aumento del tiempo para este momento en la actividad.

Ideas para seguir adelante

Indagar sobre nuevas situaciones en química que cumplan las condiciones para aplicar este tipo de propuesta para desarrollar conocimiento en estadística y en ciencias por medio del estudio del error de medición.

Anexo 4: Bitácora de la actividad experimental en Geometría

Actividad

Fecha: 15 y 17 de Abril 2013

Introducción al concepto de error de medición con su clasificación y tratamiento estadístico a partir de observaciones y datos obtenidos en el desarrollo de la actividad experimental en geometría sobre la determinación del número Pi (π).

Desarrollo de la actividad

Se inició la actividad entregando la guía de predicciones individuales, donde se plantea que se realicen estimaciones de la medida de la longitud del diámetro y la circunferencia de un círculo en papel entregado individualmente, luego se respondieron unas preguntas sobre sus estimaciones y por último, formularon hipótesis sobre lo que puede suceder cuando se realiza la medida de estas magnitudes. En un segundo momento, se organizan los estudiantes por grupos para que resuelvan su guía de predicciones grupales, para eso socializan las predicciones individuales hasta llegar a acuerdos de grupo, en este momento se les dificultó realizar estimaciones por el miedo a equivocarse, algunos grupos escribieron el mismo valor y otros diferentes para cada repetición. Al cuestionárseles por sus respuestas, la mayoría dijeron que eran iguales porque estaban midiendo la misma circunferencia en varias ocasiones, y cuando se les cuestionó sobre los factores que influyen en la medición, comenzaron a tener en cuenta los instrumentos con que se miden como la tira de papel, la regla con sus unidades de medida y el observador que realiza la medida. Luego, argumentaron sobre la precisión y la exactitud aumentaba entre mayor cantidad de repeticiones se realizará del experimento.

Se desarrolló una profundización del concepto de circunferencia y sus partes, estableciendo sus relaciones y los instrumentos con que se miden, luego se entregó el protocolo del experimento, iniciando con la superposición de la tira de papel sobre la circunferencia y luego la medida de ésta con la regla, en este momento se evidenció errores del instrumento, del observador y del procedimiento cuando se sobreponía la tira de papel ya que a veces no era muy precisa esta medida y luego, realizaron la división de la medida de la longitud de la circunferencia entre la longitud del diámetro, donde en cada repetición obtenían un cociente parecido al anterior.

La segunda sesión se realizó en la sala de informática, se les explicó sobre los conceptos básicos estadísticos y sobre cómo se calculan en Excel, se obtuvieron los resultados por grupos en cada computador, se analizaron los datos arrojados sobre precisión y exactitud, donde se observó que el valor teórico del número Pi (π) era muy próximo a los datos obtenidos en la mayoría de los grupos, por lo cual el nivel de exactitud fue bueno y el de precisión fue término medio. Realizaron la misma práctica en un simulador y evidenciaron directamente que a mayor cantidad de repeticiones el número Pi (π) obtenido era más exacto. Al final, se realizó un informe sobre las conclusiones sobre el error de medición y su tratamiento estadístico a partir de la actividad.

Comentarios generales

A nivel general, se profundizó sobre la concepción de error desde la práctica experimental, donde los estudiantes evidenciaron diferentes tipos de error relacionados con el instrumento, el observador y los cálculos matemáticos para hallar una aproximación al número Pi (π). Además, se profundizó y aplicó conceptos de estadística inferencial y descriptiva, a partir del uso de las Tics, con lo cual se pudo evaluar el nivel de precisión y exactitud como bueno, argumentando estos resultados desde los diferentes errores observados en la práctica.

Conclusiones

Por medio de la aplicación de esta actividad se evidenció las siguientes fortalezas:

- Se clarificó conceptos tales como: clases de error de medición, precisión, exactitud, nociones básicas de geometría (circunferencia, diámetro, radio, entre otros) y nociones de estadística descriptiva e inferencial (promedio, medidas de dispersión, error absoluto y relativo).
- A nivel social, se fomentó un ambiente de trabajo a nivel científico donde primaron relaciones interpersonales de calidad y valores tales como: respeto, interés y participación.
- Se desarrolló capacidades metacognitivas durante las prácticas experimentales y socializaciones como son: la argumentación, la observación, la medida, la comparación, etc.

Ideas para seguir adelante

Realizar una búsqueda de temáticas en matemáticas y geometría que se puedan llevar al contexto experimental y que cumplan las condiciones de las actividades propuestas.

Evidencias

Estudiantes de grado décimo del colegio Misael Pastrana Borrero, de la jornada tarde, durante el desarrollo de las actividades.



Bibliografía

- [1] ARAVENA M, CAAMAÑO C. y JIMÉNEZ J., "Modelos matemáticos a través de proyectos", *Revista Latinoamericana en investigación en matemática educativa*. Relime (2008) Vol. 11 n.1, Págs. 49-92.
- [2] BATANERO, C. **Didáctica de la Estadística** (2001) España. Universidad de Granada.
- [3] BATANERO, C. y DÍAZ, C., *Estadística con proyectos*.(2011) España. Departamento de didáctica de las matemáticas. Universidad de Granada.
- [4] BELMONTE J. y CHAMORRO, C.**El problema de la medida: didáctica de las magnitudes lineales**(1994) Madrid: Síntesis.
- [5] BRESSAN, A. y YAKSICH, F.**La enseñanza de la medida en la Educación General Básica**.(2001) Obra colectiva de los docentes de la Red de escuelas de Campana.
- [6] BROUSSEAU, G. y BROUSSEAU, N.**Artículo: El peso de un recipiente. Estudio de los problemas de la medición en CM**. (1991 1992) Gran N, N° 50(pp. 65 a 87).
- [7] CABRIÁ, S. **Filosofía de la estadística**. (1994) Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- [8] CAMPANARIO, J. y MOYA A., *Artículo ¿Cómo aprender ciencias?* , *Revista Enseñanza de las Ciencias*.(1999) Vol. 2, Págs. 179-192.
- [9] CHANG, R. **Química**. (2002)(pp. 12-15, 153-180), México: McGraw Hill Interamericana, séptima edición.
- [10] GIL, S. y RODRIGUEZ, E.**Física Recreativa. Capítulo de Teoría de Errores**. (2002). Buenos Aires- Argentina: Alfaomega Editorial.
- [11] GODINO, J., BATANERO, C. y ROA, R. **Medida de magnitudes y su didáctica para maestros** (2002).(pp. 12-13), España. Departamento de didáctica de las matemáticas. Universidad de Granada.
- [12] GONZÁLEZ, M. y PÉREZ, A.**Estadística Aplicada**.(2009).(pp. 322-325). España. Editorial Díaz de Santos.
- [13] GUILFORD, J. y FRUCHTER, B.**Fundamental statistics in psychology and education**. (1978).
- [14] IBARROLA, P. **Artículo de carácter histórico titulado Gauss y la Estadística**, (2008) España.

Disponible en:

<http://www.fme.upc.edu/arxiu/butlleti-digital/gauss/060215>.

- [15] LEVIN, R. y RUBIN, D. **Estadística para administración y economía.** (2004) Ed. 7a. México: Pearson Educación.
- [16] KREYSZIG, E. **Introducción a la estadística Matemática, Principios y métodos.** (1978) Cap. 19 (pp. 379,380). México, Editorial Limusa S.A.
- [17] MEN **Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas.** (2006) Bogotá: Ministerio de Educación Nacional..
- [18] NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. **Medida.** (1970) (pp. 23-25). México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [19] SCHWARTZ, S. y POLLISHUKE, M. **Aprendizaje activo. Una organización de la clase centrada en el alumnado.** (1995). Madrid: Nancea.