

ACCURACY AND PRECISION IN ENGINEERING**EXACTITUD Y PRECISIÓN EN INGENIERIA**

MSc. Antonio Gan Acosta*, Ing. Wilson Antonio Gan Cuba
Ing. Alberto Nicolás Figueroa Coello*****

*** Universidad de Pamplona. Colombia.**

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Tel.: (57) 7568 5303 Ext. 164

E-mail: antoniogan@unipamplona.edu.co

**** Engineering System Technology. FL. USA.**

E-mail: gancuba@gmail.com

***** Carbones de Cerrejón Ltd. Colombia**

E-mail: alberto.figueroa@cerrejoncoal.com

Abstract: Research carried out in order to determine which differentiates the most successful professionals in practical work of engineering in industry, especially those that deal primarily with maintenance work on equipment and systems and use measurements in the diagnosis of elements and systems, for locating and solving breakdowns showed that a proper interpretation and specific accuracy and precision concepts, marked differences as far as with the less successful.

Resumen: Investigaciones realizadas con el objetivo de determinar, qué diferencia a los profesionales más exitosos en los trabajos prácticos de ingeniería en la industria, especialmente aquellos que se ocupan fundamentalmente en labores de mantenimiento y utilizan las mediciones en el diagnóstico de elementos y sistemas, para la localización y solución de averías, demostraron que una interpretación adecuada y específica de los conceptos de exactitud y precisión, marcaba diferencia con respecto a los menos exitosos.

Keywords: Measurement, accuracy, precision, quality measurement.

1. INTRODUCCIÓN

Investigaciones con profesionales vinculados directamente a labores de construcción, operación y mantenimiento de equipos y sistemas industriales, evidenciaron que pueden dividirse en dos grandes grupos, los muy exitosos y rápidos en el cumplimiento de sus objetivos, y los menos exitosos. Sobre todo en lo concerniente a labores de diagnóstico y reparación, donde la utilización de mediciones y medios de medición juegan un rol significativo.

La investigación y estudio de los más exitosos, concluyó que la diferencia fundamental entre otros aspectos, no consistía en la preparación básica de pregrado, sino en: un concepto de medición distinto al manejado tradicionalmente sobre todo en las áreas básicas de las físicas y las matemáticas, una interpretación y manejo adecuado de la teoría de errores, la organización de su actividad en etapas lógicas de actuación y el dominio y aplicación de métodos específicos para localizar elementos defectuosos.

El dominio de estos conocimientos, sin duda permitía que hubiese una marcada diferencia, en cuanto a rapidez claridad y acierto en las decisiones profesionales y resultados laborales.

A continuación presentamos los aspectos referentes a la definición, interpretación y utilización de los conceptos de exactitud y precisión, como dimensiones del concepto de medición.

2. DESARROLLO

2.1 La exactitud y la precisión como dimensiones del concepto de medición

Las dimensiones expresan las características de los fenómenos, procesos y sistemas, y permiten la utilización o interacción con los mismos.

El concepto de medición utilizado por los ingenieros de forma consciente y explícita, o inconsciente e implícita, se evidencia a través de sus dimensiones las cuales relacionamos a continuación: definición del concepto, características principales de las mediciones, requisitos de calidad de las mediciones, las etapas lógicas de un proceso de medición, que a la vez es una forma más amplia y explícita de expresar el concepto de medición, y la clasificación general de las mediciones.

Los dos indicadores o dimensiones más significativos de la calidad de las mediciones, se manifiestan a través de los conceptos de exactitud y precisión, que son el objetivo principal de este trabajo. También son las dos más importantes del concepto de error, lo cual será tratado adelante.

2.2. Definición del concepto de medición

Lord Kelvin dijo: **“Sólo cuando es posible medir y expresar en forma numérica aquello de que se habla, se sabe algo acerca de ello; nuestro saber será deficiente, mientras no seamos capaces de traducirlo en números”**.

Los conocimientos actuales sobre: el funcionamiento del cerebro humano, la estructura y dimensiones de la inteligencia emocional y la intelectual, los canales de comunicación del hemisferio derecho y el izquierdo con el medio que nos rodea, y su forma de procesar la información, nos permitió entender, el concepto de medición,

que en la mayoría de los casos de forma implícita no consciente, manejan los profesionales exitosos investigados; un enfoque más amplio, que aunque no exige siempre un número como resultado, tampoco excluye los conceptos tradicionales, el cual se define como:

“Medir, es obtener un reflejo cuantitativo del valor de las magnitudes físicas, para satisfacer una necesidad humana, científica o tecnológica, utilizando medios de medición”.

Este concepto nos recuerda la frase de Aristóteles: **“Es indicativo de una mente instruida aceptar el grado de precisión, que la naturaleza de lo estudiado admite, y no buscar la exactitud, donde solo es posible hallar una aproximación a la verdad”**.

En la definición se observan tres momentos importantes, obtener un reflejo cuantitativo, no necesariamente un número o símbolo; satisfacer una necesidad y utilizar medios de medición.

Las características o dimensiones más importantes de las mediciones son: La definición del concepto con tres momentos importantes, obtener un reflejo cuantitativo, utilizar un medio de medición y satisfacer necesidades. El principio de medición que expresa el conjunto de fenómenos físicos que se utilizan para realizar las mediciones. El método de medición, que es el conjunto de procedimientos que se utilizan para realizar las mediciones. El error de la medición, que expresa su grado de imperfección. La calidad de la medición. Las etapas lógicas o acciones para hacer las mediciones, que también es la forma de lograrlas con calidad, las cuales son: I. Valoración y selección, II. Familiarización con el instrumento, III. Localización de la magnitud objeto de medición, IV. Cálculo del valor de la indicación del instrumento, V. Análisis de los errores de la medición y VI. Interpretación de los resultados de la medición. Y otra dimensión es su clasificación que las divide en: Directas e indirectas atendiendo a la forma de obtener los resultados, Técnicas (de detección, de valoración, de cálculo y de control), y las de laboratorio (de alta precisión y de verificación o calibración).

Al hacer una medición cabe la pregunta, ¿se ha medido con calidad? La respuesta se esclarece a través de los conceptos de Exactitud y Precisión, que son las principales dimensiones de los errores y la calidad de las mediciones de magnitudes.

El presente trabajo centra su atención fundamentalmente en las mediciones técnicas y en las mediciones de verificación o control. Las mediciones de alta precisión tienen sus características particulares.

2.3. El concepto de error en las mediciones

“Se define al error, como el grado de imperfección de una medición”. Y tiene como dimensiones matemáticas fundamentales “El error absoluto” y “El error relativo”.

“El error absoluto es la diferencia entre el resultado de una medición y un valor de referencia, expresado en unidades de la magnitud objeto de medición”, su expresión matemática es:

$$\Delta x = X - X_r \quad (1)$$

Donde:

Δx ; error absoluto.

X; resultado de la medición.

X_r ; valor de referencia.

El error absoluto indica la cantidad o tamaño del error por unidades de la magnitud que se mide.

“El error relativo” es la relación que existe entre el error absoluto y el valor de referencia, su expresión matemática es:

$$d_x = \frac{\Delta X}{X_r} \quad (2)$$

Donde:

d_x ; error relativo de la medición.

El error relativo indica la cantidad de error por unidad de referencia.

2.4. El concepto de exactitud

Diferentes autores y profesionales utilizan indistintamente los conceptos de error absoluto Δx , o el error relativo d_x para definir la exactitud o la precisión de una medición, lo cual es cuestionable.

Desde el punto de vista semántico estas palabras son sinónimas, aunque al interpretar su significado en los diccionarios, se encuentran más elementos cuantitativos en el significado de la palabra exactitud, que en precisión, por lo que en nuestro

trabajo, hemos decidido definirlo como: **“La exactitud, es la valoración cuantitativa del error de una medición”**. En las mediciones técnicas, su expresión matemática coincide con la fórmula del error relativo (2); e indica la cantidad de error por unidad de referencia de la magnitud que se mide.

Algunos profesionales utilizan el error absoluto como concepto de exactitud, lo cual no es correcto. Para ilustrar a manera de ejemplo, si al realizar una medición utilizando la fórmula (1) obtenemos que el error es de un metro (1m); ¿Cómo podemos calificarlo, pequeño o grande?

Por supuesto esto depende del objeto de medición, si medimos el ancho de una mesa de dos metros:

$$\text{Si } \Delta x = 1m.$$

Utilizando la ecuación (2), obtenemos que:

$$d_x = \frac{1m}{2m} = 0.5$$

El error por unidad de referencia es de un 50%, demasiado grande.

Pero si por el contrario, el objeto de medición era la distancia entre la tierra y la luna (más de trescientos mil kilómetros).

Utilizando la ecuación (2), obtenemos que:

$$\text{Si } \Delta x = 1m. \\ d_x = \frac{1m}{300000km} = 0.00000033$$

El error por unidad de referencia es de 33.10^{-6} %, muy pequeño con respecto a la medición del ancho de la mesa, y en ambos casos el error absoluto fue de un metro.

Por tanto el error absoluto o cantidad total de error no ilustra ni define calidad de la medición. Lo cual si se logra con el error relativo o exactitud en las mediciones técnicas, que es indicador de la cantidad de error por unidad de la magnitud de referencia.

2.5. El concepto de precisión

Enunciado el concepto de exactitud, podemos preguntarnos, ¿es suficiente este número para definir la calidad de la medición? Analicemos el siguiente ejemplo buscando la respuesta.

En una tirada de lotería de 10 000 billetes a ganar uno, cualquier persona se gasta un dólar (costo de un billete) de su salario, con una probabilidad de ganar de:

$$P = \frac{1}{10\,000} = 0.0001$$

Pero ninguna persona normal, se juega su salario completo.

Por otro lado se conoce que la probabilidad de tener un accidente mortal de tránsito al salir a la calle es de 0.0001; y todo el mundo sale a la calle.

Observamos que, el número o probabilidad 0.0001, es suficiente para poner en juego nuestra vida, pero no el salario de un mes.

Por tanto los números, en este caso, 0.0001 no son suficientes para definir calidad y tomar decisiones, sino que también hacen falta indicadores cualitativos de lo cual se ocupa el concepto de precisión y se define como: **“La precisión es el reflejo cualitativo del grado con que la exactitud satisface las exigencias de rigor de una medición”**. No es un número, es una categoría y se define con adjetivos tales como, malo, regular, buena, excelente, etc.

La precisión tiene dos dimensiones fundamentales, que definen las características y calidad de las mediciones, el “tiempo” dedicado y los “recursos económicos” empleados para realizar la medición.

Las cuales no podemos olvidar, buscando el menor error absoluto y la mayor exactitud posible para el desarrollo científico y tecnológico en un momento dado de la humanidad.

2.6. Exactitud versus precisión

Una muy buena exactitud puede significar una pésima precisión. Y lo contrario también es posible que una muy mala exactitud pueda significar una excelente precisión. Lo cual ilustramos a través de los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1: Buena exactitud y mala precisión.

Si al determinar, si un circuito es de 110 voltios o 220 voltios, se utiliza el voltímetro más exacto del mundo; la exactitud es la mejor del mundo, pero la precisión fue pésima, pues pudo haberse determinado con el voltímetro de peor clase de precisión del mundo, o simplemente con un

indicador de tensión o lámpara incandescente que soportara las tensiones. Sin la necesidad de gastar tiempo y recursos económicos en localizar el mejor voltímetro del mundo.

Ejemplo 2: Mala exactitud y buena precisión.

En la técnica digital se utilizan niveles lógicos para transmitir la información, como se ilustra en la figura 1.

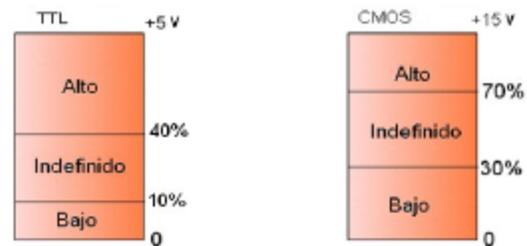


Fig. 1. Niveles lógicos en los circuitos digitales integrados TTL y CMOS

Cada nivel está definido por un campo de valores, donde no importa cuál es el específico que se obtiene ni su error absoluto y mucho menos la exactitud; cualquiera que se obtenga dentro de la zona alta o baja, correspondiendo a un “uno” o “cero” lógico, es válido y significa una excelente precisión.

Esta nueva filosofía de las técnicas digitales, de excelente precisión casi sin importar la exactitud de los niveles lógicos, permitió vencer las barreras de la electrónica analógica, al ser tan difícil o imposible, lograr altos niveles de estabilidad en las corrientes de colector de los transistores.

Y paradójicamente, permitió desarrollar sistemas de medición, de control y de telecomunicaciones, de tan excelente exactitud, que con tecnología analógica, solo podía considerarse ciencia ficción.

2.7. Los conceptos de exactitud y precisión en las mediciones de alta precisión

Las mediciones de alta precisión utilizadas en las investigaciones científicas y la fabricación de medios de medición, se diferencian de las técnicas en muchos aspectos, entre otros, que el valor de las magnitudes no se obtiene a partir de una medición, sino de muchas en correspondencia con la necesidad.

Para caracterizar la calidad de las mediciones su exactitud y precisión se utilizan otros parámetros distintos del error absoluto y el error relativo mostrados en este trabajo, entre otros: la media aritmética, el error de la media aritmética, frecuencia, probabilidad, la mediana, la moda, la raíz media cuadrática, la desviación típica, o estándar de población, la varianza, las leyes de distribución, el intervalo de incertidumbre, la probabilidad de que el valor verdadero se encuentre dentro del intervalo de incertidumbre, la estimación por intervalo o de Neyman, la estimación puntual o de Fisher, Etc.

Todo lo planteado en este trabajo corresponde y es válido para las mediciones de alta precisión, donde se amplía a otros niveles del conocimiento humano, y las necesidades de la ciencia y la tecnología.

3. CONCLUSIONES

La exactitud y la precisión, son las dimensiones fundamentales de los errores y la calidad de las mediciones de magnitudes físicas.

La exactitud es un número o indicador cuantitativo y la precisión una categoría o indicador cualitativo.

No es correcto utilizar el error absoluto como concepto de exactitud.

En las mediciones técnicas, el error relativo puede considerarse exactitud.

Las dimensiones fundamentales de la precisión son sus implicaciones económicas y el tiempo utilizado en las mediciones, que a su vez define y determina su rapidez.

La interpretación y utilización adecuada de estos conceptos, permite a los profesionales realizar mediciones más eficaces y eficientes, medir y obtener el valor real de las magnitudes físicas y agilizar los procesos de diagnóstico del estado de funcionamiento de dispositivos, equipos y sistemas.

Existen otros enfoques y criterios para definir los conceptos de exactitud y precisión; precisamente la gran diversidad de definiciones, algunas de ellas contradictorias, o sin ilustrar la claridad de su utilidad, fue lo que dio origen a la necesidad de realizar este trabajo.

REFERENCIAS.

- Antonio Gan Acosta. El concepto de medición en ingeniería. Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada, Vol. 1, No. 11, Año 2008.
- Albert Paul Malvino. *Principios de electrónica*. 6ta Ed. McGraw - Hill / Interamericana de España, S.A.U. 1111 pp., Madrid, España, 2003.
- Katsuhiko Ogata. *Ingeniería de control moderna*. 3ra Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. 997 pp. México 1998.
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Colado, Pilar Baptista Lucio. *Metodología de la investigación*. 3ra Ed. McGraw-Hill /Interamericana Editores, S.S. DE C.V, 706 pp., México, 2004.
- Robert L. Boylestad; Louis Nashelsky. *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 1020 pp., México, 2003.
- Stanley Wolf; Richard F. M. Smith. *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 584 pp., México, 1992.
- William D. Cooper. Albert D. Helfrick. *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición*. Prentice - Hall Hispanoamericana, 450 pp., México, 1991.