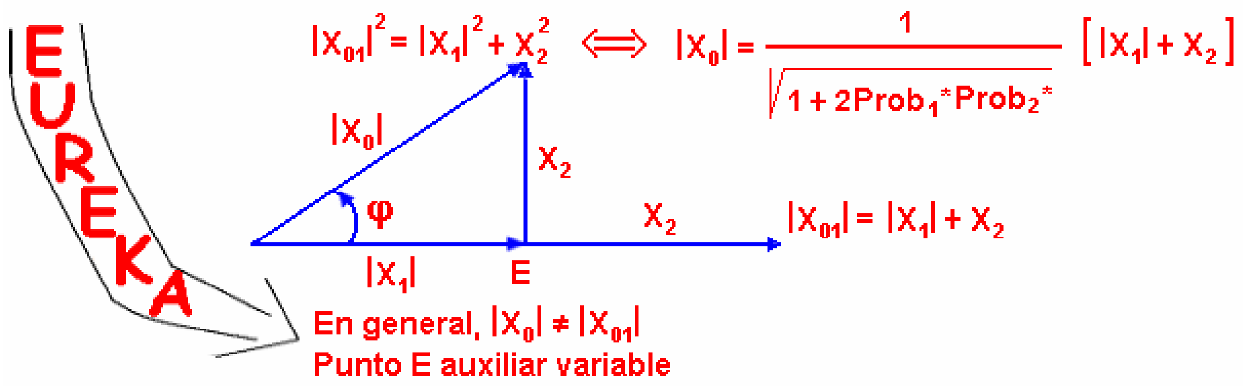
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
FACULTAD METALURGIA Y ELECTROMECÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA
MOA - HOLGUÍN

Trabajo de Diploma
en Opción al Título de Ingeniero Eléctrico

TÍTULO: Método de Medición Tricomponente



Autores: Yordan Rueda Paz
Yuniel Suárez de la Rosa

Tutor: Dr Manuel García Renté

Moa, 2007
Año 49 de la Revolución.

DECLARACIÓN DEL AUTOR

Yordan Rueda Paz y Yuniel Suárez de la Rosa, autores de este trabajo y el tutor Dr Manuel García Renté, declaramos la propiedad intelectual del mismo a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, el cual puede disponer de su uso según estime conveniente.

Yordan Rueda Paz (Diplomante)	Yuniel Suárez de la Rosa (Diplomante)

Dr Manuel García Renté
(Tutor)

“La Ciencia comienza allí donde comienzan las Mediciones”

Dimitri Mendellev.

Dedicatoria de Yuniel:

Dedico este trabajo especialmente a mis padres Nery de la Rosa Batista y Noaldo Suárez Pérez, quienes han sido un ejemplo digno para mí y nunca dudaron en darme su apoyo, esfuerzo y dedicación, por confiar plenamente en mí y sacrificarse por lograr mi meta, a mi hermano Yoandris Suárez de la Rosa, por su apoyo incondicional y a toda mi familia.

Dedicatoria de Yordan:

Dedico este trabajo de diploma especialmente a mi padre Cecilio Rueda Pérez, quien ha sido mi ejemplo a seguir y que se ha sacrificado tanto como yo por lograr lo alcanzado, que nunca ha escatimado ni ha dudado para darme las condiciones y el tiempo necesario para mi preparación y formación como profesional.

Dedico además este trabajo a mi madre Rosabel Paz Gonzáles, a mis hermanos Yudier Rueda Paz, Arístides Espinosa Paz y Mirurgia Peña Paz y en general a toda la familia.

A mis amigos y compañeros de estudio, a mi querida novia y a todos aquellos que de una forma u otra me han apoyado durante toda mi vida como estudiante.

Deseamos dejar constancia de nuestros reconocimientos a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido a la realización de este trabajo, así como a nuestra formación como profesionales.

De una manera muy especial a nuestro tutor el Dr Manuel García Renté, por el apoyo que nos brindó y por confiar plenamente en la realización de este trabajo.

Finalmente quisiéramos agradecer profundamente a nuestros familiares, padres, hermanos y amigos, por su apoyo incondicional y sin límites, por su confianza, por su paciencia, por su ejemplo digno, por estar a nuestro lado ante cada dificultad, ante cada obstáculo.

Realmente, muchas gracias a todos.

La Ciencia de ayer soporta la Ingeniería de hoy. Y por tanto, la Ciencia de hoy sustentará la Ingeniería del mañana. Esta visión estratégica avala la realización del Trabajo de Diploma: Método de Medición Tricomponente.

El Método de Medición Tricomponente integra armónicamente las magnitudes vectoriales y escalares e introduce un punto auxiliar variable que evalúa la posición del punto en el cuerpo. Este punto puede estar dentro, fuera o en superficie del cuerpo. En este trabajo no solo se introduce el Instrumento de Medición: el Método de Medición Tricomponente, sino también, un objeto más rico, objetivo y tangible donde aplicar este método.

En el Capítulo I, se establece el Marco Teórico de la Investigación; en él, se aborda la importancia, el desarrollo histórico de la medición, los errores y su tratamiento. El nexo entre caos, medición y predicción es tratado.

En el Capítulo II, obtuvimos como resultado la formación del Método de Medición Tricomponente, basado en el problema Parte-Todo, apoyado en esquemas que nos permitieron efectuar las mediciones y basándonos en las demostraciones matemáticas dimos validez a este método. Además se demostró de que este método es más general que el método de medición actual de magnitudes escalares eléctricas y no eléctricas.

En el Capítulo III, aplicamos las herramientas antes establecidas en el esclarecimiento de fundamentos de la práctica de la ingeniería actual; entre ellos: anuencia o correspondencia entre la Física Clásica y la medición; esclarecimiento de la Información como soporte general de la actividad cognoscitiva; y aplicación del enfoque tricomponente a una red eléctrica simple de CD y de CA.

SUMMARY

Yesterday's Science supports today's Engineering. And therefore, today's Science will sustain the tomorrow's Engineering. This strategic vision endorses the realisation of the Work of Diploma: Method of Mensuration three component.

The Method of Mensuration three component integrates the vectorial magnitudes and escalars harmoniously and it introduces a variable auxiliary point that evaluates the position of the point in the body. This point can be inside, it was or in surface of the body. In this non alone work the Measuring instrument is introduced: the Method of Mensuration three component, but also, a richer object, objective and tangible where to apply this method.

In the Chapter I, the Theoretical Marco of the Investigation settles down, in him, it is approached the importance, the historical development of the mensuration, the errors and their treatment. The nexus among chaos, mensuration and prediction is treated.

In the Chapter II, we obtained the formation of the Method of Mensuration as a result three component, based on the problem Part-everything, supported in outlines that allowed us to make the mensurations and basing us on the mathematical demonstrations gave validity to this method. It was also demonstrated that this method is more general than the method of current mensuration of magnitudes electric and not electric escalares.

In the Chapter III, we apply the tools before settled down in the clarification of foundations of the practice of the current engineering; among them: anuencia or correspondence between the Classic Physics and the mensuration; clarification of the Information like general support of the cognitive activity; and application of the focus three component to a simple electric net of CD and of CA.

Pág.

Declaración del Autor I
Pensamiento II
Dedicatoria III
Reconocimiento IV
Resumen V
Summary VI

I. Marco Teórico

1.1 Introducción……………………………………………………………………...1
1.2 Importancia de la medición…………………………………..............................4
1.3 Medición de Magnitudes Eléctricas...……………………………………………8
1.4 Errores de la Medición…………………………………………………………10
1.5 Propagación de Errores………………………………………………………..13
1.6 Breve reseña del sistema Internacional de unidades(SI)..............................19
1.7 Distribución Probabilística del Error de Medición
(los datos normales)…………………………………………………………….25
1.8 La media aritmética muestral $\overline{X}$ en la medición………………………………28
1.9 Error en el Caos……………………………………………………………….30
1.10 Protocolo de la investigación……………………………………………………33

II. Medición Tricomponente

2.1 Introducción...35
2.2 Problema Parte –Todo...36
2.3 Método de Medición Tricomponente..39
2.4 Índice de Magnitudes Tricomponentes...43
2.5 Diagrama de Bloques de la Medición Tricomponente...............................48
2.6 Juego y Control en el Fundamento de la Medición....................................49
2.7 Representación de la Realidad a partir de los Intervalos de Valores
medidos de X2 50
2.8 Conclusiones del Capítulo...55

Pág.

III. Fundamentos de la práctica de la ingeniería actual

3.1 Introducción....56

3.2 Metamecánica de Newton....57

3.3 Información 62

3.4 Aplicaciones....65

3.5 Conclusiones del Capítulo....69

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones....70

4.2 Recomendaciones....70

BIBLIOGRAFÍA.... 71

ANEXOS....72

I

Marco Teórico

1.1 Introducción

1.2 Importancia de la Medición

1.3 Medición de Magnitudes Eléctricas

1.4 Errores de la Medición.

1.5 Propagación de Errores

1.6 Breve reseña del Sistema Internacional de Unidades(SI)

1.7 Distribución Probabilística del Error de Medición (los datos normales)

1.8 La media aritmética muestral $\overline{X}$ en la medición

1.9 Error en el Caos

1.10 Protocolo de la Investigación

1.1 Introducción

En nuestros días resulta cada vez más necesario emplear las magnitudes físicas tales como la masa, longitud, el tiempo, etc., para describir e investigar los fenómenos y procesos tecnológicos, así como para enumerar las propiedades y características de los objetos físicos. Pero para describir cada uno de los procesos u objetos no basta con conocer las características cualitativas de estas magnitudes físicas, sino que es necesario también conocer sus características cuantitativas, las cuales solamente se pueden obtener por medio de las mediciones.

El hombre ha sentido la necesidad de cuantificar y, por lo tanto, de medir, desde las etapas iniciales de la humanidad. Los sistemas de medición han sido objeto de un desarrollo continuo, determinado por las necesidades crecientes del hombre y por las posibilidades que brindan los avances de la ciencia y la tecnología. La ciencia que se encarga de los conocimientos relativos a las mediciones se denomina Metrología, y cubre los aspectos teóricos y prácticos de este campo. La metrología se clasifica en:

Metrología legal: todas aquellas medidas que están relacionadas con transacciones comerciales, consumidores y su protección:

- En el área del comercio y protección de consumidores
- En el área de la seguridad y la salud
- En el área ambiental
- En el área de la ley

Metrología industrial: todas aquellas medidas que se realizan en las áreas de desarrollo de nuevos productos, inspección de materias primas e insumos, en las áreas de producción, monitoreo de procesos, mantenimiento, etc.

Metrología científica: todas aquellas medidas que se realizan en laboratorios de I y D, laboratorios de calibración, etc.

Las mediciones son un requisito esencial del desarrollo de la ciencia y la técnica. Los requerimientos de calidad y costo exigidos por la competitividad a los productos solo pueden alcanzarse con sistemas de medición e instrumentación sofisticados. Por ello las mediciones y la instrumentación son requerimientos básicos para quienes tienen relación con el monitoreo, control o evaluación de resultados experimentales. Tan es así que Dimitri Mendelev, padre de la Tabla Periódica de los elementos químicos, dijo:

“La ciencia comienza allí donde comienzan las mediciones”.

La observación, la medición y la experimentación son métodos fundamentales de la investigación empírica de la realidad, como complemento del método teórico de investigación.

Como hemos visto medir es una necesidad para la física, debido a la exigencia del método científico, que demanda que toda hipótesis sea contrastada experimentalmente. Naturalmente, esto ha de hacerse no solo de manera cualitativa sino además (fundamentalmente), cuantitativa. El ingeniero inglés, William Thomson siendo aún muy joven fue contratado por una empresa para el tirado del primer cable trasatlántico; ocurría que el cable se partía frecuentemente y que se retrasaba la ejecución del proyecto; por otro lado Thomson, a partir de un método de medición por él desarrollado había sugerido soluciones que no se tenían en cuenta. Al fin, los reiterados fracasos, los altos costos y la necesidad de entregar el proyecto obligaron a tener en cuenta las observaciones de Thomson y el tirado del cable concluyó exitosamente. En este contesto, Thomson dijo su famosa frase:

"Yo frecuentemente digo que cuando usted puede medir aquello de lo que está hablando, y expresarlo en números, usted sabe algo de ello, pero cuando no puede expresarlo en números, su conocimiento es pobre y de una calidad poco satisfactoria; puede ser el principio del conocimiento pero en sus pensamientos usted apenas ha avanzado al estado de Ciencia, cualquiera que se el asunto que se trate "

Por este y otros resultados, a William Thomson, se le confirió el título de "Lord Kelvin". Este renombrado científico llegó a decir que solo se podía tener certeza de algo, cuando se le podía medir y expresar numéricamente.

Medir es en lo esencial, un procedimiento de comparación con un patrón. Esto se ha hecho desde épocas remotas, pero la gran variedad de patrones existentes, la necesidad cada vez mayor de rigurosidad en el trabajo científico y la creciente comunicación entre científicos de distintos lugares alrededor del mundo, así como la existencia de una gran cantidad de magnitudes que en realidad son combinaciones de unas pocas (fundamentales), han llevado a la estandarización y a las definiciones contenidas en el denominado Sistema Internacional de Unidades (SI), hoy de amplio uso en el mundo entero.

1.2 Importancia de la medición

Se consideran ciencias experimentales aquellas que por sus características y, particularmente por el tipo de problemas de los que se ocupan, pueden someter sus afirmaciones o enunciados al juicio de la experimentación. En un sentido científico la experimentación hace alusión a una observación controlada; en otros términos, experimentar es reproducir en el laboratorio el fenómeno en estudio con la posibilidad de variar a voluntad y de forma precisa las condiciones de observación.

La física y la química constituyen ejemplos de ciencias experimentales. La historia de ambas disciplinas pone de manifiesto que la experimentación ha desempeñado un doble papel en su desarrollo. Con frecuencia, los experimentos científicos sólo pueden ser entendidos en el marco de una teoría que orienta y dirige al investigador sobre qué es lo que hay que buscar y sobre qué hipótesis deberán ser contrastadas experimentalmente. Pero, en ocasiones, los resultados de los experimentos generan información que sirve de base para una elaboración teórica posterior.

Este doble papel de la experimentación como juez y guía del trabajo científico se apoya en la realización de medidas que facilitan una descripción de los fenómenos en términos de cantidad. La medida constituye entonces una operación clave en las ciencias experimentales.

No puede concebirse el desarrollo del comercio, la tecnología o la ciencia sin las mediciones. Las mediciones sirven: para determinar las cantidades y cualidades de los productos entregados o adquiridos; para establecer regímenes óptimos (o cuando menos uniformes) en los procesos industriales y en la explotación de los equipos e instalaciones; a los servicios médicos, meteorológicos y de la defensa; a la ciencia, para estudiar y determinar las relaciones entre las propiedades de la materia en su infinita variedad. El modo en que se llevan a cabo las mediciones depende de los propósitos de quien los proyecta en lo relativo a precisión, rapidez, etc.

- **Mediciones. Definiciones y clasificación**

La Medición: Es la determinación del valor numérico de una magnitud física por medios experimentales empleando medios técnicos especiales y cifrados en valores de magnitudes físicas tomadas como unidades.

Para realizar la medición es necesario conocer los fundamentos y medios de medición, así como las unidades de las magnitudes físicas y los métodos y medios de medición dependen de la magnitud que se desea medir y de las condiciones en que se realizan las mediciones.

Las mediciones se clasifican de acuerdo con:

1. La forma en que se obtiene los resultado (directas o indirectas).
2. La precisión de los resultados (técnicos, de control y de alta precisión).

Las mediciones directas son aquellas en las que el valor de la magnitud investigada se obtiene por evaluación directa a partir de datos experimentales. Como ejemplos de estas mediciones se pueden citar las siguientes: Medición de la corriente con el amperímetro; medición de la tensión con el voltímetro; medición de la potencia con el watímetro; etc.

Las mediciones indirectas son aquellas en las cuales el valor de la magnitud investigada se obtiene sobre la base de dependencias conocidas, entre dicha magnitud y las sometidas a mediciones directas. Como ejemplos de esta mediciones indirectas se pueden citar las siguientes: medición de la resistencia eléctrica sobre la base de las mediciones de tensión y corriente; medición de la potencia en los circuitos de corriente directa sobre la base de los resultados de las mediciones de la tensión aplicada y la corriente que circula por el circuito; etc.

Las mediciones técnicas son aquellas en las que el error de la medición está determinado por las características de los medios de medición. Se emplean en los procesos de producción.

Las mediciones de control son aquellas en las cuales el error de medición no debe sobrepasar cierto límite. Se emplean en la verificación de los medios de medición, porque la verificación sobrepasa el límite fijado, sobre la base del error del instrumento que se verifica.

La medición de alta precisión son aquellas en las cuales la precisión está limitada por el nivel actual de la técnica. Se emplea en la fabricación y verificación de patrones, así como en la determinación de las constantes universales.

- **Magnitudes y medida**

El gran físico inglés Lord Kelvin consideraba que solamente puede aceptarse como satisfactorio nuestro conocimiento si somos capaces de expresarlo mediante números. Aun cuando la afirmación de Lord Kelvin tomada al pie de la letra supondría la descalificación de valiosas formas de conocimiento, destaca la importancia del conocimiento cuantitativo, particularmente en el tipo de ciencia que él profesaba.

La operación que permite expresar una propiedad o atributo físico en forma numérica es precisamente la medida.

- **Magnitud, cantidad y unidad**

La noción de magnitud está inevitablemente relacionada con la de medida. Se denominan magnitudes a ciertas propiedades o aspectos observables de un sistema físico que pueden ser expresados en forma numérica. En otros términos, las magnitudes son propiedades o atributos medibles.

La longitud, la masa, el volumen, la fuerza, la velocidad, la cantidad de sustancia son ejemplos de magnitudes físicas. La belleza, sin embargo, no es una magnitud, entre otras razones porque no es posible elaborar una escala y mucho menos un aparato que permita determinar cuántas veces una persona o un objeto es más bello que otro.

La sinceridad o la amabilidad tampoco lo son. Se trata de aspectos cualitativos porque indican cualidad y no cantidad.

En el lenguaje de la física la noción de cantidad se refiere al valor que toma una magnitud dada en un cuerpo o sistema concreto; la longitud de esta mesa, la masa de aquella moneda, el volumen de ese lapicero, son ejemplos de cantidades.

Una cantidad de referencia se denomina unidad y el sistema físico que encarna la cantidad considerada como una unidad se denomina patrón.

- **La Medida como comparación**

La medida de una magnitud física supone, en último extremo, la comparación del objeto que encarna dicha propiedad con otro de la misma naturaleza que se toma como referencia y que constituye el patrón.

La medida de longitudes se efectuaba en la antigüedad empleando una vara como patrón, es decir, determinando cuántas veces la longitud del objeto a medir contenía a la de patrón. La vara, como predecesora del metro de sastre, ha pasado a la historia como una unidad de medida equivalente a 835,9 mm. Este tipo de comparación inmediata de objetos corresponde a las llamadas medidas directas.

Con frecuencia, la comparación se efectúa entre atributos que, aun cuando están relacionados con lo que se desea medir, son de diferente naturaleza. Tal es el caso de las medidas térmicas, en las que comparando longitudes sobre la escala graduada de un termómetro se determinan temperaturas. Esta otra clase de medidas se denominan indirectas.

- **Tipos de magnitudes**

Entre las distintas propiedades medibles puede establecerse una clasificación básica. Un grupo importante de ellas quedan perfectamente determinadas cuando se expresa su cantidad mediante un número seguido de la unidad correspondiente. Este tipo de magnitudes reciben el nombre de magnitudes escalares. La longitud, el volumen, la masa, la temperatura, la energía, son sólo algunos ejemplos.

Sin embargo, existen otras que precisan para su total definición que se especifique, además de los elementos anteriores, una dirección o una recta de acción y un sentido:

son las llamadas magnitudes vectoriales o dirigidas. La fuerza es un ejemplo claro de magnitud vectorial, pues sus efectos al actuar sobre un cuerpo dependerán no sólo de su cantidad, sino también de la línea a lo largo de la cual se ejerza su acción.

Al igual que los números reales son utilizados para representar cantidades escalares, las cantidades vectoriales requieren el empleo de otros elementos matemáticos diferentes de los números, con mayor capacidad de descripción. Estos elementos matemáticos que pueden representar intensidad, dirección y sentido se denominan vectores.

Las magnitudes que se manejan en la vida diaria son, por lo general, escalares. El dependiente de una tienda de ultramarinos, el comerciante o incluso el contable, manejan masas, precios, volúmenes, etc., y por ello les es suficiente saber operar bien con números. Sin embargo, el físico, y en la medida correspondiente el estudiante de física, al tener que manejar magnitudes vectoriales, ha de operar, además, con vectores.

1.3 Medición de Magnitudes Eléctricas

En nuestros días las mediciones eléctricas de las magnitudes eléctricas revisten gran importancia porque ellas no solo permiten el estudio de los fenómenos eléctricos sino también de otra naturaleza, siempre que estas magnitudes puedan ser transformadas en eléctricas. Las mediciones se realizan en poco tiempo, y su resultado se puede obtener en forma analógica o digital; esto último permite la transmisión de los resultados a distancia o a un centro de control. Para la realización de estas mediciones se emplean los métodos y los instrumentos de evaluación directa y de comparación con medida. La selección de un método u otro, al igual que de un instrumento determinado, depende de las condiciones en que se realiza la medición y el error máximo permisible. En estas mediciones están presentes los errores instrumentales, de método, de posición, subjetivos, etc.

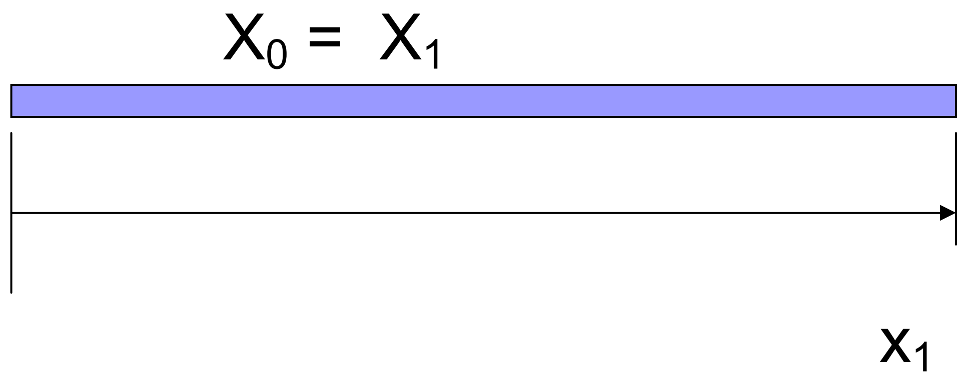


Figura 1.1: Interpretación Actual del Método de Medición.

Interpretación Actual: (X1)
Parte X1 = Resultante X0

- **Limitaciones de la Interpretación actual del Método de Medición**

  - Restringe a un solo número a las magnitudes escalares; así como, al tiempo y al escalar: módulo de la fuerza. Esto último, impide expresar al coeficiente de proporcionalidad de la medición en función de cocientes de tiempos o de fuerzas.

  - Impone que Parte X1 = Resultante X0

  - Impide definir y desarrollar los índices Probabilidad y Poder. Lo que restringe nuestra capacidad explicativa de la realidad.

  - No muestra a la probabilidad en función del coeficiente de proporcionalidad de la medición.

Nota: Este método de medición es utilizado para medir magnitudes escalares eléctricas como es la tensión, la corriente, campo eléctrico y campo magnético.

1.4 Errores de la Medición

Es muy frecuente escuchar que el valor de una determinada magnitud física se midió con una precisión determinada. Esta expresión a pesar de ser muy empleada no es correcta, pues la precisión es el grado de acercamiento entre el resultado de la medición y el valor verdadero de la magnitud. Hasta nuestros días no existe un método universalmente aceptable para aceptar cuantitativamente el valor de la precisión, motivo por el cual a ella solo se puede hacer referencia en forma cualitativa, es decir, que la precisión de la medición puede ser alta, media o baja y el indicador fundamental de esta de esta precisión es el error de la medición, o sea, la diferencia que hay entre el resultado de la medición y el verdadero valor de la magnitud; este error puede ser expresado en forma cuantitativa.

Los errores de medición siempre están presentes en el resultado de las mediciones, independientemente del cuidado y la calificación del operador, así como de los medios, principios y métodos de medición empleados. Estos errores se deben al no perfeccionamiento de los medios y métodos de medición, así como a las condiciones ambientales, la posición de los instrumentos, el estado de los órganos de los sentidos del operador, etc. De lo antes expuesto tenemos:

$$\Delta = X_{med} - X$$

donde:

Δ : es el error de medición.

X_{med} : es el resultado de la medición.

X : es el valor verdadero de la magnitud que usualmente se toma como la media aritmética $\overline{X}$.

El error de medición puede ser mayor o menor que los errores de los instrumentos utilizados en la medición si en esta no se emplean los instrumentos y los métodos adecuados, y tampoco se determina la influencia de los factores externos. El error resultante puede ser muchas veces mayor que los errores de los instrumentos empleados, pero si se utilizan métodos para aumentar la precisión, o sea realizar muchas mediciones con los mismos instrumentos manteniendo iguales condiciones externas y a los resultados obtenidos se les aplica la matemática estadística, el error de la de la medición puede ser en algunos casos significativamente menor que los errores de los instrumentos empleados.

Los errores son inevitables en los procesos de medición, por lo que es necesario considerarlos explícitamente para reducirlos y para compensar sus efectos. Se denomina error absoluto de medición a la diferencia algebraica entre un valor resultante de una medición y el valor verdadero:

Error absoluto = Valor medido – Valor verdadero

En realidad el valor verdadero de una magnitud es un concepto ideal, y en general no puede ser conocido exactamente. Sin embargo, puede tomarse en su lugar el valor convencionalmente verdadero, que es una buena aproximación del valor verdadero para todo fin práctico.. Así por ejemplo, puede tomarse como valor convencionalmente verdadero el valor medido con un instrumento de alta exactitud que representa un error muy reducido.

El error relativo de medición es la relación entre el error absoluto y el valor verdadero de la magnitud medida:

Error relativo = Error absoluto/ Valor verdadero

En ciencias e ingeniería, el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, es usual el empleo del término error como análogo o equivalente a equivocación. En ciencia e ingeniería, el error, como veremos en lo que sigue, está más bien asociado al concepto de incerteza en la determinación del resultado de una medición.

En todo proceso de medición existen limitaciones dadas por los instrumentos usados, el método de medición, el observador (u observadores) que realizan la medición. Así mismo, el mismo proceso de medición introduce errores o incertezas. Por ejemplo, cuando usamos un termómetro para medir una temperatura, parte del calor del objeto fluye al termómetro (o viceversa), de modo que el resultado de la medición es un valor modificado del original debido a la inevitable interacción que debimos realizar. Es claro que esta interacción podrá o no ser significativa: Si estamos midiendo la temperatura de un metro cúbico de agua, la cantidad de calor transferida al termómetro puede no ser significativa, pero si lo será si el volumen en cuestión es de una pequeña fracción del mililitro. Tanto los instrumentos que usamos para medir como las magnitudes mismas son fuente de incertezas al momento de medir. Los instrumentos tienen una precisión finita, por lo que, para un dado instrumento, siempre existe una variación mínima de la magnitud que puede detectar. Esta mínima cantidad se denomina la apreciación nominal del instrumento. Por ejemplo, con una regla graduada en milímetros, no podemos detectar variaciones menores que una fracción del milímetro.

A su vez, las magnitudes a medir no están definidas con infinita precisión. Imaginemos que queremos medir el largo de una mesa. Es posible que al usar instrumentos cada vez más precisos empecemos a notar las irregularidades típicas del corte de los bordes o, al ir aun más allá, finalmente detectemos la naturaleza atómica o molecular del material que la constituye. Es claro que en ese punto la longitud dejará de estar bien definida. En la práctica, es posible que mucho antes de estos casos límites, la falta de paralelismo en sus bordes haga que el concepto de la “longitud de la mesa” comience a hacerse cada vez menos definido, y a esta limitación intrínseca la denominamos denomina incerteza intrínseca o falta de definición de la magnitud en cuestión.

Según su carácter los errores pueden clasificarse en sistemáticos, estadísticos (casuales) y espurios o de descuido:

Errores sistemáticos: se originan por las imperfecciones de los métodos de medición. Por ejemplo, pensemos en un reloj que atrasa o adelanta, o en una regla dilatada, el error de paralaje, etc. Los errores introducidos por estos instrumentos o métodos imperfectos afectarán nuestros resultados siempre en un mismo sentido. El valor de exactitud sería un ejemplo de error sistemático pero no son lo mismo, ni los errores de exactitud son los únicos responsables de los errores sistemáticos. Imaginemos por ejemplo el caso de una balanza bien calibrada que se usa para conocer el peso de las personas en los centros comerciales u otros negocios, como es usual que las personas (en público) se pesen vestidas, los valores registrados con estas balanzas tendrán un error sistemático por el peso de la vestimenta. La única manera de detectarlos y corregirlos es comparar nuestras mediciones con otros métodos alternativos y realizar una análisis crítico y cuidadoso del procedimiento empleado. También es aconsejable intercalar en el proceso de medición patrones confiables que permitan calibrar el instrumento durante la medición.

Errores estadísticos: Son los que se producen al azar. En general son debidos a causas múltiples y fortuitas. Ocurren cuando, por ejemplo, nos equivocamos en contar el número de divisiones de una regla, o si estamos mal ubicados frente al fiel de una balanza. Estos errores pueden cometerse con igual probabilidad por defecto como por exceso. Por tanto, midiendo varias veces y promediando el resultado, es posible reducirlos considerablemente.

Errores de descuido o espurios: Supongamos que deseamos calcular el volumen de un objeto esférico y para ello determinamos su diámetro. Si al introducir el valor del diámetro en la fórmula, nos equivocamos en el número introducido, o lo hacemos usando unidades incorrectas, o bien usamos una expresión equivocada del volumen, claramente habremos cometido un error. Esta vez este error está más asociado al concepto convencional de equivocación. A este tipo de errores los designamos como ilegítimos o espurios. A este tipo de errores no se aplica la teoría estadística de errores y el modo de evitarlo consiste en una evaluación cuidadosa de los procedimientos realizados en la medición.

1.5 Propagación de Errores

Cuando en las operaciones de cálculo se multiplican dos valores, de algún modo se multiplican también sus errores, y el resultado del cálculo está afectado de un nuevo error. Lo mismo ocurre con cualquiera otra operación (suma, cociente, potencia, raíz, evaluar una función trigonométrica, logarítmica, etc.). De tal modo, los errores de las magnitudes medidas directamente participan en las operaciones y se propaga hasta el resultado. ¿Cómo determinar el error del valor calculado conociendo los errores de las magnitudes que participan en la operación? La técnica de “propagación de errores” es la que da respuesta a esta pregunta.

Existen reglas matemáticas para hacer el cálculo de propagación de errores; la deducción de las mismas requiere, en algunos casos de la técnica de la derivación matemática. Nosotros demostraremos algunas reglas para las que es suficiente el álgebra.

Propagación de cotas de errores en la suma

Sean dos magnitudes medidas, A y B, con cotas de error

δA y δB. La suma de estas magnitudes es:

$$S = A + B$$

Si tenemos en cuenta las cotas de errores habría que plantear:

$$S \pm \delta S = A \pm \delta A \pm B + \delta B$$ ó

$$S \pm \delta S = (A + B) \pm (\delta A + \delta B)$$

De tal modo, la cota de error de la suma, δS, es la suma de las cotas de errores:

$$\delta S = (\delta A + \delta B)$$

Esta regla es válida para más de dos sumandos.

Propagación de cotas de errores en la resta

Sea $D = A - B$

Donde A y B tienen cotas de errores δA y δB.

Teniendo en cuenta las cotas de errores δA y δB tendremos:

$$D \pm \delta D = A \pm \delta A - (B \pm \delta B) = A \pm \delta A - B \pm \delta B$$
$$D \pm \delta D = (A - B) \pm (\delta \mathrm{A} + \delta \mathrm{B})$$

Note que aunque las mediciones se restan, los errores quedan sumándose, pues puede darse el caso que en una de las magnitudes se halla medido errado por exceso y en la otra, por defecto, en cuyo caso los errores se sumarían en la resta. El cálculo de propagación de errores debe considerar siempre los casos más desfavorables para determinar objetivamente las cotas posibles de error.

En resumen, la cota de error de la diferencia es la suma de las cotas de errores:

$$\delta D = \delta A + \delta B$$

Esta regla es válida para varios términos restados.

- **Cifras Significativas**

Se considera que las cifras significativas de un número son aquellas que tienen significado real o aportan alguna información. Las cifras no significativas aparecen como resultado de los cálculos y no tienen significado alguno. Las cifras significativas de un número vienen determinadas por su error. Son cifras significativas aquellas que ocupan una posición igual o superior al orden o posición del error.

Por ejemplo, consideremos una medida de longitud que arroja un valor de 5 432,476 4 m con un error de 0,8 m. El error es por tanto del orden de décimas de metro. Es evidente que todas las cifras del número que ocupan una posición menor que las décimas no aportan ninguna información. En efecto, ¿qué sentido tiene dar el número con precisión de diezmilésimas si afirmamos que el error es de casi 1 m? Las cifras significativas en el número serán por tanto las que ocupan la posición de las décimas, unidades, decenas, etc, pero no las centésimas, milésimas y diezmilésimas.
Cuando se expresa un número debe evitarse siempre la utilización de cifras no significativas, puesto que puede suponer una fuente de confusión. Los números deben

redondearse de forma que contengan sólo cifras significativas. Se llama redondeo al proceso de eliminación de cifras no significativas de un número.

Una última forma de expresar el error de un número consiste en afirmar que todas sus cifras son significativas. Esto significa que el error δx es del orden de media unidad de la última cifra que se muestra. Por ejemplo, si el resultado de una medida de longitud es de 5 432,8 m, y afirmamos que todas las cifras son significativas, quiere decirse que el error es del orden de 0,5 m, puesto que la última cifra mostrada es del orden de las décimas de metro.

¿Cómo pueden determinarse las cifras significativas a partir del número que expresa el error? Hay que tener siempre presente que todo error es una estimación y está por tanto sujeto a su vez a una incertidumbre, generalmente grande. Por esto no tiene sentido especificarlo con excesiva precisión. Salvo casos excepcionales, se expresará con una sola cifra significativa.

En casos como éste el número de cifras significativas indica la precisión de la medición a partir de la menor división de la escala.

Ejemplos:

Tabla 1.1: Cantidad de cifras significativas de diferentes mediciones y su escritura en una forma llamada Notación Científica.

Medición	Nº de Cifras Significativas	Notación Científica
2 804 m	4	2,804x103
2,84 m	3	2,84x100
0,002 90	3	2,90x10-3
0,003 068 m	4	3,068x10 -3

En la tabla anterior se muestra la cantidad de cifras significativas de diferentes mediciones y su escritura en una forma llamada Notación Científica". La "Notación Científica" consiste en escribir un valor dado, respetando las cifras significativas, en la forma:

M x 10 n, donde 1 ≤ M <10 y "n" es entero.

La potencia de 10 representa el tamaño u orden de magnitud (O.M.) del valor.

Ejemplos: Masa de la Tierra: 6x1024 kg. O.M. = 1025 kg.
Masa del electrón: 9,1x10-31 kg. O.M. = 10-30 kg.
Velocidad de la luz: 2,99793 x 108 m/s O.M. = 108 m/s.

- **Redondeo (Aproximación) de números**

1. Cualquier dígito diferente de cero es significativo.

    1 234,56 6 cifras significativas

2. Ceros entre dígitos distintos de cero son significativos.

    1 002,5 5 cifras significativas

3. Ceros a la izquierda del primer dígito distinto de cero no son significativos.

    000 456 3 cifras significativas

    0,005 6 2 cifras significativas

4. Si el número es mayor que (1), todos los ceros a la derecha del punto decimal son significativos.

    457,12 5 cifras significativas

    400,00 5 cifras significativas

5. Si el número es menor que uno, entonces únicamente los ceros que están al final del número y entre los dígitos distintos de cero son significativos.

    0,010 20 4 cifras significativas

6. Para los números que contengan puntos decimales, los ceros que se arrastran pueden o no pueden ser significativos. Suponemos que los dígitos son significativos a menos que se diga los contrario.

1 000 1, 2, 3, o 4 cifras significativas. Supondremos 4 en nuestros cálculos

0,001 0 2 cifras significativas

1,000 4 cifras significativas

7. Supondremos que cantidades definidas o contadas tienen un número ilimitado de cifras significativas.

Nota: Es mucho más fácil contar y encontrar las cifras significativas si el número está escrito en Notación Científica.

Uso en cálculos

1. Suma y Sustracción: El número de cifras significativas a la derecha del punto decimal en la suma o la diferencia es determinada por el número con menos cifras significativas a la derecha del punto decimal de cualquiera de los números originales.

6,245 6 + 6,20 = 12,445 6 redondeado a 12,4

Nota: 3 cifras significativas en la respuesta

2. Multiplicación y División: El número de cifras significativas en el producto final o en el cociente es determinado por el número original que tenga la cifra significativa más pequeña.

2,51 x 2,30 = 5,773 redondeada a 5,77

2,4 x 0.000 673 = 0,001 6152 redondeado a 0,001 6

Redondeando

1. Aumente en uno al dígito que sigue a la última cifra significativa si el primer dígito es menor que 5.

Redondear 1,615 62 a 2 cifras significativas. Respuesta: 1,6

2. Si el primer dígito a truncar es mayor que cinco, incrementar el dígito precedente en 1.

Redondear 1,615 62 a 5 cifras significativas. Respuesta: 1,615 6

3. Si el primer dígito a truncar es cinco y hay dígitos diferentes de cero después del cinco, incrementa el dígito precedente en 1.

Redondear 1.61562 a 3 cifras significativas. Respuesta: 1.62

Redondear 1.62500003 a 3 cifras significativas. Respuesta: 1.63

4. Si el primer dígito a truncar es cinco y hay únicamente ceros después del cinco, redondee al número par.

Redondear 1,655 000 a 3 cifras significativas. Respuesta: 1,66

Redondear 1,625 000 a 3 cifras significativas. Respuesta: 1.62

5. Sea consistente en su redondeo.

1.6 Breve reseña del Sistema Internacional de Unidades(SI)

Los problemas existentes con los sistemas de medidas en los inicios de 1 700 eran de tal magnitud que era frecuente que en cada país (e incluso cada región en algunos de ellos) existiera un sistema distinto. La confusión era agravada por el hecho de que unidades como la libra, tenían definiciones distintas en gran Bretaña, París y en Berlín, careciendo de patrones exactos.

La confusión era inmensa, no solo en el comercio, sino también en el mundo científico, llegando a ser la traducción de medidas de un país a otro un problema que demandaba gran cantidad de tiempo y energía. En 1 666 se había fundado la Academia de Ciencias en Francia, y ya desde 1 670 se habían recibido allí distintas propuestas para procurar mejorar los sistemas de medidas y hacerlos coherentes. No obstante, solo en 1 790 (dos años después de producida la Revolución Francesa) una comisión formada por Condorcet (presidente de la Academia) y constituida por Lavoisier, Coulomb, Laplace y Talleyrand – lo mas granado de la comunidad científica francesa de la época- logró un decreto de la Asamblea Nacional autorizándolo a crear medidas y sus múltiplos y submúltiplos.

El 27 de octubre de ese año, la comisión decidió que las nuevas medidas incluyendo las de monedas, serían decimales. La evolución de la revolución Francesa detuvo el avance del nuevo sistema al volverse incruenta luego de reemplazarse la Asamblea por la Convención, llegando a caer en la guillotina Lavoisier. Finalmente en 1 795 se dictó una ley que oficializó el sistema métrico, ordenando al metro como patrón de longitud, el ara como medida de superficie, al estro y al litro como medidas de volumen, al gramo para la masa y al franco para las monedas. En 1 778 finalizaron los cálculos oficiales y se mandó a construir un metro oficial de platino y un cilindro de platino de un kilogramo de masa. Estos fueron reemplazados por patrones de mayor precisión de patino-iridio en 1 889 y luego por patrones aún más precisos, como veremos a continuación. Lo importante es que se dio comienzo a una nueva era, al dar inicio a los sistemas métricos que luego darían vida al actual Sistema Internacional de Unidades (SI).

En 1 875 se firmó en París el “Tratado del Metro” por parte de 18 países constituyéndose la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM), imponiendo el sistema métrico. Diversas Conferencias se sucedieron en el tiempo, hasta llegar a la 10ª CGPM en 1 954 la que en su Resolución Nº 6, así como la 14ª CGPM en su Resolución Nº 3 adoptaron como unidades básicas las unidades de las siguientes siete cantidades: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa. La 11ª CGPM en 1 960, oficializó SI, sistema métrico moderno que continuamente es revisado hasta hoy, y que describiremos continuación. Interesante resulta destacar que el SI ha sido extensamente adoptado por un gran número de países a lo largo del mundo (Chile adoptó el uso del metro en 1 848).

Sistemas Internacional de Unidades (SI)

El (SI) está dividido en dos clases de unidades: básicas y derivadas.

Tabla 1. 2: Unidades Básicas del Sistema Internacional de Unidades.

Unidades Básicas	
Cantidad	Símbolo
Longitud (Metro)	m
Masa (Kilogramo)	kg
Tiempo (Segundo)	s
Corriente Eléctrica (Ampere)	A
Temperatura Termodinámica (Kelvin)	K
Cantidad de Sustancia (Mol)	mol
Intensidad Luminosa (Candela)	cd

Definiciones.

Metro: El metro es la longitud del camino recorrido por la luz en el vacío durante el intervalo de tiempo de 1/299 792 458 de un segundo (17ª CGPM, 1 983, Resolución Nº 1). La definición del metro basado en el prototipo internacional de platino-iridio, en uso desde 1889, reemplazado por una definición basada en la longitud de onda de una radiación de Kripton-86 (11ª CGPM,1 960) ha sido sustituida por la definición arriba expuesta, en razón de la necesidad de mayor precisión.

Kilogramo: El Kilogramo es la masa del prototipo internacional hecho de platinoiridio (1ª CGPM, 1889). Esta definición no ha sufrido cambios, salvo la especificada en la 3ª CGPM (1 901), en la que se sustituyó la palabra peso, por la palabra masa en orden de evitar la ambigüedad del término anterior.

Segundo: Un segundo es la duración de 919 263 170 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del átomo de cesio-133 no perturbado (13ª CGPM, 1967, Resolución Nº 1). Originalmente el segundo había sido definido como 1/86 400 parte del día solar medio, lo que fue desechado en 1 960 al darse cuenta los astrónomos de las irregularidades en la rotación de la Tierra. En 1969, la 1ª CGPM cambió la definición, basándola en la duración del año tropical, pero luego fue reemplazada por la actual que ofrece mayor precisión y capacidad de ser reproducida.

Ampere : Un Ampere es la corriente constante que produce una fuerza igual a 2 X 10-7 Newton por cada metro de longitud, entre dos conductores rectos, de longitud infinita y sección circular despreciable, separados por 1 metro, en el vacío (9ª CGPM, 1948). Kelvin: Un Kelvin es la 1/273,16 parte de la temperatura termodinámica (T) del punto triple del agua (13ª CGPM, 1 967, Resolución Nº 3) La 13ª CGPM estableció el nombre Kelvin (símbolo K) en lugar de la expresión “grados Kelvin símbolo ºK). En dicha reunión se estableció además, el uso de la temperatura Celsius (t) definida por la expresión: t = T – To; donde To = 273,16 ºK por definición. Para expresar la temperatura Celsius debe usarse la expresión “grados Celsius”. Una diferencia o un intervalo de temperatura puede expresarse en grados Celsius o en Kelvin indistintamente.

Mol: Un mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas partículas elementales como átomos existen en 0,012 Kilogramos de carbono 12. Cuando se usa el mol, deben especificarse las partículas elementales, y pueden ser: átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos específicos de tales partículas. (14ª CGPM, 1 971, Resolución 3).

Candela: Una candela es la intensidad luminosa, en una dirección determinada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia 540 X 1012 Hz, y que tiene una intensidad radiante en esa dirección de 1/683 Watt / steradian (16ª CGPM, 1 979, Res. 3).

Unidades derivadas

Las unidades derivadas, como su nombre indica, resultan de la combinación algebraica de las unidades básicas. Los nombres y símbolos de algunas de estas unidades pueden ser reemplazados por nombres y símbolos especiales los cuales a su vez pueden ser usados para formar expresiones y símbolos de otras unidades derivadas. La 11ª CGPM en 1 960 estableció una tercera clase de unidades, denominadas unidades suplementarias, conteniendo las unidades SI para ángulos planos (radian) y ángulos sólidos (steradian). Sin embargo, en la 20ª CGPM (1 995) se eliminó esta separación, considerándose a estas como pertenecientes a la clase de unidades derivadas. El siguiente cuadro muestra las más importantes unidades derivadas, sus símbolos y las relaciones que las definen:

Reglas para escribir y usar símbolos de unidades del SI

De acuerdo con lo establecido por la 9ª CGPM, 1 948, se deben observar las siguientes reglas para escribir y usar los símbolos de las unidades del Sistema Internacional de Unidades:

1.- Deben usarse símbolos romanos en minúscula. Sin embargo, si el nombre de la unidad es derivado de un nombre propio, la primera letra del símbolo puede ponerse en mayúsculas.

2.- Los símbolos se escriben igual en plural.

3.- Los símbolos no están seguidos de un período.

4.- El producto de dos o más unidades puede ser indicado en cualquiera de las siguientes formas: ejemplo: N m o N m 36.

5.- Pueden usarse: una línea oblicua, una línea horizontal o exponentes negativos, para expresar una unidad derivada formada por una división entre unidades.

* Ejemplo: m/s ó m s-1

6.- Líneas oblicuas no deben usarse en la misma línea, a menos que la ambigüedad sea evitada mediante el uso de paréntesis.

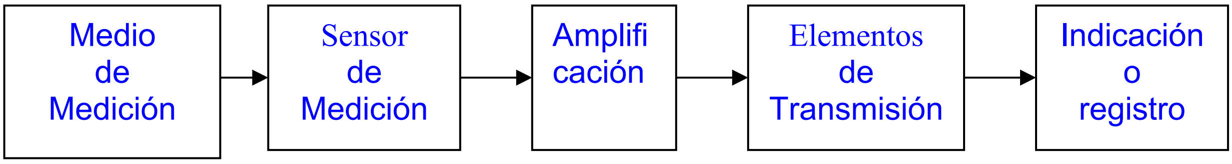
Unidades usadas con el SI

El SI reconoce ciertas unidades de amplio uso (ver anexo #1), aunque recomienda usarlas restrictivamente.

En SI se utilizan prefijos para formar múltiplos y submúltiplos de las unidades. Así por ejemplo, el prefijo kilo, cuyo símbolo es k, tiene un valor de 103, mientras que el prefijo nano, con símbolo n, equivale a 10-9, en la tabla, Prefijo, Símbolo, Unidades y Magnitudes del anexo # 2 se resumen estos prefijos.

Diagrama Funcional de un Sistema de Medición.

Un esquema funcional de un sistema de medición es el siguiente.



En la actualidad los instrumentos de medición son muy variados y sofisticados, por lo que el diagrama funcional sugiere los componentes que tendrá el instrumento de medición independientemente de sus especificidades.

Sensor de Medición

Se denominan sensores de medición a aquellos elementos que presentan una variación regular o estable ante variaciones correspondientes de otra variable. A una variable física, digamos la temperatura pueden corresponderle varios elementos sensores. Como es conocido, se utilizan para medir temperatura termopares, termoresistencias, el mercurio, elementos bimetálicos, etc.

Son equipos especialmente diseñados para obtener datos relacionados con la hidrometeorología, hidráulica, medio ambiente, agronomía, procesos industriales y aplicaciones militares conexas, (ver anexo #3). Mediante su funcionamiento en forma individual o combinada, dan respuesta a los más variados requerimientos, permitiendo medir parámetros físico-químicos en el campo, almacenarlos, procesarlos y enviarlos a distancia, operando en forma automática o asistida. La medición, en forma sencilla y segura, permite entender e interpretar la naturaleza, condición esencial para obtener de ella todo lo necesario para su desarrollo y proyectos, sin comprometer su delicado equilibrio.

Puede realizar mediciones de nivel de ríos, embalses, lagos, estaciones mareográficas, monitoreos ambientales del aire, del agua, muestreos de agua y sedimentos, telemedición en acueductos, oleoductos y gasoductos. A su vez, contribuye a la prevención de crecidas, inundaciones, incendios, al manejo de recursos hídricos, embalses y a la optimización de centrales hidroeléctricas, al cuidado y gestión ambiental, etc.

Cuenta con sensores de nivel, precipitación, humedad, temperatura, velocidad y dirección del viento, radiación solar, evaporación, nieve, conductividad y salinidad, rocío, pH, turbidez, presión, desplazamiento y caudal.

1.7 Distribución Probabilística del Error de Medición (los datos normales)

Distribución normal de errores

La ley de distribución normal tiene un papel particularmente importante en la teoría de las probabilidades y sus aplicaciones prácticas. Algunas leyes de probabilidad pueden ser aproximadas, bajo ciertas condiciones, por una ley normal. De ahí que unas de las características de la ley normal, que la distingue de otras, es la de ser una ley límite. Esto es utilizado frecuentemente en estadísticas aplicadas.

La mayoría de las variables aleatorias que encontramos en la prácticas, como por ejemplo, los errores de medición, la transmisiones de señales en presencia de ruido, medidas de artículos producidos por una cierta máquina, siguen una distribución normal.

Una variable aleatoria X que sigue la ley normal, tiene una función de densidad probabilística dada por la expresión:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-120\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad \forall x \in R$$

donde μ y σ son los parámetros de esta ley.

Notación: x ~ N(μ,σ2)

La representación gráfica de la función de densidad normal es:

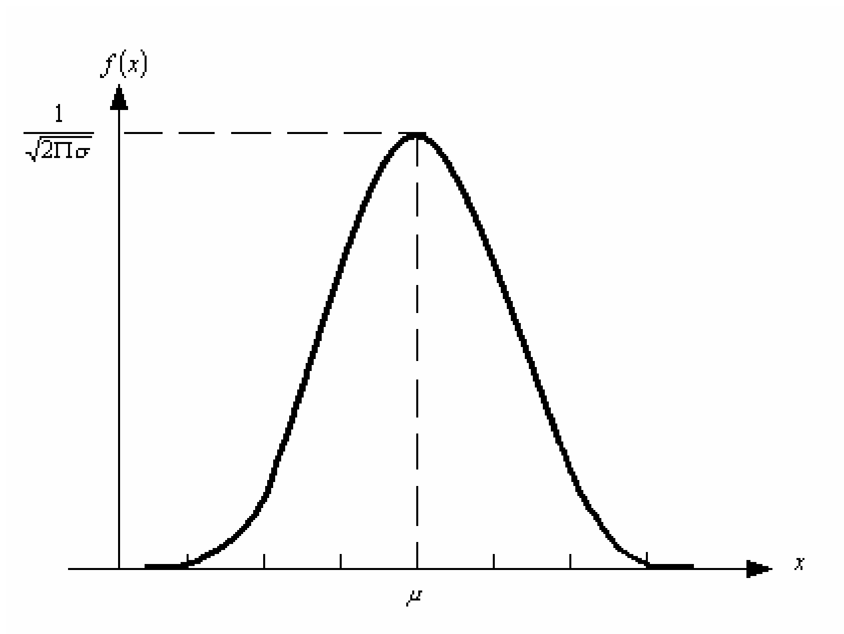


Figura 1.2: Representación gráfica de la función de densidad normal.

Esta función cumple las propiedades:

$$f(x) \geq 0 \qquad \forall x \in R$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) = 1$$

Los parámetros de esta distribución, μ y σ, representan el valor esperado y la desviación típica, respectivamente. Además, la función de densidad normal es simétrica respecto a μ, cumpliéndose que:

$$\int_{-\infty}^{\mu} f(x)dx = \int_{\mu}^{+\infty} f(x)dx$$

por lo que:

$$P(X \geq \mu) = P(X \leq \mu) = 0.5$$
$$m_e = \mu$$

Note que para $x = \mu$, $f(x)$ toma su valor máximo $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$, por tanto $M_0 = \mu$.

En la distribución normal el valor esperado, la moda y la mediana coinciden.

Pero más importante resulta el hecho de que la nueva variable aleatoria Z tendrá siempre la distribución $N(0,1)$ ya que:

$$E(Z) = E(\frac{X-\mu}{\sigma}) = \frac{E(X)-\mu}{\sigma} = \frac{\mu-\mu}{\sigma} = 0$$
$$V(Z) = V(\frac{X-\mu}{\sigma}) = \frac{V(X-\mu)}{\sigma^2} = \frac{V(X)}{\sigma^2} = \frac{\sigma^2}{\sigma^2} = 1$$

por tanto: $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}z^2}$ para $z \in R$

cuyo gráfico es:

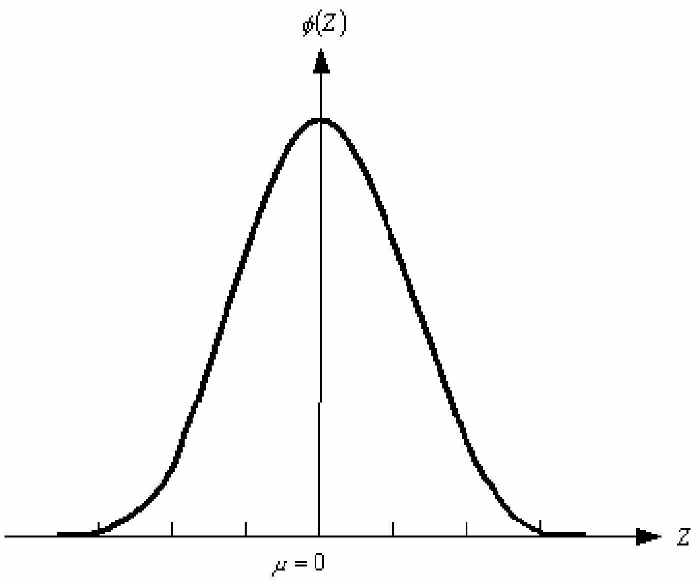


Figura 1.3: Representación gráfica de la variable aleatoria Z.

que es la función que aparece en la integral anterior. Por lo que:

$$\int_{-\infty}^{\frac{t-\mu}{\sigma}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}Z^2} dx = P(Z \leq \frac{t-\mu}{\sigma}) = P(X \leq t)$$

1.8 La media aritmética muestral $\overline{X}$ en la medición

Estimación de parámetros

La teoría muestral puede emplearse para obtener información sobre las muestras sacadas aleatoriamente de una población conocida. Desde el punto de vista práctico, sin embargo, con frecuencia es más importante poder inferir información sobre una población utilizando muestras sacadas de la misma. Estos problemas se tratan en la inferencia estadística, que usa principios de la teoría muestral.

Un problema importante en la inferencia estadística es la estimación de los parámetros de población o simplemente parámetros (tales como la media, la varianza de población, etc.), a partir de los correspondientes estadígrafos muestrales o brevemente estadígrafos (es decir, media muestral, varianza muestral, etc.).

Justificaremos la importancia de la media aritmética muestral a partir de:

Estimaciones Insesgadas:

Si la media de la distribución muestral de un estadígrafo es igual al parámetro de población correspondiente, el estadígrafo se llama estimador insesgado o no desviado del parámetro, si ocurre lo contrario se llama un estimador sesgado. Los valores correspondientes de estos estadígrafos se llaman estimaciones Insesgadas y sesgadas respectivamente.

En el lenguaje de las esperanzas matemáticas podríamos decir que un estadígrafo es insesgado si su esperanza es igual al parámetro de población correspondiente. Por tanto, la media aritmética $\overline{X}$ y la mediana son insesgados ya que $E\{\overline{X}\} = \mu$ y $E\{Mediana\} = \mu$.

Estimaciones Eficientes:

Si las distribuciones muestrales de dos estadígrafos tienen la misma media (o esperanza), el estadígrafo con menor varianza se llama estimador eficiente de la media, mientras el otro estadígrafo se llama estimador ineficiente. Los correspondientes valores de los estadígrafos se llaman estimaciones eficientes o ineficientes.

Si consideramos todos los estadígrafos posibles cuyas distribuciones muestrales tienen la misma media, el que tenga la varianza más pequeña se llama algunas veces el más eficiente o el mejor estimador de esta media. En la práctica las estimaciones más ineficientes se utilizan con frecuencia debido a la facilidad con que algunas de ellas pueden obtenerse.

A manera de ejemplo, la media aritmética $\overline{X}$ y la mediana son estimadores insesgados, pero $\overline{X}$ posee menor varianza; y por tanto es un estimador eficiente. Pero es más, $\overline{X}$ es el más eficiente de todos los estimadores.

Estimaciones Consistentes:

Una estimación es consistente si:

$$\lim_{n\to\infty} E(\hat{\theta}) = \mu$$

donde:

θ: Estadígrafo.

n: Volumen de la muestra.

μ: Valor esperado de la distribución de la población.

Ejemplo:

$$\lim_{n\to\infty} \overline{X} = \lim_{n\to\infty} \frac{X_1 + X_2 + \ldots X_n}{n} = \mu$$

$\overline{X}$ es un estimador consistente.

1.9 Error en el Caos

Teoría del Caos:

Es la denominación popular de la rama de las matemáticas y la física que trata ciertos tipos de comportamientos aleatorios de los sistemas dinámicos.

Los sistemas dinámicos se pueden clasificar grosso modo en:

- estables
- inestables
- caóticos (Caos determinista)

El hecho de que en la realidad caótica, pequeñísimas variaciones en las condiciones iniciales, produzcan variaciones transcendentes; implica la pregunta: ¿es posible alcanzar las precisiones requeridas por la naturaleza para efectuar pronósticos significativos? o, ¿es realmente, la naturaleza cognoscible?

¿Cuál es la precisión significativa de la naturaleza? No se trata de la precisión de los datos de la medición o de la experiencia sino de la precisión requerida por la naturaleza para efectuar pronósticos significativos.

En sistemas lineales estables, pequeñas diferencias en las condiciones iniciales causan únicamente pequeñas diferencias en la salida. Los sistemas no lineales, sin embargo, pueden presentar un fenómeno denominado caos, por el cual significamos que la salida del sistema es extraordinariamente sensible a las condiciones iniciales. La esencial característica del caos es la imprediscibilidad de la salida del sistema. De tal forma, que si tenemos un modelo exacto de un sistema no lineal y una PC extremadamente precisa, la respuesta del sistema no puede ser bien predicha en un largo período de tiempo.

El caos debe ser distinguido del movimiento aleatorio o casual. En el movimiento casual, el modelo del sistema a la entrada contiene incertidumbre, y como resultado, la variación en el tiempo de la salida no puede ser predicha exactamente (únicamente medidas estadísticas son disponibles). En el movimiento caótico, por otro lado, el problema envuelto es determinístico, no aleatorio, y hay, por tanto, una pequeña incertidumbre en el modelo del sistema, la entrada o condiciones iniciales.

Un ejemplo de un comportamiento caótico es el simple modelo del sistema no lineal:

$$\ddot{X} + 0{,}1\dot{X} + X^5 = 6sen(t)$$

la cual puede representar una estructura mecánica forzada por una señal sinusoidal.
La figura siguiente muestra el comportamiento del sistema bajo dos condiciones iniciales casi idénticas:

Condición 1: $X(0) = 2$ $\quad\quad \dot{X}(0) = 3$ $\quad\quad$ *respuesta en línea gruesa*

Condición 2: $X(0) = 2{,}01$ $\quad\quad \dot{X}(0) = 3{,}01$ $\quad\quad$ *respuesta en línea delgada*

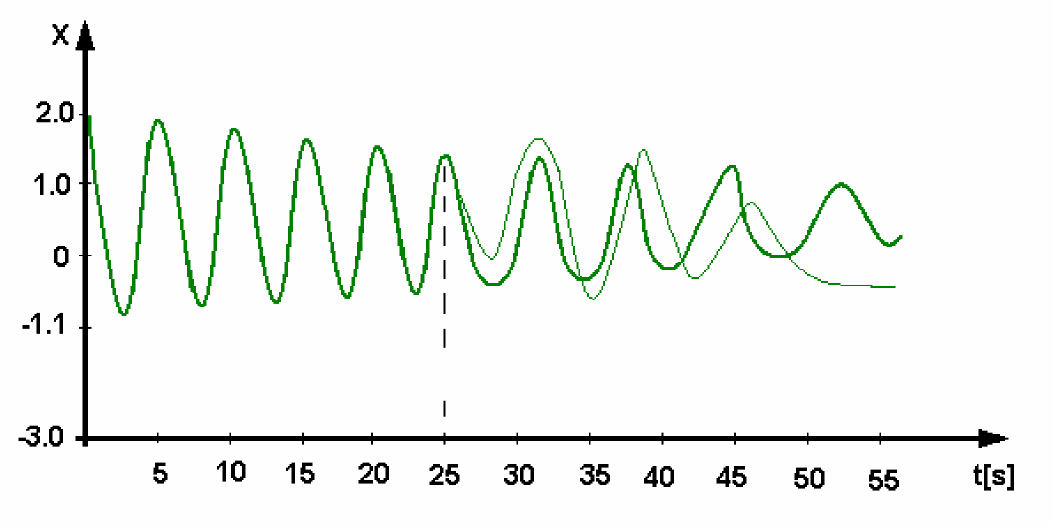


Figura 1.4: Comportamiento del sistema bajo dos condiciones iniciales casi idénticas.

Debido a la presencia de la fuente de no linealidad X^5, las dos respuestas son modularmente diferentes al cabo de cierto tiempo.

El fenómeno caótico puede ser observado en muchas situaciones físicas: en la turbulencia de los fluidos mecánicos, en la dinámica de la atmósfera, lo cual provoca impredentibilidad en largos períodos de tiempo.

El caos ocurre más frecuentemente en fuertes sistemas no lineales. El caos no puede ocurrir en sistemas lineales.

Diferencias entre lo Aleatorio y el Caos.

a) **Aleatorio:** Modelo, Señal y Condiciones Iniciales Indeterminadas; si es aleatorio, el resultado es impredecible.
b) Caos: Modelo no lineal determinístico.

- Señal de entrada determinística.
- Modelo de entrada determinístico.
- Condiciones iniciales determinísticas

Pequeñas variaciones en las condiciones iniciales provocan al cabo del tiempo un resultado impredecible.

Por tanto el Caos viola la proposición general:

"Conocer para pronosticar, pronosticar para actuar".

Error y Caos:

Las variaciones en los sistemas determinísticos que provocan Caos son tan pequeñas que están indeterminadas, dentro del Error de Medición.

Resuelvo esto: reducir el error de Medición por debajo del Error que produce Caos.

1.10 Protocolo de la Investigación

Problemas no Resueltos:

1. No existe un enfoque unificado de la realidad que coadyuve a su asimilación.
2. El enfoque de la Complejidad de la realidad no posee un hilo conductor y el formalismo ad hoc que facilite su incorporación.
3. Las magnitudes vectoriales y escalares no se obtienen a partir de un solo método de medición.
4. Los cuerpos, objeto de medición, se consideran sólo con partes dentro y en superficie.

Situación Problémica:

El gran volumen de conocimientos acumulado y su rápido desarrollo plantean al hombre una disyuntiva:

1. Continúa con los métodos actuales de adquisición de conocimientos y obligatoriamente quedará por debajo del nivel actual de los conocimientos; O,
2. Busca una vía o método más integrador que le permita captar los conocimientos.

La primera solución, condena al hombre a estar por debajo de su tiempo; y lo limita como un ser activo y creador de su propio porvenir. La segunda solución, lo conduce a la altura de su tiempo y a una posición proactiva en su futuro. Sin embargo, requiere de encontrar soluciones holísticas y productivas para la realidad.

Una solución integradora a tal nivel, implica necesariamente abordar problemas fundamentales o esenciales cuyo campo de acción comprenda grandes áreas de la realidad. Fue por ello, que focalizamos la poca integridad existente en los métodos de medición de las magnitudes vectoriales y escalares; este problema y su área de aplicación, en nuestra modesta apreciación, poseen potencialidades desencadenantes de un problema macro.

Problema:

El método de medición actual que representa a las magnitudes escalares con un solo número no evalúa a las partes dentro, fuera y en superficie de los cuerpos de la realidad.

Hipótesis:

El Método de Medición Tricomponente aplicado a cuerpos con partes dentro, fuera y en superficie soportará una explicación coherente y sistémica de la realidad científico-técnica.

Objetivo:

Fundamentar el Método de Medición Tricomponente para evaluar magnitudes eléctricas y no eléctricas.

Objeto:

Medición como actividad humana trascendente.

Métodos:

1. Hipotético-Deductivo
2. Método de Medición Tricomponente.

Tareas:

1. Establecer el Marco Teórico de la Investigación.
2. Fundamentar el Método de Medición Tricomponente.
3. Propiciar una mayor fundamentación de la práctica de la ingeniería actual.
4. Elaborar la memoria y su defensa exitosa.

II

Medición Tricomponente

2.1 Introducción

2.2 Problema Parte-Todo

2.3 Método de Medición Tricomponente

2.4 Índice de Magnitudes Tricomponentes

2.5 Diagrama de Bloques de la Medición Tricomponente

2.6 Juego y Control en el Fundamento de la Medición

2.7 Representación de la Realidad a partir de los Intervalos de Valores Medidos de X_2

2.8 Conclusiones del Capítulo

2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo básico fundamentar el Método de Medición Tricomponente; y muestra que el punto auxiliar variable E generado por el método que permite medir la ubicación de un punto dentro, fuera o en superficie de un cuerpo. Este método coadyuva la formulación y solución de problemas; introduce de forma armónica y objetiva las relaciones Parte-Todo.

El Método de Medición Tricomponente General contiene al:

1. Método de Medición Tricomponente Vectorial.
2. Método de Medición Tricomponente Escalar.

El Método de Medición Tricomponente facilita un enfoque holístico, enriquecedor y multiplicador de la realidad al introducir conceptos y expresiones analíticas para evaluar cuantitativamente la **Complejidad** de la realidad. En este sentido, vale señalar la conceptualización y formalización del poder; así como, la introducción del índice de probabilidad, como generalización de la probabilidad.

Característico del trabajo es la creación de plataformas profundas y amplias que permiten esclarecer los fundamentos de la medición, información y de las aplicaciones.

2.2 Problema Parte-Todo

El Todo, la Totalidad, o el Sistema es la sinergia o interacción de las ternas:
(X_{1j}, X_{2j}, X_{0j}), $\forall j = 1,2,...$
Cada terna:
(X_{11}, X_{21}, X_{01}), ..., (X_{1n}, X_{2n}, X_{0n}) es una parte del Todo; pero a su vez, cada terna es un Todo donde sus Partes son: X_{1j}, X_{2j}, X_{0j}; $\forall j = 1,2,...$. Esto muestra el carácter relativo de los conceptos Parte y Todo.

El movimiento, la transformación o cambio es una forma de existencia de la materia; sin embargo, es de la mayor importancia mostrar como ese cambio o mutación se materializa, se concreta en la naturaleza. En este sentido, el Ciclo Eterno Parte-Todo, como Concreción del Movimiento reviste particular importancia.

Ciclo Eterno Parte-Todo: una Concreción del Movimiento

- Si un cuerpo 1 desaparece parcial o totalmente se descompondrá y sus partes irán fuera del cuerpo con $\frac{X_2}{X_1} < 0$ y $t_2 < 0$.
- Esas partes fuera del cuerpo 1 invadirán a distancia con agresividad a otros cuerpos, que tienen las partes dentro del cuerpo, e incorporarán a ellos poder, información y/o energía.

Esquemáticamente:

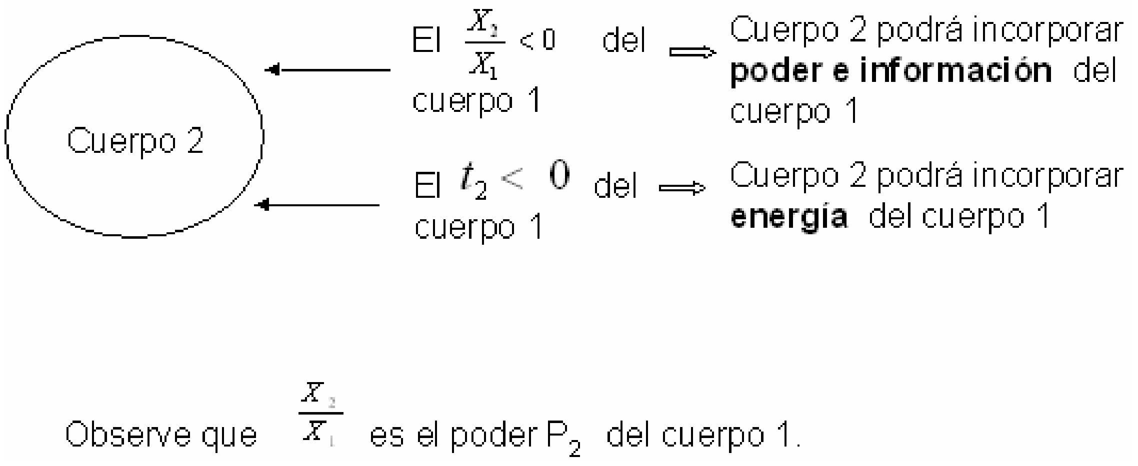


Figura 2.1: Representación del Ciclo Eterno del Movimiento

El cuerpo 2, a su vez, se descompondrá y aportará partes (poder, información y/o energía) a otros cuerpos; y así, se producirá el ciclo eterno de interacción parte-todo.

Cuerpos con partes dentro, en superficie y fuera

Los cuerpos con partes dentro, fuera y en la superficie ya fueron considerados implícitamente en la Física Clásica de Newton y de ahí su gran significación teórica y práctica.

Las partes dentro y en la superficie de un cuerpo definen un volumen y una forma propia; mientras que las partes fuera no determinan ni un volumen, ni una forma propia.

Justifican las partes fuera de un cuerpo:

- Todo cuerpo con temperatura por encima del cero absoluto irradia energía electromagnética en una cantidad que depende de su temperatura y propiedades físicas.
- Las imágenes de los cuerpos pertenecen al cuerpo, pero se encuentran fuera en el encéfalo de quien lo observa.
- Los desechos: sólidos, líquidos o gaseosos de un cuerpo pertenecen a él, pero no están en él.

Sean:

X, variable a cuantificar

X_0, medida o valor de X

X_1, unidad de medida de X_0

X_2, complemento de medida de X_0

X_1 y $X_2 \in X_0$; parte dentro del cuerpo; no efecto a distancia, pasividad

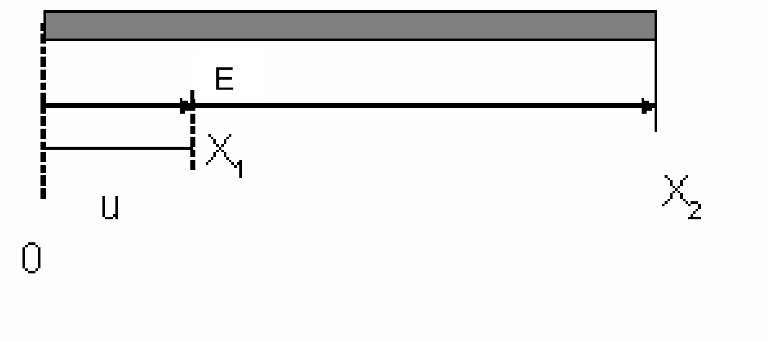


Figura 2.2: Medición Tricomponente de las Partes Dentro del cuerpo.

X_1 y $X_2 \notin X_0$; parte fuera del cuerpo; efecto a distancia, agresividad.

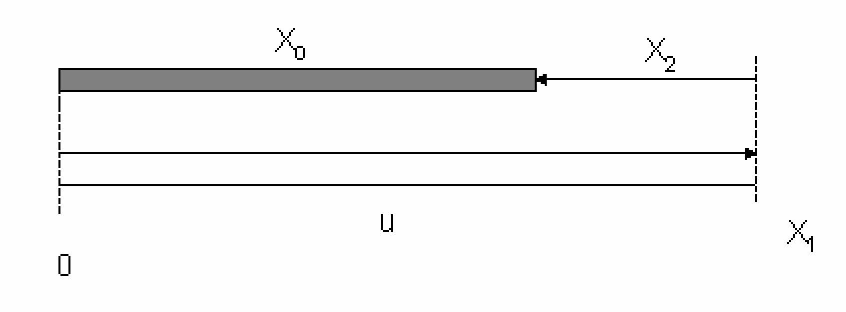


Figura 2. 3: Medición Tricomponente de las Partes Fuera del cuerpo.

2.3 Método de Medición Tricomponente

El Método de Medición Tricomponente, es aplicado a cuerpos con partes dentro, fuera y en superficie porque sirve de base o plataforma para una visión integrada del problema Parte-Todo, del Espacio-Tiempo y del Ciclo Eterno del Movimiento como logística de interpretación de la realidad.

El algoritmo de medición actual de magnitudes escalares eléctricas o no eléctricas conduce a la representación monocomponente, es decir, de un solo número o valor; mientras que el método de medición tricomponente a tres números.

$\forall (X_i \in R). \quad i = 0,1,2$

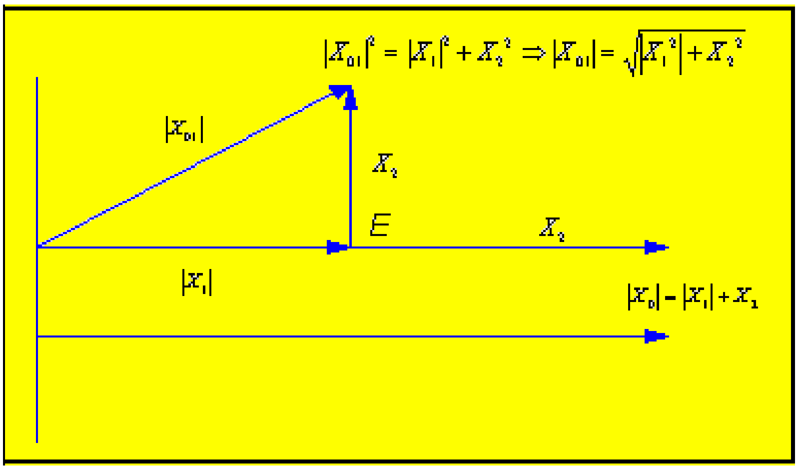


Figura 2. 4: Representación del Método de Medición Tricomponente Vectorial y Escalar.

$|X_0| = |X_1| + X_2$ ....(2.1)

$|X_{01}|^2 = |X_1|^2 + X_2{}^2$ ....(2.2)

A manera de ejemplo, si $|X_1|$ = 4 y X_2 = 3, entonces:

$|X_0| = |X_1| + X_2$ = 7 y

$|X_{01}|^2 = |X_1|^2 + X_2{}^2$ = 25 $\Rightarrow$ $|X_{01}|$ = 5

Por lo que, en general, $|X_0| \neq |X_{01}|$.

$$\bullet\ Si \quad X_2 \perp |X_1| \quad \Rightarrow |X_{01}|^2 = |X_1|^2 + X_2{}^2 \quad Pto\ \ E; Dentro\ y\ en\ la\ Superficie.$$

$$\Uparrow$$

$$\text{ANALOGÍA}$$

$$\Downarrow$$

$$\bullet\ Si\ X_2\ es\ colinial\ con\ |X_1| \quad \Rightarrow \quad |X_0| = |X_1| + X_2 \quad Pto\ E; Dentro, Fuera\ y\ en\ la\ Sueperficie.$$

Por tanto el modelo $|X_0| = |X_1| + X_2$ es más general que el modelo $|X_{01}|^2 = |X_1|^2 + X_2{}^2$; pues vale para el punto E en todas las situaciones posibles: Partes dentro, Fuera y en Superficie.

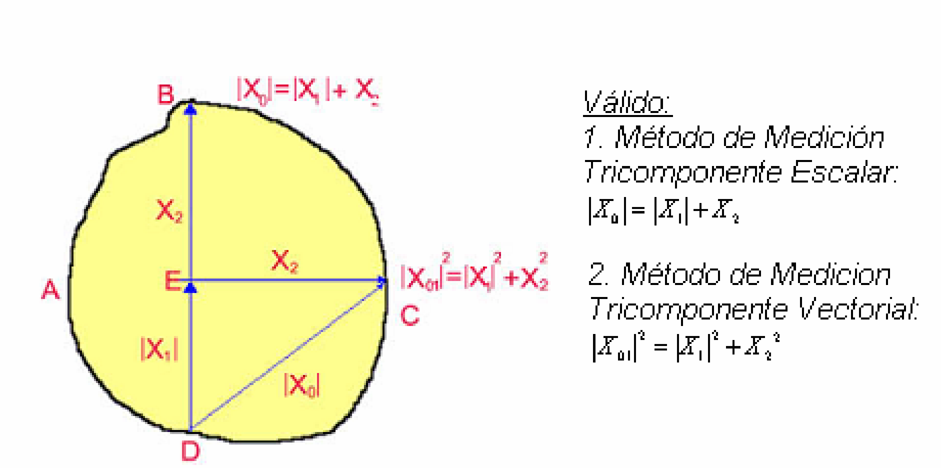


Figura 2. 5: Punto E Dentro y en la Superficie.

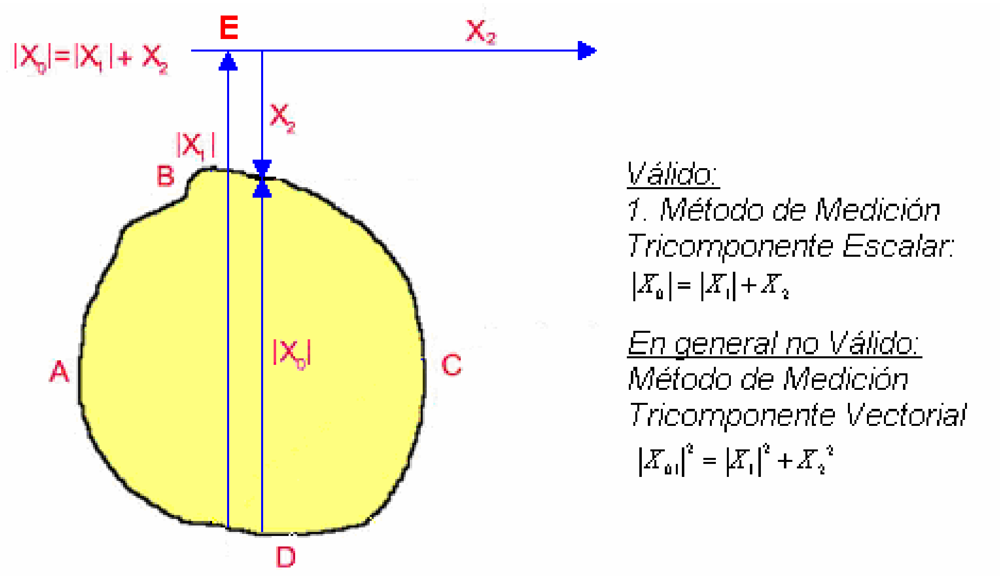


Figura 2. 6: Punto E Dentro, Fuera y en la Superficie.

- **Método de Medición Tricomponente Escalar**

El método de medición tricomponente escalar introduce un punto variable auxiliar E que puede estar dentro, fuera o en la superficie del cuerpo. En las figuras 2. 7 y 2. 8 representamos el Método de Medición Tricomponente Escalar.

- **Ecuación:** $|X_0| = |X_1| + X_2$, $\forall(X_i \in R)\ \ i = 0,1,2$

  Referencia: $|X_1|$;

  Condición: $\forall\left(X_2 \geq -|X_1|\right)$

$$
\begin{array}{ccc}
|X_1| + & X_2 = & [X_0] \\
\Downarrow & \Downarrow & \Downarrow \\
\end{array}
$$
$$\left(|X_1|;\ X_2 \geq -|X_1|;\ |X_0|\right)$$

Geometría:

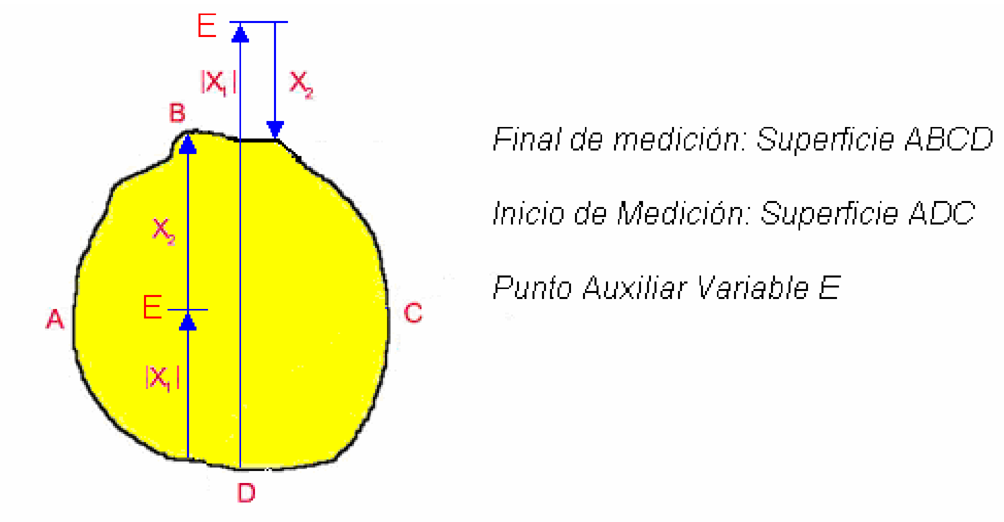


Figura 2.7: Método de Medición Tricomponente de partes Dentro y en Superficie.

- **Ecuación:** $|X_0| = X_1 + |X_2|, \qquad \forall (X_i \in R) \quad i = 0,1,2$

  Referencia: $|X_2|$

  Condición: $\forall\ (X_1 \geq -|X_2|)$

$$\begin{array}{ccc} X_1 & |X_2| & = \ |X_0| \\ \Downarrow & \Downarrow & \Downarrow \\ (X_1 \geq -|X_2|; & |X_2|; & |X_0|) \end{array}$$

Geometría:

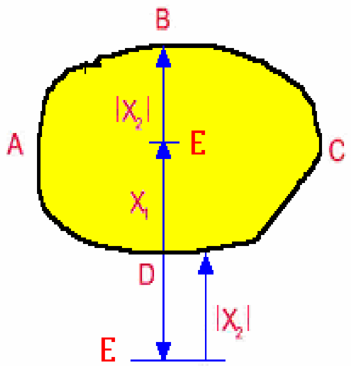


Figura 2. 8: Método de Medición Tricomponente de partes Fuera y en Superficie.

- Condiciones de $|X_0| = |X_{01}|$

Si en las ecuaciones (2.1) y (2.2):

$$X_2 \in R \quad y \quad |X_1| = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2.0)$$

$$X_2 \Rightarrow \infty \quad y \quad |X_1| \geq 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2.1)$$

entonces, $|X_0| = |X_{01}|$

La situación $(2.2.1)$ se presenta en la teoría de la Relatividad Restringida: un objeto viaja en un Sistema Inercial a una velocidad constante cercana a la velocidad de la luz en el vacío C = 300 000 km/s respecto a un objeto en otro Sistema Inercial.

La igualdad $|X_0| = |X_{01}|$ implica analíticamente:

$$2|X_1|X_2 = 0$$

$$|X_1|X_2 = 0 \qquad \Leftrightarrow \qquad |X_1|^2 X_2^{\,2} = 0$$

$$X_2\left[\frac{|X_1|}{X_2}\cdot X_2\right] = 0 \qquad \Leftrightarrow \qquad X_2^{\,2}\left[\frac{|X_1|^2}{X_2^{\,2}}\cdot X_2^{\,2}\right] = 0$$

$$X_2[P_1 \cdot X_2] = 0 \qquad \Leftrightarrow \qquad X_2^{\,2}\left[P_1^2 \cdot X_2^{\,2}\right] = 0$$

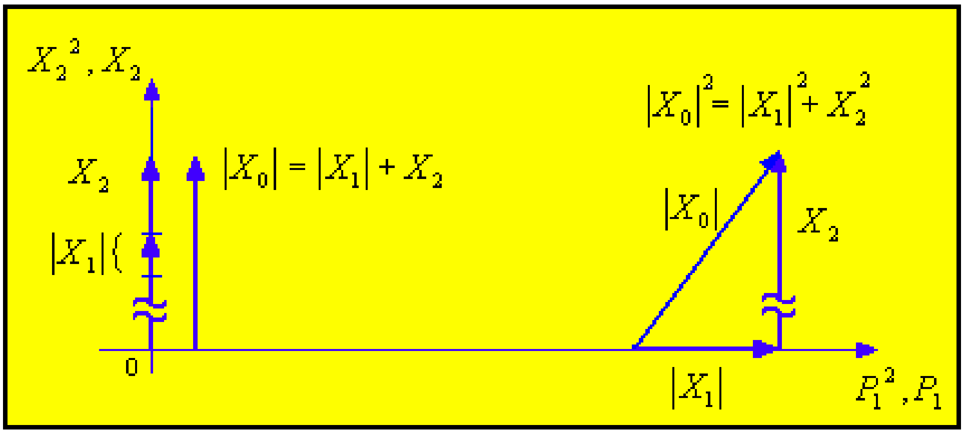


Figura 2. 9: Representación del Método de Medición Tricomponente Vectorial y Escalar en los ejes de X_2 contra P_1.

2.4 Índice de Magnitudes Tricomponentes

La ecuación (2.1) permite escribir los índices:

- Probabilidad
- Poder

- **Índices Probabilidad**

Dividiendo ambos miembros de la ecuación (2.1) por X_{0j} obtenemos los índices de probabilidad:

$$\Pr ob^*{}_1 = \frac{|X_{1j}|}{|X_{0j}|} = \frac{1}{K_1}, \; j=1;2;\cdots \text{ .... } (2.3)$$

$\forall \; K_1 \geq \; 0$

$Indice \;\; \Pr obabilidad \;\; de \;\; la \;\; parte\, 1\left(|X_{1j}|\right)$

$$\Pr ob^*{}_2 = \frac{X_{2j}}{|X_{0j}|} = \frac{K_1 - 1}{K_1}, \; j=1;2;\cdots \text{ .... } (2.4)$$

$\forall \; K_1 \geq \; 0$

$Indice \;\; \Pr obabilidad \;\; de \;\; la \;\; parte\, 2 \;\left(X_{2j}\right)$

$La\ terna: \;\; (\Pr ob^*{}_1; \Pr ob^*{}_2; \; \Pr ob^*{}_0)$

$Los \;\; índices \;\; de \;\; probabilidad \;\; verifican\, la\, propiedad:$

$$\Pr ob^*{}_o = \Pr ob^*{}_1 + \Pr ob^*{}_2 = 1 \text{ .... } (2.5)$$

$Donde: \;\; \Pr ob^*{}_1 \geq 0; \quad \Pr ob^*{}_2 \leq 1$

En la figura 2.10 se muestran las gráficas de las ecuaciones (2.3) y (2.4) de $Prob^*_i$, i = 1; 2 contra K_1:

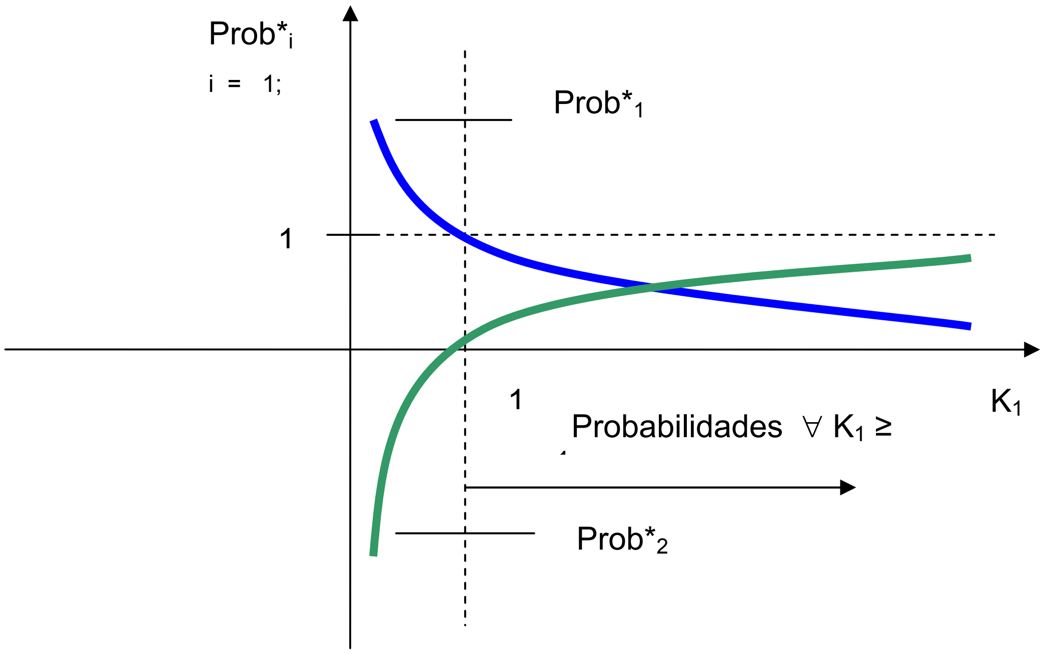


Figura 2. 10: Gráficas de coeficiente de proporcionalidad (K_1) contra índices de probabilidad $\left(\Pr ob^*{}_i, \;\; i=1;2\right)$.

Análisis de la gráfica

- El índice probabilidad varía entre - ∞ y +∞, mientras que las probabilidades varían entre 0 y 1. Por tanto, **la probabilidad no es un índice general para evaluar la realidad.**
- Cuando $K_1 \geq 1$, la Resultante > Las Partes y los índices de Probabilidad son Probabilidades
- Cuando $1 > K_1 \geq 0$, la Resultante < Parte X_1 y los índices de Probabilidad $\notin [0; 1]$.

Las ecuaciones (2.3) y (2.4) muestran que los índices de probabilidad son funciones del coeficiente de proporcionalidad de la medida (K_1); y las gráficas de la figura 2.10 muestran que $\forall\ K_1 \geq 1$ los índices de probabilidad se convierten en probabilidades.

- **Índices Poder**

La ecuación (2.1) permite definir los índices

$$P_1 = \frac{|X_{1j}|}{X_{2j}} = \frac{1}{K_1 - 1}, \quad J = 1; 2; \cdots \text{ ....} (2.6)$$

$P_1 \notin (-1;\ 0)$.

Índice Poder de la parte $1\ (|X_{1j}|)$

$$P_2 = \frac{X_{2j}}{|X_{1j}|} = K_1 - 1, \quad J = 1; 2; \cdots \text{ ....} .(2.7)$$

$P_2 \geq -1$.

Índice Poder de la parte $2\ (X_{2j})$

La terna : $(P_1; P_2; P_0)$

Los índices poder verifican la propiedad :

$$P_1 . P_2 = 1 \text{ ....} (2.8)$$

Entre los Índices Poder y Probabilidad existen los nexos:

$$P_1 = \frac{\Pr ob^*{}_1}{\Pr ob^*{}_2} \qquad o \qquad P_2 = \frac{\Pr ob^*{}_2}{\Pr ob^*{}_1} \text{ ....} (2.9)$$

$$\Pr ob^*{}_1 = \frac{1}{1 + P_2} \qquad o \qquad \Pr ob^*{}_2 = \frac{1}{1 + P_1} \text{ ....} (2.10)$$

Las ecuaciones (2.5), (2.8), (2.9) y (2.10) muestran que conocido el valor de un índice es posible determinar el resto.

En la figura 2.11 se muestra los gráficos de P_1 y P_2 contra K_1 dados por las ecuaciones (2.6) y (2.7):

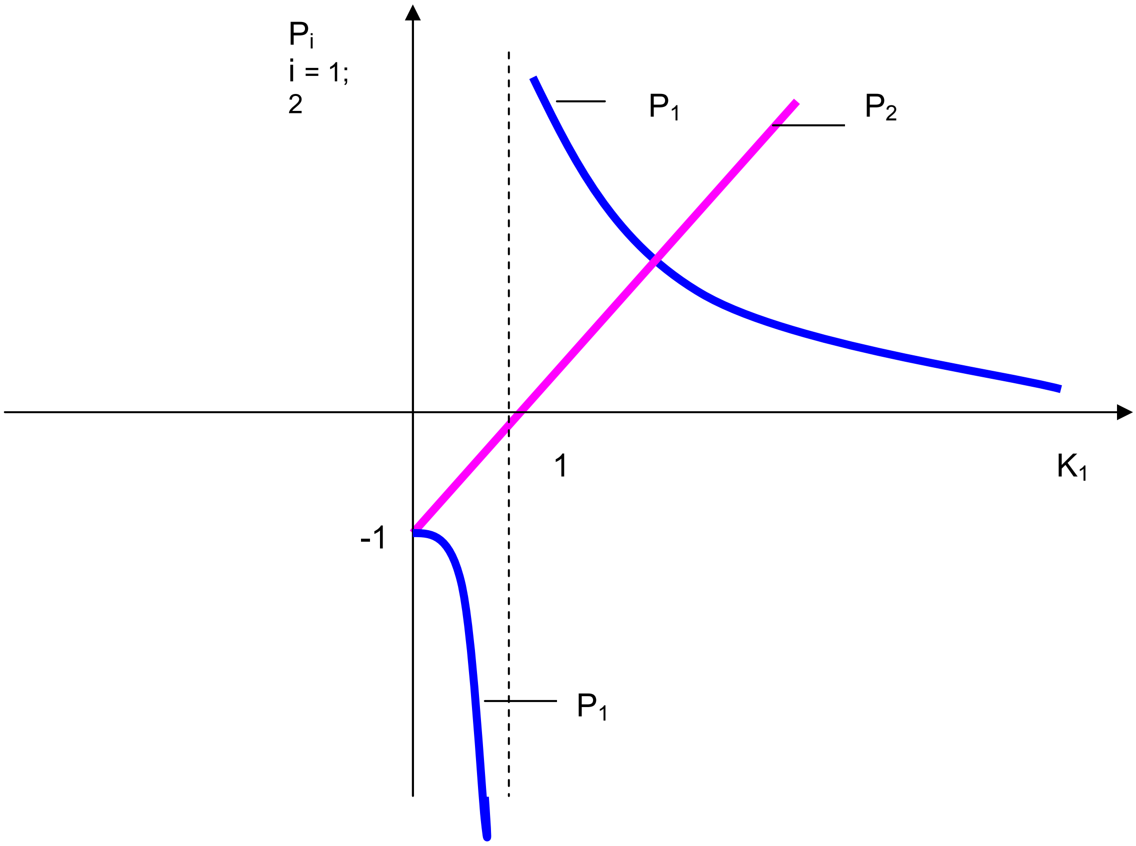


Figura 2.11: Gráficas de coeficiente de proporcionalidad (K_1) contra los índices poder (P_1 y P_2).

El índice poder mide la capacidad de transformación de una acción; entre mayor es el índice poder mayor es la capacidad de transformación.

- ***Índices y Coeficientes de Proporcionalidad de la Medición***

La medida X_{0j} puede expresarse también por la ecuación (2.11):

$$X_{0j} = K_2 X_{2j}, \quad j = 1;2;\cdots \text{ ....}(2.11)$$

$$Donde \quad K_2 = \frac{K_1}{K_1 - 1}$$

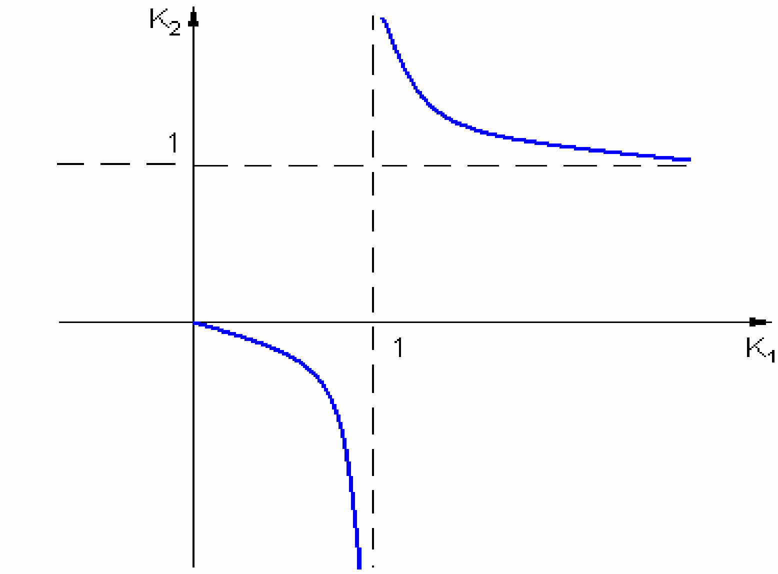


Figura 2.12: Gráfica de K_2 contra K_1

Las ecuaciones para X_{0j} pueden escribirse como:

$$X_{0j} = K_i X_{ij} \quad \text{..}(2.12)$$
$$i = 1;2 \qquad j = 1;2;\cdots$$

Donde:

$$K_i = \left(\Pr ob^*{}_i\right)^{-1} = 1 + P^{-1}{}_i \quad \text{...}(2.13)$$
$$i = 1;2 \qquad i = 1;2$$

Las ecuaciones (2.12) y (2.13) permiten conocida una parte X_1 o X_2 y sus correspondientes Índices Poder o Probabilidad determinar la resultante X_{0j}; y viceversa.

2.5 Diagrama de Bloques de la Medición Tricomponente

En la figura 2.13 mostramos la respuesta de un cuerpo a un estimulo.

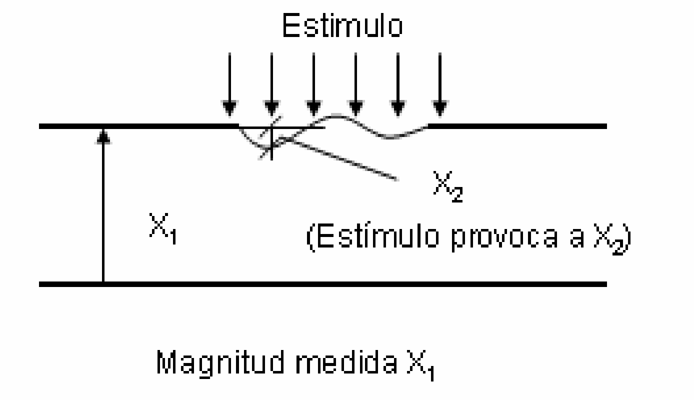


Figura 2. 13: Estimulación de un cuerpo con medida de X_1 para obtener X_2.

A partir de este esquema es posible sensar a X_1 o a X_2

- Esquema que sensa a X_2

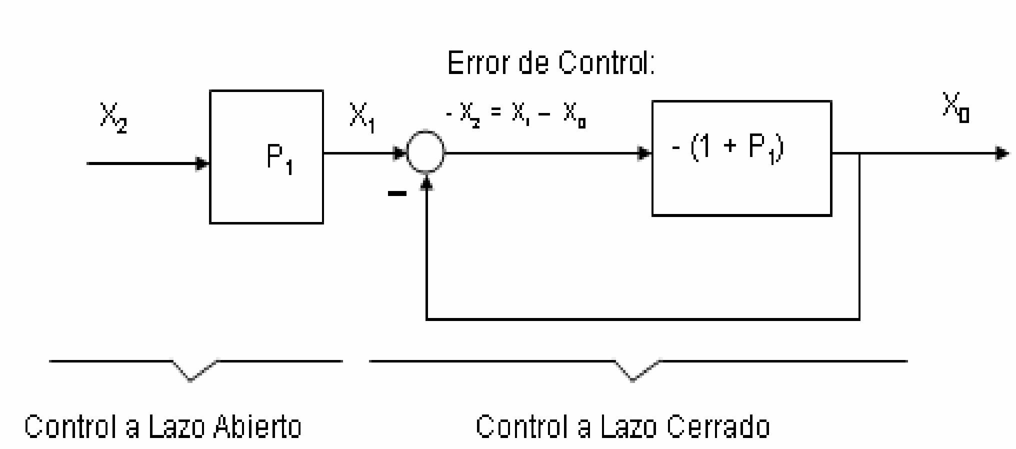


Figura 2. 14: Diagrama del bloque del medidor donde sensamos a X_2.

- Esquema que sensa a X_1

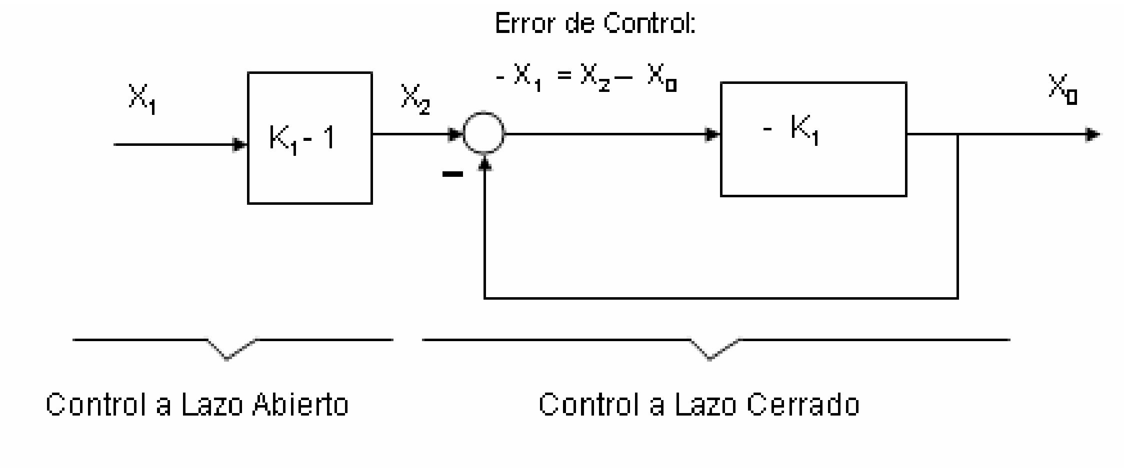


Figura 2. 15: Diagrama de bloques del Medidor donde sensamos a X_1.

Error de Medida = Valor X_0 de X - Valor medido X_1

Error de Control = Error de Medida de X_0 cuando sensamos a X_1

$X_2 = X_1 - X_0$ = Error de Medida de X_0

$X_0 = X_1$ - Error de Medida de X_0

En una Medición es posible sensar la parte X_1 ó la X_2.

La Medición implica:

1. **Juego**, porque la unidad de medida es la Regla del Juego.
2. **Control**, las estructuras de Medición son estructuras de Control a Lazo abierto y Cerrado.

2.6 Juego y Control en el Fundamento de la Medición

Platón dijo: **"Los hombres deberían trabajar con la misma seriedad con la que un niño juega"** A pesar de esta gran verdad, consideramos que es necesario insistir y plantear que en la misma base de la Ciencia y de la Actividad Práctica se encuentra la unidad de medida, que es la regla previa del juego de la actividad humana.

Los hombres somos Sistemas Cibernéticos, es decir, Sistemas dirigidos a conseguir un fin o meta. De ahí que la medición, como actividad encaminada a lograr información útil, obligatoriamente tiene que realizarse bajo control. Esto se muestra en los diagramas de bloques de control de la medición anteriores.

2.7 Representación de la Realidad a partir de los Intervalos de Valores Medidos de X_2

A continuación desarrollamos la temática del tiempo tricomponente, porque toda medición se realiza obligatoriamente en el transcurso del tiempo; y por tanto, la propia medición se ve influenciada por las propiedades del tiempo.

- **Medición Tricomponente de Tiempo**

El tiempo es la accisa del comportamiento temporal de la realidad, de ahí que su adecuada comprensión es esencial para el buen entendimiento de los fenómenos. El tiempo de una sola componente, al carecer del recurso de mediación temporal, limita la interpretación de los hechos.

El tiempo tricomponente tiene la misma estructura de medición de la magnitud escalar X_{0j} ejemplificada en la Figura 2.16. La terna temporal se obtiene por semejanza o similitud a través del algoritmo:

- La magnitud X_{0j} en el tiempo $t_{1.}$
- Se toma como unidad de medida (1u) de t_0 a t_1.
- Se construye para el tiempo t_0 el mismo esquema de medición que para la variable X_{0j}.
- Se utiliza el mismo valor del coeficiente de proporcionalidad K_1 de la medición X_{0j} para el tiempo t_0.
- Se establecen las proporcionalidades entre la variable tiempo t y la variable X a partir de un valor igual de $K_{1.}$

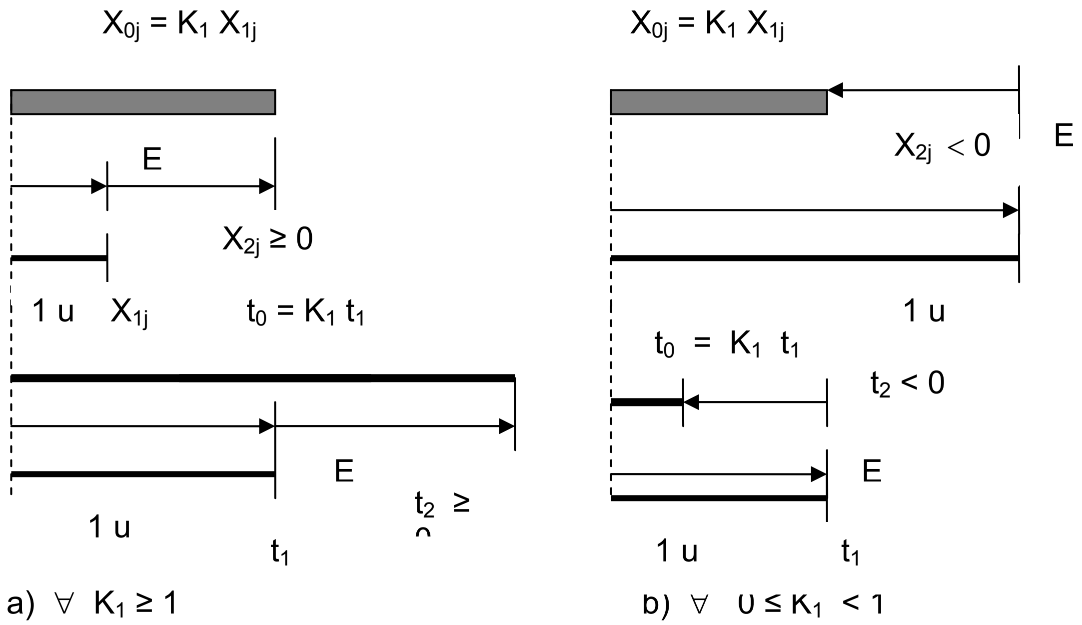


Figura 2.16: Método de semejanza fractal para la obtención de tiempo Tricomponente en una realidad no negativa ($t_i \geq 0$, $\forall$ i = 0; 1).

Donde:

$$X_{0j} = K_1 X_{1j} = X_{1j} + (K_1 - 1)\, X_{1j}, \quad \forall j = 1; 2; \quad \text{.......... ....}(2.14)$$

$$X_{0j} = X_{1j} + X_{2j} \quad \text{.......... ....}(2.15)$$

$$X_{2j} = (K_1 - 1)\, X_{1j} \quad \text{.......... ....}(2.16)$$

La ecuación (2.14) permite escribir el escalar X_{0j} como terna:(X_{1j}; X_{2j}; X_{0j}). El subíndice $\forall j = 1; 2; \cdots$ indica una magnitud cualquiera de un objeto o proceso.

De forma semejante para el tiempo es posible plantear:

$$t_0 = K_1 t_1 = t_1 + (K_1 - 1)\, t_1 \quad \text{.......... ....}(2.17)$$

$$t_0 = t_1 + t_2 \quad \text{.......... ....}(2.18)$$

$$t_2 = (K_1 - 1)\, t_1 \quad \text{.......... ....}(2.19)$$

Con las ecuaciones (2.14) y (2.17) podemos escribir:

$$K_1 = \frac{t_0}{t_1} = \frac{X_{0j}}{X_{1j}}, \quad \forall J = 1; 2; \cdots \text{ ....} (2.20)$$

Y con las ecuaciones (2.16) y (2.19):

$$K_1 - 1 = \frac{X_{2j}}{X_{1j}} = \frac{t_2}{t_1}, \ \forall J = 1; 2; \cdots \text{ ....} (2.21)$$

De las ecuaciones (2.20) y (2.15) escribimos:

$$t_0 = \frac{X_{0j}}{X_{1j}} t_1, \ \forall J = 1; 2; \cdots \text{ ....} (2.22)$$

$$t_0 = t_1 + t_2 \text{ ....} (2.23)$$

La ecuación (2.23) nos permite escribir el tiempo tricomponente (t_1; t_2; t_0). Donde: t_1 es el tiempo externo usualmente indicado por el reloj; t_2 es el tiempo interno que marca o deja huella en la realidad; y t_0 es el tiempo total.

El K_1 es siempre mayor o igual que cero ($K_1 \geq 0$), porque la unidad de medida (X_{1j} o t_1) se superpone y tiene igual sentido o signo que la medida (X_{0j} o t_0). Ahora bien, el tiempo externo t_1 puede ser:

- Menor o igual que cero (orientación de la realidad no positiva: $t_1 \leq 0$). Esto implica que $t_2 \leq - t_1$.
- Mayor o igual que cero (orientación de la realidad no negativa: $t_1 \geq 0$). Esto implica que $t_2 \geq - t_1$.

La orientación de la realidad aceptada tácita o implícitamente es la no negativa; aunque la no positiva es igualmente posible.

Partiendo de la ecuación (2.21) que mostraremos a continuación

$$\frac{X_{2j}}{X_{1j}} = \frac{t_2}{t_1}, \quad J = 1; 2; 3...$$

podemos demostrar que los cuerpos con partes dentro $X_{2j} > 0$ están en el futuro ($t_2 > 0$), los cuerpos en la superficie $X_{2j} = 0$ están en presente ($t_2 = 0$) y los cuerpos con partes fueras $X_{2j} < 0$ están en el pasado ($t_2 < 0$).

Definición del transcurso del tiempo tricomponente:

- Pasado : $t_0 < t_{1a}$
- Presente : $t_0 = t_{1a}$
- Futuro : $t_0 > t_{1a}$

$\forall\ (t_2 \geq - t_1,\ \ t_1 \geq 0)$

Donde Pasado $\cap$ Presente $\cap$ Futuro = $\varnothing$ (Vacío); o no Vacío.

Donde, t_{1a} es el tiempo externo actual o Presente actual, que es el tiempo en el momento o instante presente. Estas relaciones formalizan las complejidades del pasado, del presente y del futuro.

Representación de la Realidad a partir de los Intervalos de Valores Medidos de X_2

El método de medición tricomponente aplicado a los cuerpos con partes dentro, fuera y en la superficie conduce al **código básico de interpretación compleja de la realidad tricomponente**. Este código se representa en las figuras 2. 16; 2. 17; y en la tabla que se indica.

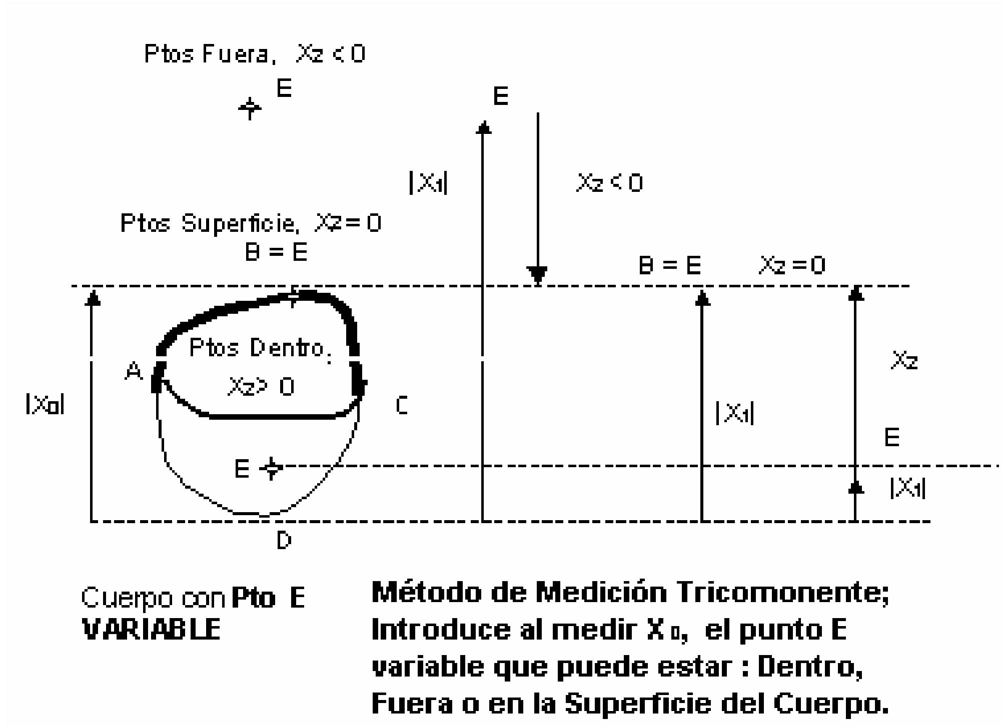


Figura 2. 16 Evaluación de Puntos E auxiliares Método de Medición Tricomponente.

El código básico de interpretación surge como una tautológía o redundancia a partir de los elementos anteriores como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2.1: Identidades del Código Básico de Interpretación

Partes Dentro	Partes en Superficie	Partes Fuera
$X_2 > 0$, $0 < Prob^*_1 < 1$ Integración, Futuro	$X_2 = 0$, $Prob^*_1 = 1$ Transición, Presente	$X_2 < 0$, $Prob^*_1 < 0$ Desintegración, Pasado

Figura 2. 17 Representación del Código Básico de Interpretación.

Este código básico de interpretación es esencial para la interpretación de la realidad.

2.8 Conclusiones del Capítulo

En el presente Capítulo, obtuvimos como resultado la formación del Método de Medición Tricomponente Escalar y el Método de Medición Tricomponente Vectorial, basado en el problema Parte-Todo, apoyado en esquemas que nos permitieron efectuar las mediciones y basándonos en la demostraciones matemáticas dimos validez a estos métodos, y demostramos que el método más general es el Método de Medición Tricomponete Escalar, porque es válido para la medición de un punto E auxiliar variable en todas las situaciones posibles del problema Parte-Todo. Además llegamos a la conclusión de que este método es más general que el método de medición actual de magnitudes escalares eléctricas y no eléctricas, porque conduce a una representación monocomponente, es decir a un solo valor o número mientras el Método de Medición Tricomponente a tres números.

III

Fundamentos de la Práctica de la Ingeniería Actual

3.1 Introducción

3.2 Metamecánica de Newton

3.3 Información

3.4 Aplicaciones

3.5 Conclusiones del Capítulo

3.1 Introducción

La Física es uno de los fundamentos científicos de la Ingeniería Actual. Pero según Einstein: en materia de principios, la Física Actual es un mosaico. Esto lo prueba, la no existencia de un enfoque unificado entre la Física Cuántica y la Física Relativista.

El enfoque vectorial, el teorema de Pitágoras, y las magnitudes escalares no se ven con un enfoque integrador armónico, que permita el paso suave de una forma de expresión de la información a otra,

Las condiciones permitidas de la medición soportadas por el gran paradigma de la Ingeniería que es la Física de Newton no son explicitas; ni el nexo entre las condiciones en que se realizan las mediciones actuales y los modelos válidos de la Mecánica de Newton son tan poco dados claramente.

La información permite establecer una correspondencia definida entre las posibilidades finitas de un ente y el mundo infinito que lo rodea para que las soluciones sean efectivas. Sin embargo, el concepto mismo de información es poco preciso, difuso no permitiendo ello una nítida comprensión del problema, ¿Qué es la Información?

Esta suma de factores influye negativamente en la comprensión profunda y en la práctica de la Ingeniería Actual. El alcance de un objetivo tan amplio implica la búsqueda de soluciones en los fundamentos, en los principios. Y es por eso, que este trabajo opera con la herramienta: el método de medición, así como en un área más generalizada de aplicación: los cuerpos con partes dentro, fuera y en superficie.

La trascendencia de la Mecánica sobre todas las áreas de la realidad radica en que sea esta biológica, neumática, hidráulica, eléctrica u electrónica, obligatoriamente tiene que cumplir con las regularidades y leyes de la Mecánica. Esto implica que una explicación y solución de los problemas necesariamente está subordinada al cumplimiento de los condicionamientos mecánicos.

3.2 Metamecánica de Newton

A Isaac Newton (1642, 1727) por sus afirmaciones del espacio y el tiempo se le ha caracterizado como Metafísico; sin embargo, su obra se ha difundido y apreciado en todo el mundo. La suspicacia nos obliga a preguntar, ¿Es realmente, Newton Metafísico? En lo que sigue mostraremos que por lo que hizo y no dijo – por su obra -, Newton puede considerarse Dialéctico,

En la obra de Newton se presentan "curiosidades, o pistas falsas" que es imprescindible esclarecer:

1. Las unidades fundamentales o básicas de Mecánica Clásica son: longitud, tiempo y masa. Sin embargo, Newton al definir los Principios de su Mecánica en términos de fuerza y al aplicarla, automáticamente convierte a las unidades fundamentales de su Sistema en Fuerza, Energía y Potencia, que son las unidades de Mecánica Tricomponente.
2. Aparentemente, Newton usa: $F_1 = m\dfrac{dV_1}{dt_1}$, pero realmente trabaja con: $F_1 = F_2 = m\dfrac{dV_2}{dt_1}$, y por ello se ve obligado a tomar $|F_1| = |F_2|$
3. Cuando Newton toma a $|F_1| = |F_2| = \left|\dfrac{t_2}{t_1}F_1\right| = \left|\dfrac{t_2}{t_1}\right||F_1|$ impone como uso del tiempo en su Sistema a $t_2 = \pm\, t_1$ y no a $t_1 \geq 0$, según parece.

Condición de Medición Impuestas por Mecánica Clásica

La condición: $|F_1| = \left|\frac{t_2}{t_1} F_1\right| \Rightarrow t_2 = \pm\ t_1 \quad \forall\, t_1 \geq 0$ impone tres condiciones explícitas de medición:

a) $t_2 = t_1 \Rightarrow$ un punto E dentro del cuerpo.

$t_0 = K_1\ t_1 \Rightarrow K_1 = 2$

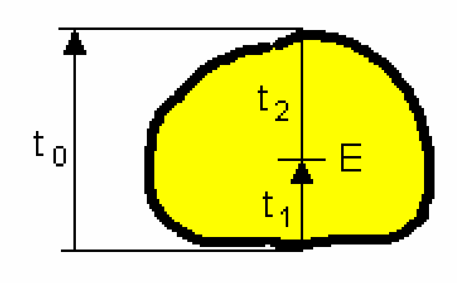


Figura 3. 1: Punto E Dentro del cuerpo.

b) $t_2 = -\ t_1 \Rightarrow$ un punto E fuera del cuerpo.

$$t_0 = t_1 - t_2 = 0$$
$$0 = K_1 t_1 \Rightarrow K_1 = 0$$
$$K_1 = 0 \Rightarrow \exp losión, radiación$$

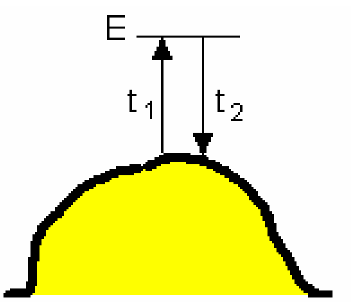


Figura 3. 2: Punto E Fuera del cuerpo.

c) $t_2 = t_1 = 0 \Rightarrow$ un punto E en la superficie del cuerpo.

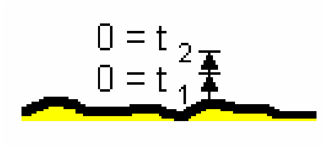
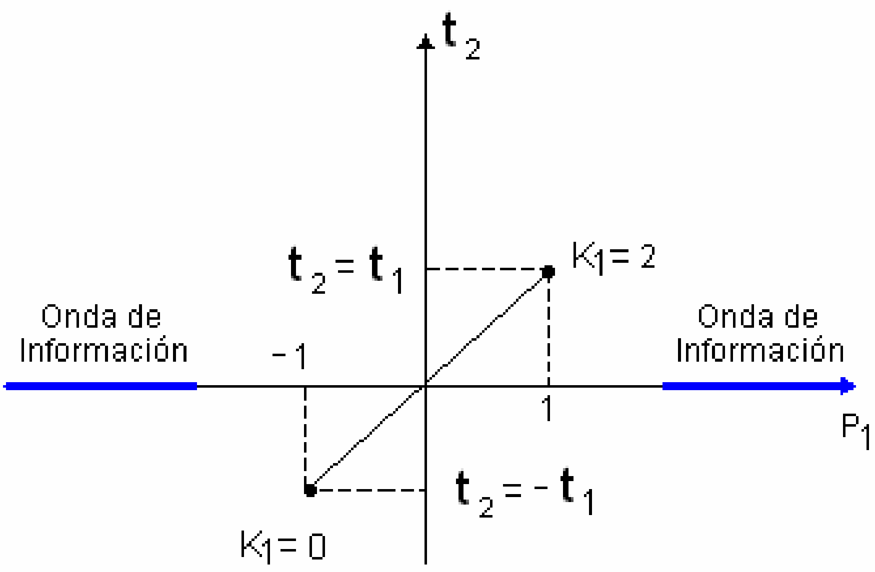


Figura 3. 3: Punto E en la Superficie del cuerpo.

$$(0;0;0) \Rightarrow 0 = K_1 \cdot 0 \Rightarrow K_{1in\det} = \frac{0}{0}$$

$$K_{1in\det} \Rightarrow ondas \;\; f\acute{i}sicas$$



$t_2 = t_1 = 0$, K_1 indet.

Mecánica Clásica solo tres valores de $K_1 = 2$:

$K_1 = 0$, K_1 indet., $K_1 = 2$

Figura 3.4 Valores de K_1 aceptados explícitamente por Mecánica Clásica

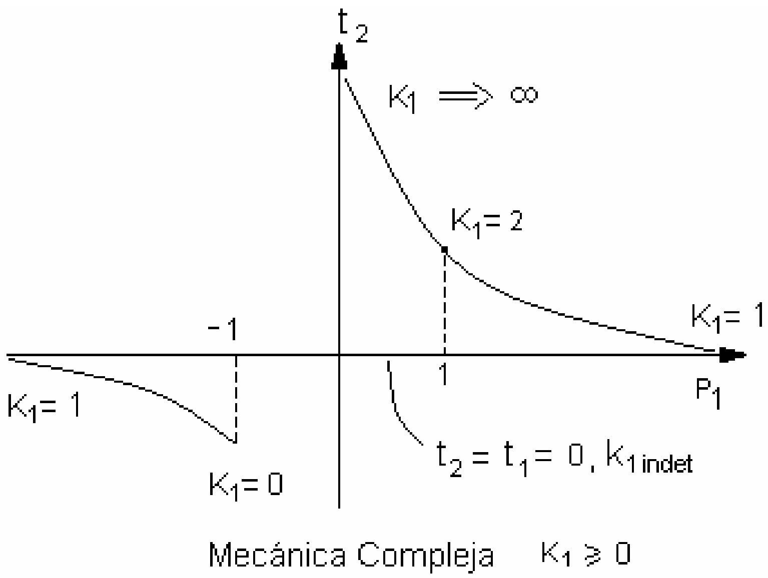


Figura 3.5 Mecánica Tricomponente es más general que Mecánica Clásica.

$Mecánica\ Clásica \subset Mecánica\ Compleja$; porque Mecánica Compleja vale $\forall\, K_1 \geq 0,$ mientras que Mecánica Clásica vale sólo para tres valores de $K_1: \quad K_1 = 0 \quad K_{1in\det}\ y\ K_1 = 2$.

Justificación de las Mediciones Actuales en Mecánica Clásica

Las mediciones actuales se realizan según el esquema:

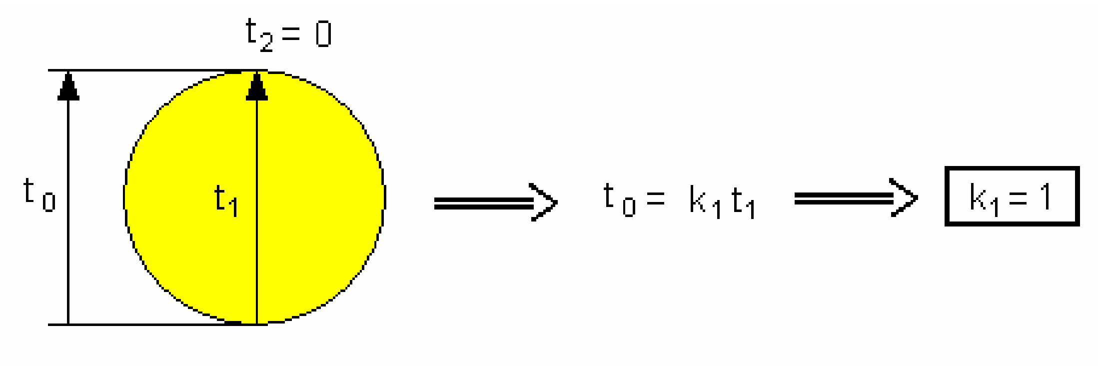


Figura 3.6 : Esquema de Mediciones Actuales.

$$Terna:(t_1;0;t_1) \Rightarrow Poder:(\infty;0;\infty)$$
$$K_1 = 1 \qquad\qquad K_{1in\det}$$

La terna $(t_1;0;t_1)$ es una Onda de Información, porque primero $K_{1n\det}$ del poder.

$(0;0;0) \Rightarrow$ Onda Física, porque $K_{1n\det}$ y $K_{2in\det}$

Importante:

El $K_1 = 1$ de la medición actual es válido en Mecánica Clásica, porque se puede descomponer en dos sumandos con $K_1 = 2\ y\ K_1 = 0$ que son válidos en Mecánica Clásica.

Demostración:

$$(t_1;t_1;2t_1) + (t_1;-t_1;0) = (2t_1;0;2t_1)$$
$$K_1 = 2 \qquad K_1 = 0 \qquad K_1 = 1$$

3.3 Información

El enfoque actual de la información plantea:

La Información es, desde cierto punto de vista, una posibilidad improbable, y como tal posibilidad puede ser interpretada como *la propensión_de un suceso singular a hacer que éste ocurra*. Desde otro punto de vista, esta propensión (o disposición) es un ente real, y más específicamente, es para nosotros una forma especial de energía (energía no-degradable).

La Información presenta dos aspectos que, en la realidad, *son inseparables*. Uno de esos aspectos podríamos denominarlo "aspecto teórico", y al otro, "aspecto práctico". Por la intervención del pensamiento, estos dos aspectos *se presentan momentáneamente separados*. Así, desde el aspecto teórico se pasa al aspecto práctico, a su ejecución, mediante el pensamiento.

Cantidad de información de un sistema, compuesto de partes, se define entonces a partir de las probabilidades que pueden asignarse a cada uno de sus componentes, en un conjunto de sistemas que se suponen estadísticamente homogéneos los unos con los otros ; o también a partir del conjunto de las combinaciones que es posible realizar con sus componentes, lo que constituye el conjunto de los estados posibles del sistema".

El estado de desorden máximo de un sistema (o entropía máxima) es, también, el estado de mayor complejidad porque es el estado "*donde carecemos totalmente de información*".

La ecuación es:

Entropía = falta de Información

Así, el orden aparece en una estructura solamente, si se la conoce, si se comprenden sus articulaciones, el código que rige la disposición de los elementos, la complejidad es un desorden aparente donde se tienen razones para suponer un orden oculto.

En este trabajo, interpretamos la información como:

Información: Onda que entraña un evento cierto, o un poder infinito.

Ondas de información: Caracterización:

$$\left.\begin{matrix} (|X_1|;0;|X_1|) \\ (\infty; X_2; \infty) \end{matrix}\right\} \quad \Leftrightarrow \quad \left\{ \begin{matrix} K_1 = 1 \quad K_2 \Rightarrow \infty \\ P_{rob1}{}^{*} = 1 \ (Evento\ Cierto) \\ P_1 \Rightarrow \pm\infty \ (Poder\ \infty) \end{matrix} \right.$$

$$\left.\begin{matrix}(0;|X_2|;|X_2|)\\(|X_1|;\infty;\infty)\end{matrix}\right\} \quad \Leftrightarrow \quad \left\{\begin{matrix}K_2 = 1 \quad K_1 \Rightarrow \infty\\ P_{rob2}{}^{*} = 1 \quad (Evento\ Cierto)\\ P_2 \Rightarrow \pm\infty \ (Poder\ \infty)\end{matrix}\right.$$

$$(|X_1|;0;|X_1|)$$

$(0;0;0) \Rightarrow$ Onda Física, porque K_{1n} determinado y K_2 indeterminado.

$(X_1;0;X_1) \Rightarrow$ Onda de información, porque su poder $(\infty;0;\infty)$ posee primero un K_1 indeterminado.

$\forall\ m \geq n > 0$

Modelo A:

$$Terna: (|mx_1|;n|x_1|;|(m+n)x_1|) + (|mx_1|;-n|x_1|;|(m-n)x_1|) = (|2mx_1|;0;|2mx_1|)$$

$$\begin{matrix} K_1 = 1 + \dfrac{n}{m} \\ K_1 \in [1;2] \end{matrix} \quad \Downarrow \quad \begin{matrix} K_1 = 1 - \dfrac{n}{m} \\ K_1 \in [0;1] \end{matrix} \quad \Downarrow \quad K_1 = 1$$

Modelo B:

$$Poder: \left(\frac{m}{n};\frac{n}{m};\frac{m^2+n^2}{mn}\right) = -1\left(-\frac{m}{n};-\frac{n}{m};-\frac{n^2+m^2}{nm}\right) \Rightarrow (\pm\infty;\ 0;\ \pm\infty)$$

$\forall\ n \geq m > 0$

Modelo A*

$$Terna: (mx_2;|nx_2|;|(m+n)x_2|) + (-mx_2;|nx_2|;(m-n)|x_2|) = (0;|2nx_2|;|2nx_2|)$$

Modelo B*: $\begin{matrix} K_2 = 1 + \dfrac{m}{n} \\ K_2 = [1;2] \end{matrix} \quad \Downarrow \quad \begin{matrix} K_2 = 1 - \dfrac{m}{n} \\ K_2 = [0;1] \end{matrix} \quad \Downarrow \quad K_2 = 1$

$$Poder: \quad \left(\frac{m}{n};\frac{n}{n};\frac{m^2+n^2}{nm}\right) \quad = \quad -1\left(-\frac{m}{n};-\frac{n}{m};-\frac{m^2+n^2}{nm}\right) \Rightarrow (0;\pm\infty;\pm\infty)$$

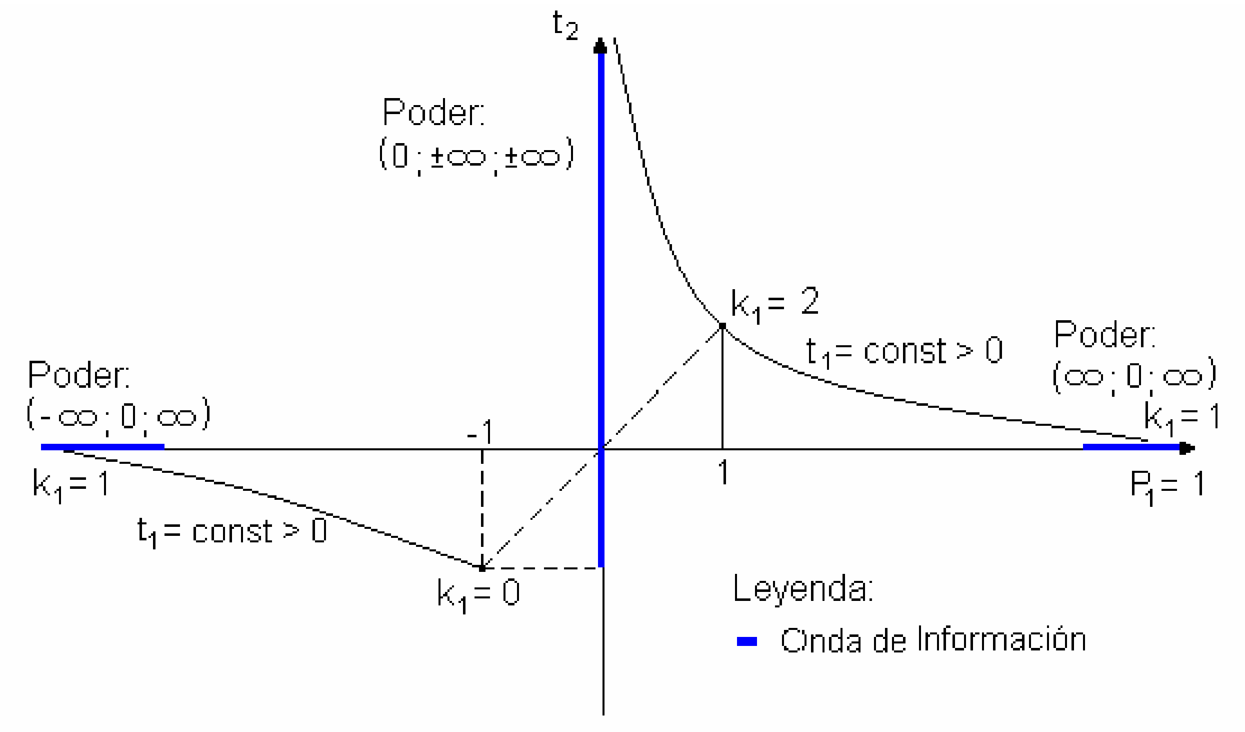


Figura 3.7: Información en los ejes de t_2 contra P_1 .

3.4 Aplicaciones

Ley de Ohm en CD

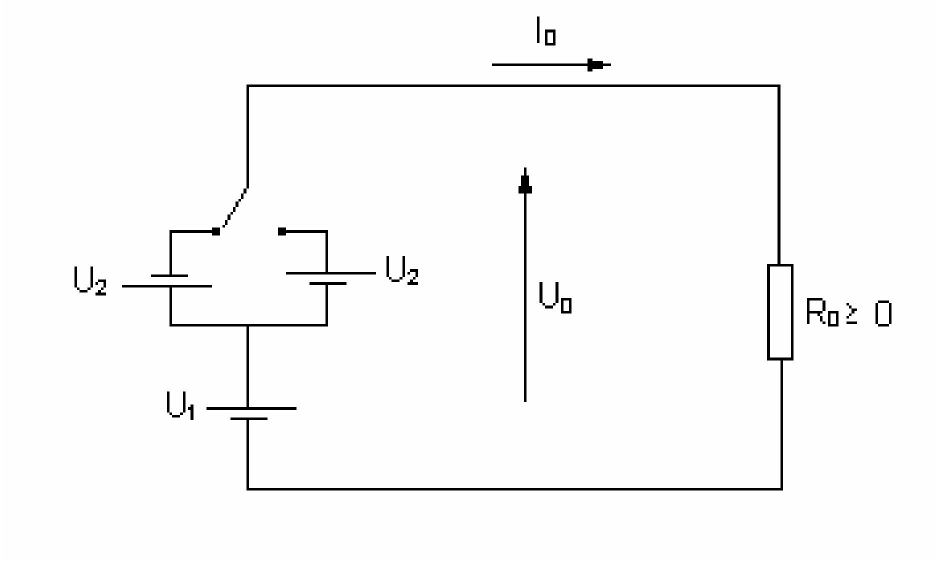


Figura 3.8: Circuito eléctrico simple de CD.

Modelo: $U_0 = U_1 + U_2$; $(\forall U_i \in R)$ i = 0,1,2,3

$\forall U_1 \geq 0$, $U_0 \geq 0 \Rightarrow \forall U_2 \geq -U_1$

$$U_0 = \left[1 + \frac{U_1}{U_2}\right] U_2 = \left[1 + \sqrt{P_1}\right] U_2 \quad ; \quad \sqrt{P_1} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_1 + U_2}{R_0}$$

Modelo:

$I_0 = I_2 + I_2$; $(\forall I_1 \in R)$ i= 0,1,2,3

$\forall I_1 \geq 0$, $I_0 \geq 0 \Rightarrow \forall I_2 \geq -I_1$

$$I_0 = \left[1 + \frac{I_1}{I_2}\right] I_2 = \left[1 + \sqrt{P_1}\right] I_2 \quad ; \quad \sqrt{P_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Las ecuaciones de I_0 y U_0 pueden escribiese:

$U_0 = \left[1 + \sqrt{P_1}\right] U_2 \rightarrow$
$I_0 = \left[1 + \sqrt{P_1}\right] I_2 \rightarrow$ $\sqrt{\Pr ob_2^*} = \dfrac{1}{1 + \sqrt{P_1}}$; Ecuación única que representa a $\dfrac{U_2}{U_0} e \dfrac{I_2}{I_0}$

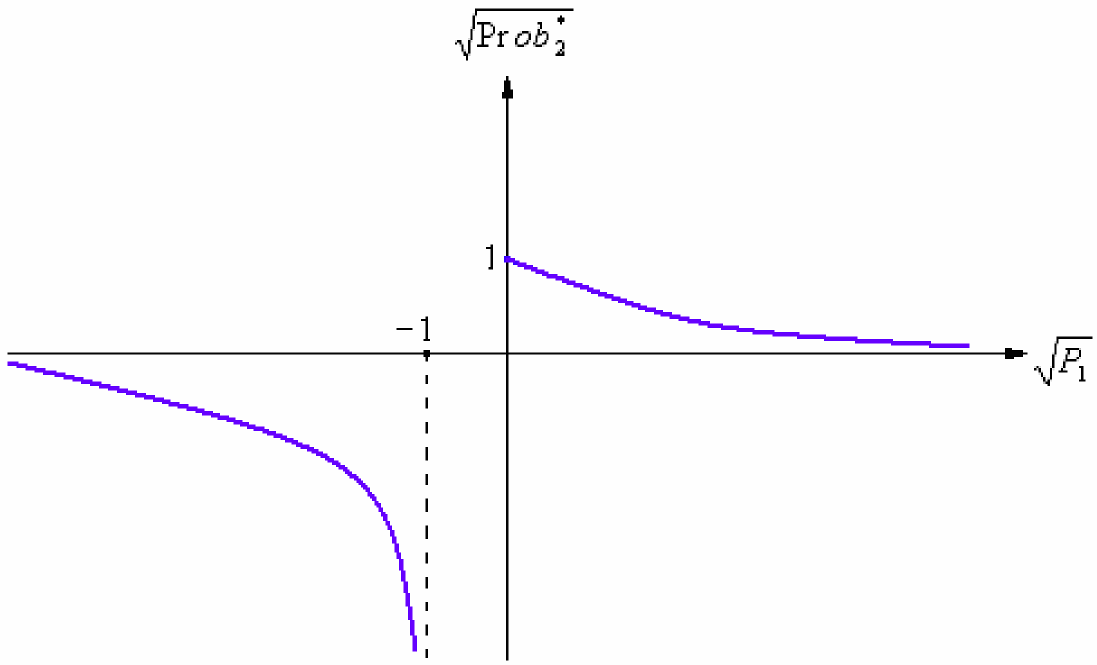


Figura 3.9: Gráfica de P_1 contra $Prob^*_2$.

También U_0 e I_0 pueden escribirse:

$U_0 = \left[1+\sqrt{P_1}\right]U_1 \rightarrow$
$I_0 = \left[1+\sqrt{P_1}\right]I_1 \rightarrow$ $\sqrt{\Pr ob_1^*} = \dfrac{1}{1+\sqrt{P_2}}$; ecuación única que representa a $\dfrac{U_1}{U_0} e \dfrac{I_1}{I_0}$

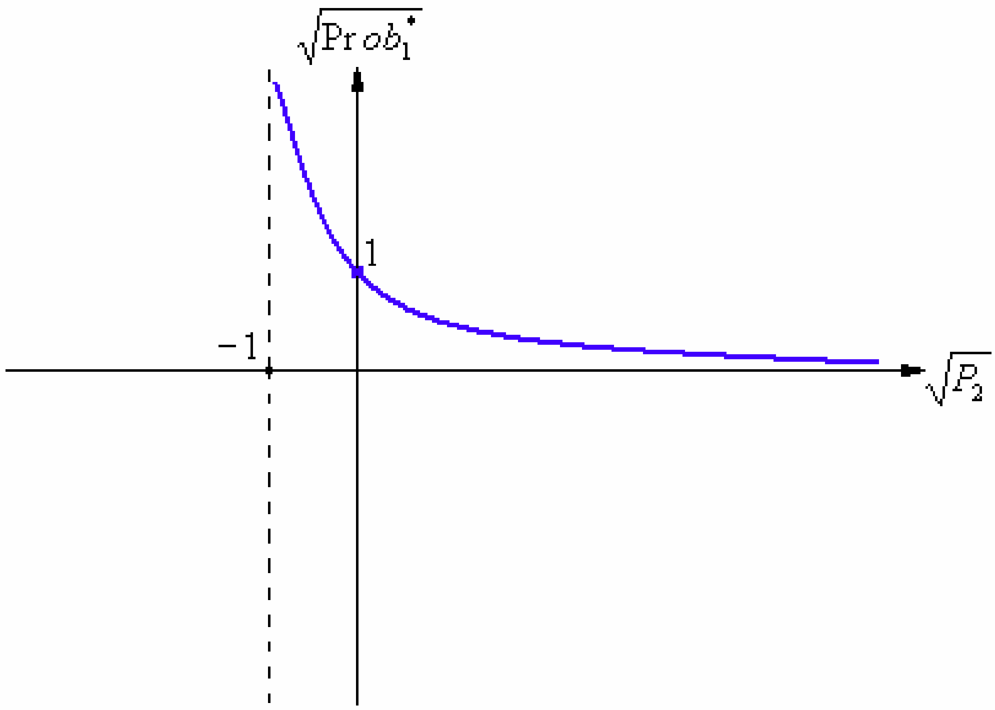


Figura 3.10: Gráfica de P_2 contra $Prob^*1$.

Impedancia en CA

$$X_0^2 = X_1^2 + X_2^2$$

$$X_0 = \sqrt{X_1^2 + X_2^2} \Leftrightarrow Z_0 = \sqrt{R_0^2 + X_2^2}$$

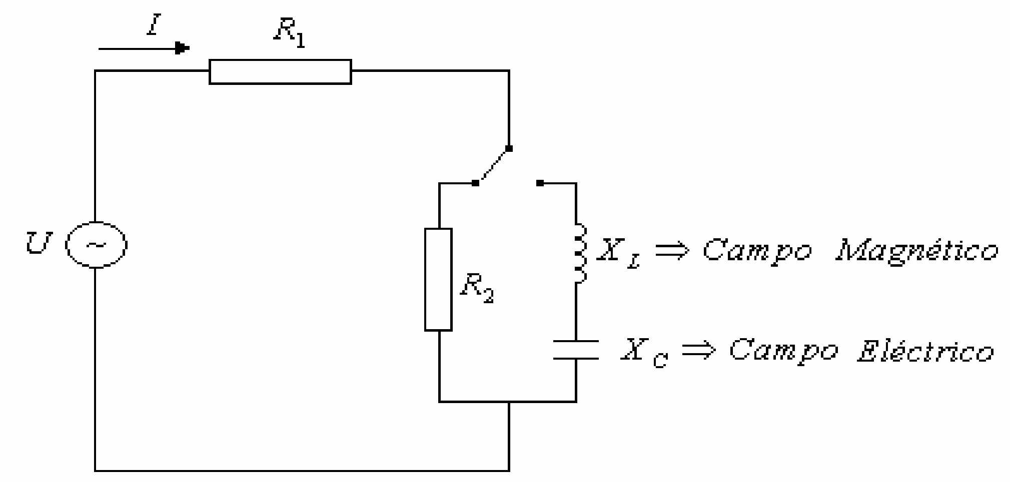


Figura 3.11: Circuito de CA con impedancia.

$$R_0 = R_1 + R_2$$

$$X_2 = X_L - X_C = WL - \frac{1}{WC}$$

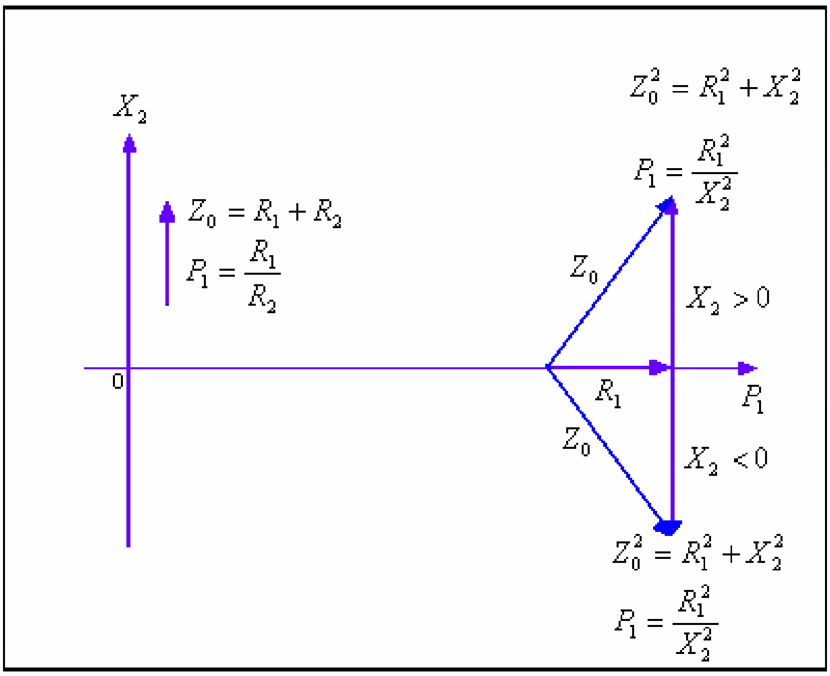


Figura 3.12: Impedancia en los ejes de P_1 contra X_2.

Ley de Ohm en CA.

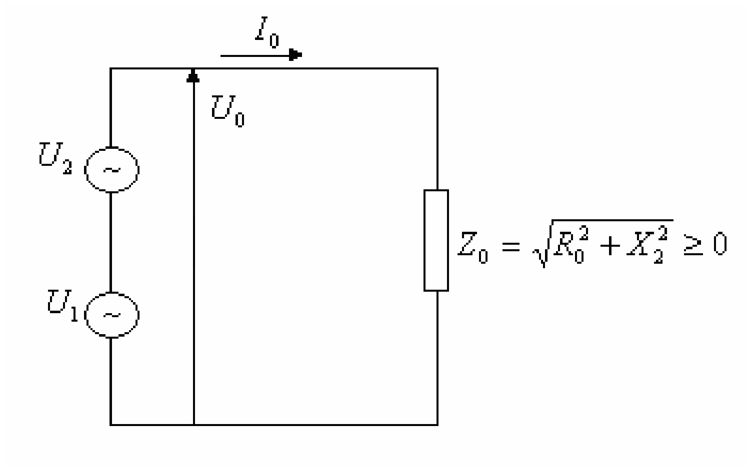


Figura 3.13: Circuito eléctrico de CA.

$$U_0 = U_1 + U_2 \quad , \quad \forall (U_1 \geq 0 \ , U_0 \geq 0 \Rightarrow U_2 \geq -U_1)$$

$$U_0 = [1 + P_1]U_2 = [1 + P_2]U_1$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z_0} = I_1 + I_2 \quad , \quad \forall (I_1 \geq 0 \ , I_0 \geq 0 \Rightarrow I_2 = -I_1)$$

$$I_0 = [1 + P_1]I_2 = [1 + P_2]I_1$$

$$U_0 I_0 = [1 + P_1]^2 U_2 I_2 = [1 + P_2]^2 U_1 I_1$$

$$\sqrt{U_0 I_0} = [1 + P_1]\sqrt{U_2 I_2} = \sqrt{U_1 I_1} + \sqrt{U_2 I_2}$$

$$U_0 I_0 = U_0 I_0 \cdot \frac{U_1 I_1}{U_0 I_0} + U_0 I_0 \cdot \frac{U_2 I_2}{U_0 I_0}$$

$$U_0 I_0 = U_0 I_0 \left[\cos^2 \Phi + sen^2 \Phi\right]$$

$$U_0 I_0 = U_0 I_0 \quad L, Q, Q, D$$

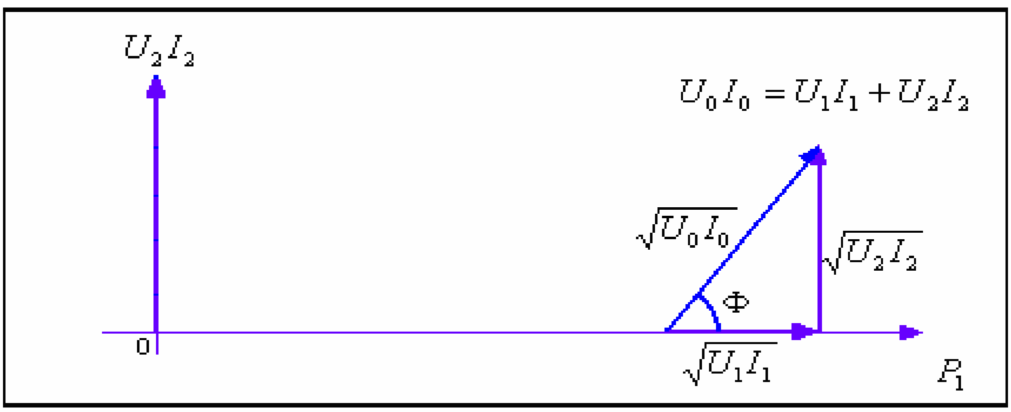


Figura 3.14: Gráfico de Potencias Tricomponentes.

3.5 Conclusiones del Capítulo

1. Se aplicó el Método de Medición Tricomponente a la medición de cuerpos con partes dentro, fuera y en superficie.
2. Se aplicó la metamecánica a las condicionantes de la medición.
3. Se estableció un enfoque de información y propiedades.

IV
Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones
4.2 Recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. El trabajo cumplió el objetivo planteado.
2. Se estableció el Método de Medición Tricomponente.
3. Los cuerpos fueron estudiados con partes dentro, fuera y en superficie.
4. Se profundizó en las condiciones de la medición a partir de la Metamecánica.
5. Se definió el concepto de Información.
6. Se aplicó el Método de Medición Tricomponente en redes eléctricas simples.

4.2 Recomendaciones

1. Aplicar el Método de Medición Tricomponente a problemas eléctricos.
2. Socializar los resultados del trabajo.

1. Angulo Marcial N. *Información: una nueva propuesta conceptual. Cienc Inform*.1996; 27(4):190-5.

2. Cartoya S., Or: *Introducción al Laboratorio de Física, Fundamentos a la Teoría de Errores.*

3. Colectivo de Autores: *Física Para Estudiantes de Ciencia e Ingeniería, Parte I.* 1975.

4. García R. M. Trabajo de Investigación: "*MECÁNICA TRICOMPONENTE. Una Plataforma de lo Real*". ISMM de Moa. 2006.

5. Hernández, L. M y otros: *Probabilidades. 1980*

6. Portuondo D. R: *Procesamiento de Datos Experimentales.*

7. Spiegel, M. R: *Teoría y problemas de Estadística 875 Problemas Resueltos. 1989*

- **<u>Anexo 1</u>: Unidades en uso con el SI.**

Tabla: Unidades en uso con el SI

NOMBRE	SIMB	VALOR EN EL S.I.
minuto min	1min	60 s
hora h	1 h	3 600 s
día d	1 d	864 00 s
grado °	1°	(ð /180) rad
minuto ’	1’	(1/60)° = (ð /10 800) rad
segundo ”	1”	(1/60) ’ =(ð /648 000) rad
litro L	1 L	1 dm3 = 10-3 m3
tonelada* t	1 t	103 kg
* en algunos países de habla inglesa es también denominada tonelada métrica		

- **Anexo 2: Simbología del SI.**

Tabla : Simbología del SI

Nombre	*Símbolos*	*Valor*
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hecto	h	10^{2}
deca	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femta	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

- **<u>Anexo 3</u>: Sensor de Medición**

Sensor de Medición