

OSINERGMIN: II FORO REGIONAL “PERSPECTIVAS DEL SERVICIO PUBLICO  
DE ELECTRICIDAD EN LA REGION”



Universidad Nacional  
Jorge Basadre Grohmann

# “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTRASTE DE MEDIDORES EN EL SUR DEL PAÍS”



Ing. Javier Aguilar Ramírez  
esmc@unjbg.edu.pe

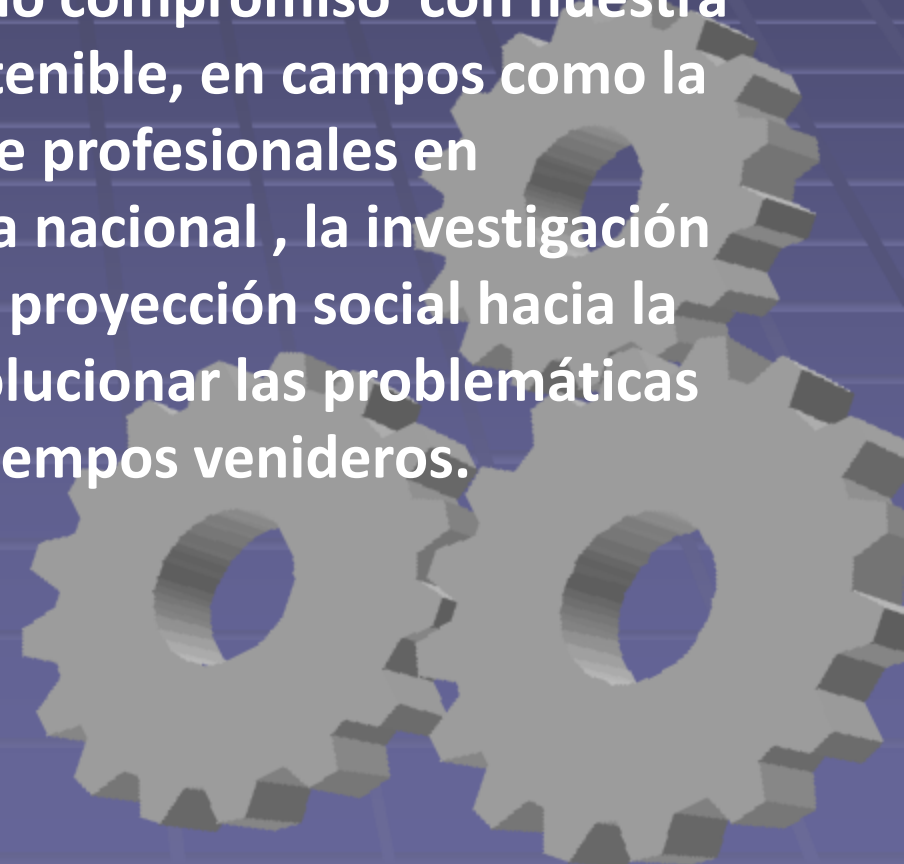
Tacna, 11 de noviembre del 2011

- “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTRASTE DE MEDIDORES EN EL SUR DEL PAÍS”





- La UNJBG, tiene como como compromiso con nuestra sociedad: el desarrollo sostenible, en campos como la formación y capacitación de profesionales en especialidades de demanda nacional , la investigación científica y tecnológica y la proyección social hacia la comunidad, que puedan solucionar las problemáticas que se van generando en tiempos venideros.



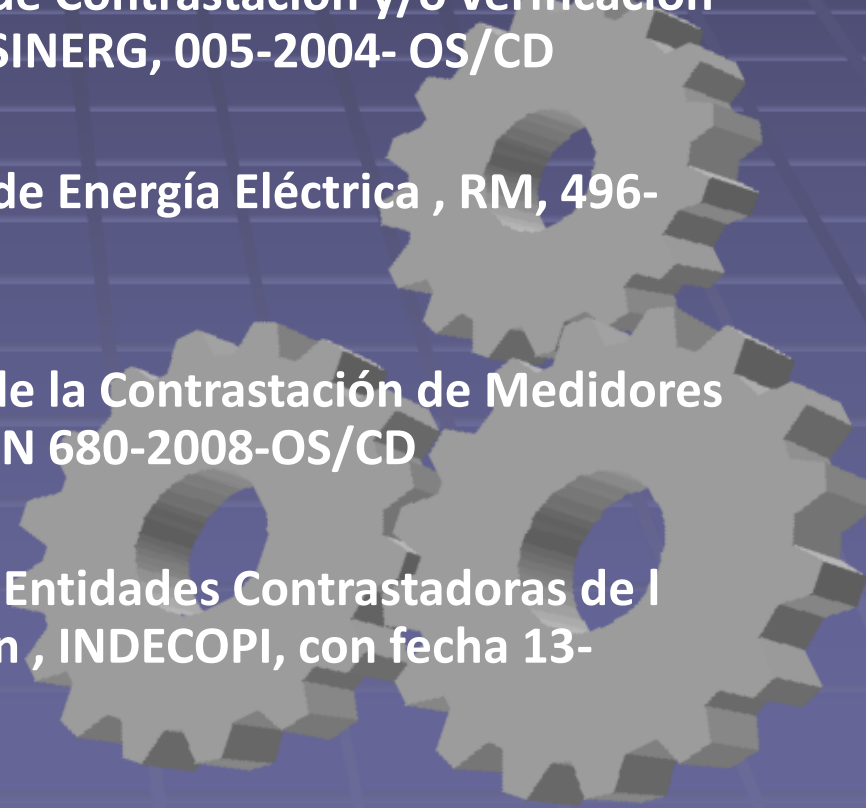
De acuerdo a :

Procedimiento para la fiscalización de Contrastación y/o verificación de medidores de electricidad OSINERG, 005-2004- OS/CD

Contraste del Sistema de Medición de Energía Eléctrica , RM, 496-2005- MEM/DM

Procedimiento para la Supervisión de la Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica, OSINERGMIN 680-2008-OS/CD

Reglamento para la acreditación de Entidades Contrastadoras de l Servicio Nacional de Acreditación , INDECOPI, con fecha 13-noviembre-2009



**Existe una creciente necesidad de la realización de contrastación de medidores de energía eléctrica en la región de tacna y el sur del país.**

**Ubicación del Laboratorio de Contrastación de Medidores de Energía Eléctrica:**

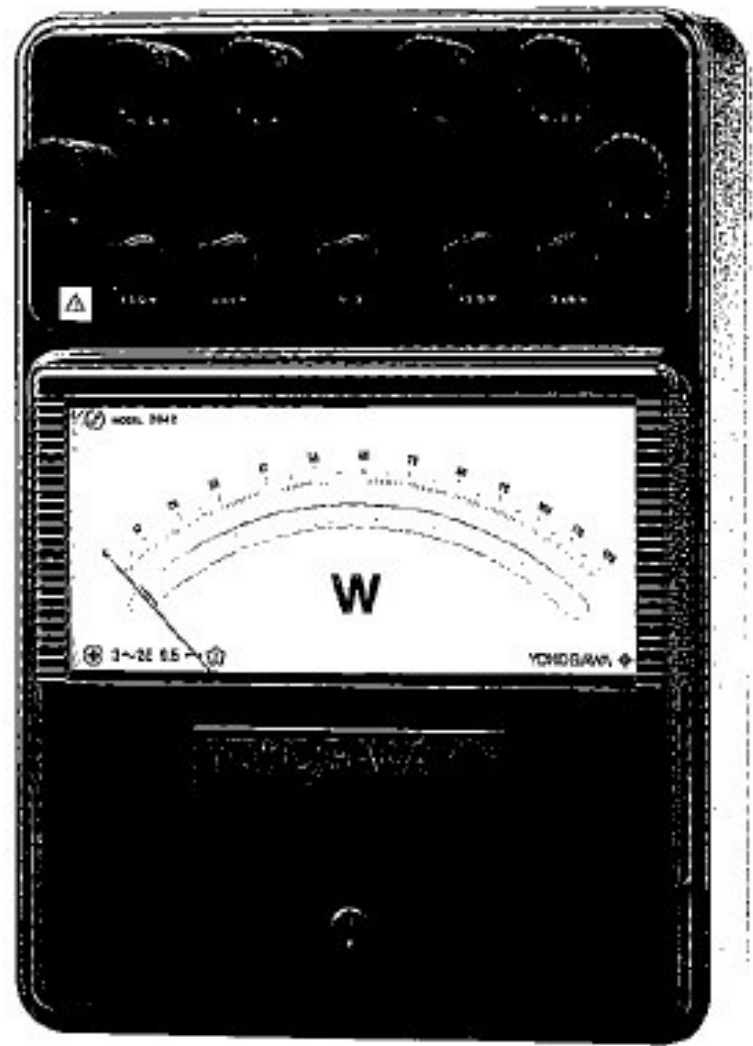
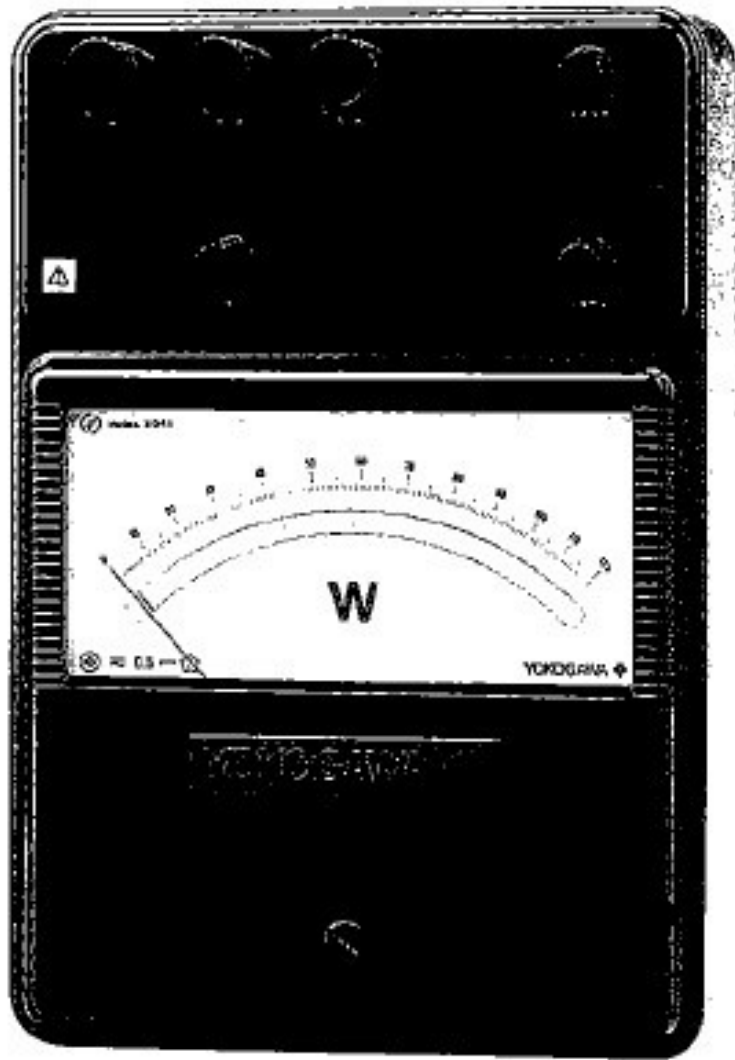
**Laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.**

**Email: [esmc@unjbg.edu.pe](mailto:esmc@unjbg.edu.pe)**



**El laboratorio de Maquinas Eléctricas de Ingeniería Mecánica  
podrá realizar con el proyecto:  
Etapa de Contraste: De laboratorio y campo**

- **El equipo de Laboratorio propuesto deberá ser para el siguiente ámbito de contraste:**
- **Medidores inductivos de energía eléctrica monofásicos , clase 2, de 2 hilos, hasta una corriente máxima de 120 A,**
- **Medidores estáticos de energía eléctrica monofásicos, clase 2, de dos hilos, hasta una corriente de 100 A.**
- **Medidores inductivos de energía eléctrica trifásicos , clase 2, de 3 hilos, hasta una corriente máxima de 135 A,**
- **Medidores estáticos de energía eléctrica trifásicos, clase 2, de tres hilos, hasta una corriente de 100 A.**



# INGENIERIA MECANICA

## UNIV. JORGE BASADRE GROHMANN

### TACNA

#### Specifications - Model 2041 03

Class	JIS C 1102: 1997 Class 0.5
Rated Voltage (Approximate Consumed Power)	120/240V (1.2/2.4 VA)
Rated Current (Approximate Consumed Power)	5/25A (1.72/1.69VA)
Rated Power Factor	1.0
Operating Frequency	DC, 25~1000 Hz
Operating Principle	Electrodynamometer type
Operating Position	Horizontal
Scale Length	Approximately 135 mm (Deflection Angle: 85°)
Scale Divisions	120
Operating Temperature Range	0 ~ 40 °C
Operating Humidity Range	30 ~ 75% RH
Storage Temperature Range	-10 ~ 50 °C
Storage Humidity Range	25 ~ 80% RH
Approx. External Dimension	280 x 180 x 138 mm
Approx. External Weight	2.8 kg
Optional Accessories	2292 01 Carrying case

#### Features

- Frequency range: DC, 25 Hz to 1000 Hz (2041 01-03,2042 01-03)
- Effective for measurement of low-power-factor load power and small power (2041 11-13, 21, 22)
- Low self-consuming power
- Taut-band suspension system eliminates friction and provides strong resistance to shock impact.

#### Specifications - Model 2042 03

Class	JIS C 1102: 1997 Class 0.5
Rated Voltage (Approximate Consumed Power)	120/240V (1.2/2.4 VA)
Rated Current (Approximate Consumed Power)	5/25A (1.72/1.69VA)
Rated Power Factor	1.0
Operating Frequency	DC, 25~1000 Hz
Operating Principle	Electrodynamometer type
Operating Position	Horizontal
Scale Length	Approximately 135 mm (Deflection Angle: 85°)
Scale Divisions	120
Operating Temperature Range	0 ~ 40 °C
Operating Humidity Range	30 ~ 75% RH
Storage Temperature Range	-10 ~ 50 °C
Storage Humidity Range	25 ~ 80% RH
Approx. External Dimension	280 x 180 x 138 mm
Approx. External Weight	3.2 kg
Optional Accessories	2292 01 Carrying case

#### Features

- Frequency range: DC, 25 Hz to 1000 Hz (2041 01-03,2042 01-03)
- Effective for measurement of low-power-factor load power and small power (2041 11-13, 21, 22)
- Low self-consuming power
- Taut-band suspension system eliminates friction and provides strong resistance to shock impact.

## MEDICIONES ELÉCTRICAS - CONTRASTE DE MEDIDORES DE ENERGÍA

### 1 Introducción

- En la actualidad la energía eléctrica es uno de los principales factores que rige la vida moderna y los *sistemas de medición de energía* juegan un papel preponderante en la relación económica entre las Empresas Generadoras, Transmisoras y Distribuidoras de Energía y los Consumidores.
- Por ello deben verificarse en forma periódica mediante sistemas de ensayo los que están conformados por equipos de inyección de corriente y tensión y medidores de energía patrones.
- En este capítulo se dará una breve reseña de los distintos tipos de medidores, normas de ensayo, equipos de alimentación para realizar el ensayo

## 2 Clasificación de los medidores de energía

- Los medidores de energía eléctrica, o contadores, utilizados para realizar el control del consumo, pueden clasificarse en tres grupos:
- *Medidores electromecánicos*: o medidores de inducción, compuesto por un conversor electromecánico (básicamente un vatímetro con su sistema móvil de giro libre) que actúa sobre un disco, cuya velocidad de giro es proporcional a la potencia demandada, provisto de un dispositivo integrador.
- *Medidores electromecánicos con registrador electrónico*: el disco giratorio del medidor de inducción se configura para generar un tren de pulsos (un valor determinado por cada rotación del disco, p.e. 5 pulsos) mediante un captador óptico que sensa marcas grabadas en su cara superior. Estos pulsos son procesados por un sistema digital el cual calcula y registra valores de energía y de demanda. El medidor y el registrador pueden estar alojados en la misma unidad o en módulos separados.

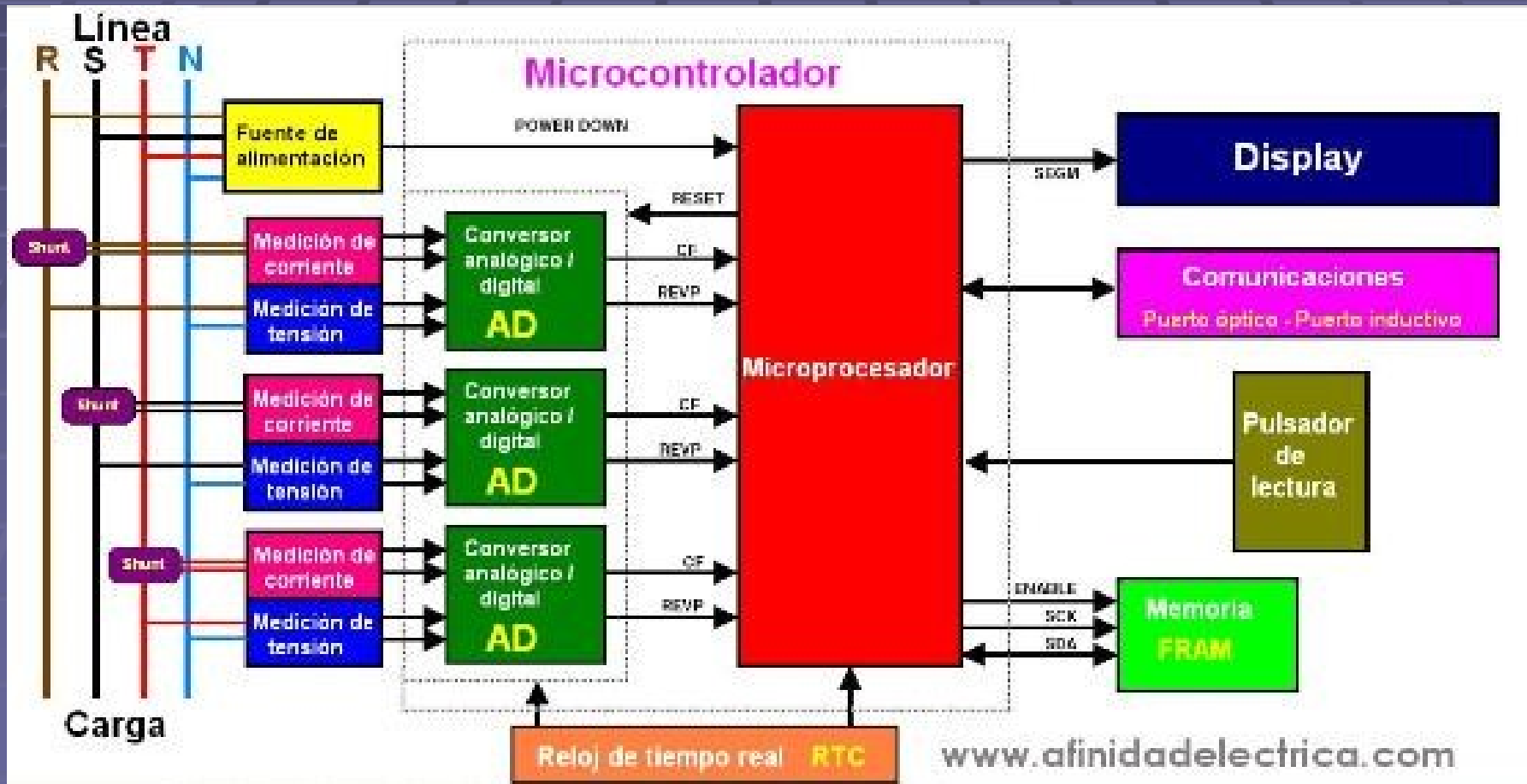
## Modelos de medidores de energía



# Medidor estático (electrónico)



# Medidor estático (electrónico)



- **Medidores totalmente electrónicos** : la medición de energía y el registro se realizan por medio de un proceso análogo-digital (sistema totalmente electrónico) utilizando un microprocesador y memorias. A su vez, de acuerdo a las facilidades implementadas, estos medidores se clasifican como:
- **Medidores de demanda**: miden y almacenan la energía total y una única demanda en las 24 hs. (un solo períodos, una sola tarifa).
- **Medidores multitarifa**: miden y almacenan energía y demanda en diferentes tramos de tiempo de las 24 hs., a los que le corresponden diferentes tarifas (cuadrantes múltiples). Pueden registrar también la energía reactiva, factor de potencia, y parámetros especiales adicionales.

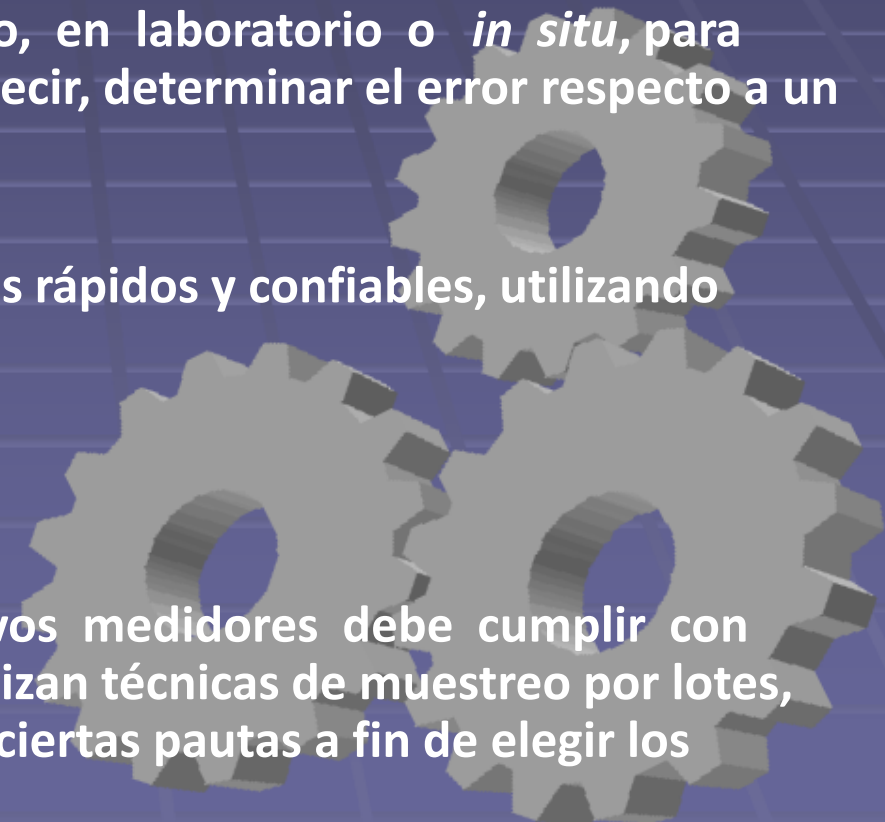
Para los pequeños consumidores, industriales y domiciliarios, se mantiene aún el uso de medidores de inducción de energía activa y reactiva. Para los medianos consumidores se instalan generalmente medidores electrónicos. Para los grandes consumidores, a fin de facilitar la tarea de medición y control, el medidor permite además la supervisión a distancia vía módem (en muchas marcas incorporado al medidor).

### 3 Ensayo de medidores

- Las reglamentaciones vigentes exigen a las Empresas Distribuidoras una supervisión periódica de los medidores de energía, por lo que éstas deben contar con sistemas de ensayo, en laboratorio o *in situ*, para realizar el contraste de medidores, es decir, determinar el error respecto a un medidor patrón.
- Para tal fin se han desarrollado sistemas rápidos y confiables, utilizando procesos digitales automatizados.

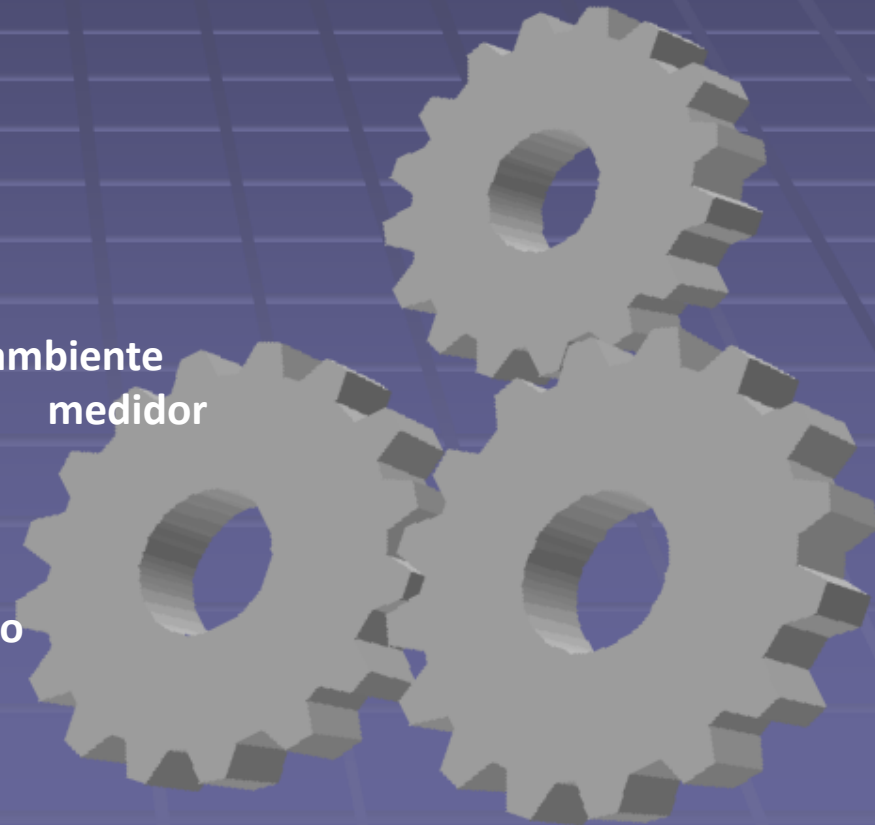
#### 3.1 Tipos de ensayos

- La recepción de una partida de nuevos medidores debe cumplir con una verificación de su estado. Se utilizan técnicas de muestreo por lotes, basada en reglas estadísticas, para dar ciertas pautas a fin de elegir los medidores a controlar.



Se define como *tipo de un medidor*, a aquellos medidores de igual característica de fabricación. La serie de ensayos a realizar para la verificación de tipo son:

- Rigidez dieléctrica a frecuencia industrial y con onda de impulso
- Marcha en vacío
- Arranque
- Verificación de la constante
- Influencia de la variación de la corriente
- Influencia de la variación de la tensión
- Influencia de la variación de la frecuencia
- Influencia de la variación de la temperatura ambiente
- Influencia de la variación de la posición del medidor
- Influencia de campos magnéticos externos
- Influencia del rozamiento del numerador
- Verificación de la estabilidad con baja carga
- Verificación del efecto de auto-calentamiento
- Verificación de márgenes de ajuste
- Perdida de circuito de corriente
- Perdida de circuito de tensión
- Índice de calidad

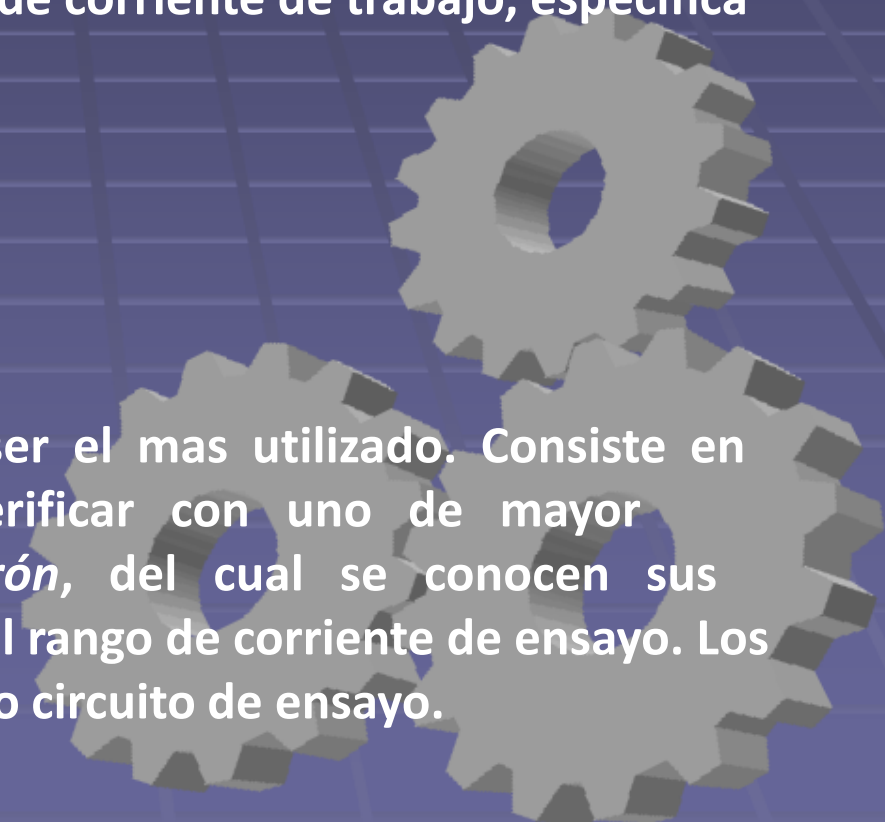


- **3.2 Métodos de ensayos**
- La Norma 2413, en lo referente a métodos de ensayos de medidores para determinar su error en el rango de corriente de trabajo, especifica dos formas de realizar los mismos:

**Método potencia - tiempo**

**Método del medidor patrón**

- Se describe el segundo método por ser el mas utilizado. Consiste en comparar (contrastar) el medidor a verificar con uno de mayor precisión, denominado *medidor patrón*, del cual se conocen sus curvas características de error en todo el rango de corriente de ensayo. Los dos medidores se conectan en un mismo circuito de ensayo.



- La norma determina las características de las fuentes de alimentación y de los valores de corriente y tensión.:
  1. La variación de la frecuencia no debe exceder del  $\pm 0.5\%$
  2. La tensión y corrientes deben ser del tipo senoidal
  3. Las variaciones de la tensión y corriente no deben exceder del  $\pm 2\%$
  4. El ensayo se realiza a tensión nominal. Los valores normalizados son 63.5, 110 y 380 V para los medidores trifásicos y 220 V para los medidores monofásicos.
  5. Los valores de la corriente, en porcentaje de la corriente nominal del medidor a ensayar, son 5, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500 y 600 % $I_n$ .
  6. El factor de potencia varía de acuerdo al tipo de medidor. Para medidor monofásico, 0,5 ind y 1. Para medidor trifásico, 0,25 ind, 0,5 ind, 1, 0,8 cap y 0,5 cap.

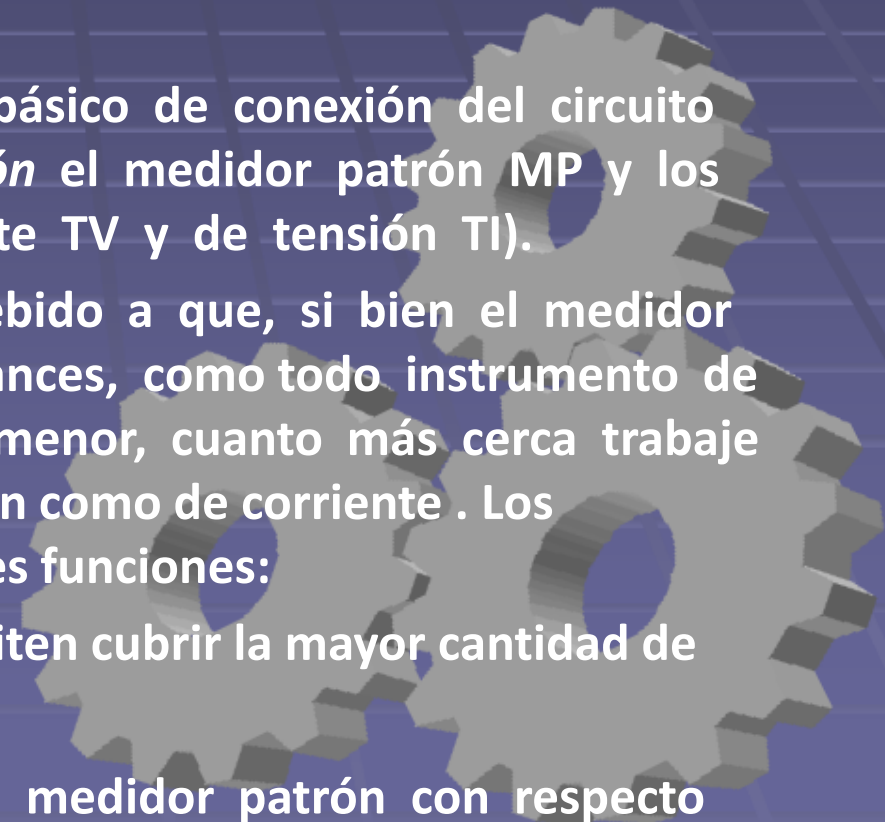
Nota : los ensayos para medidores trifásicos se realizan con carga equilibrada

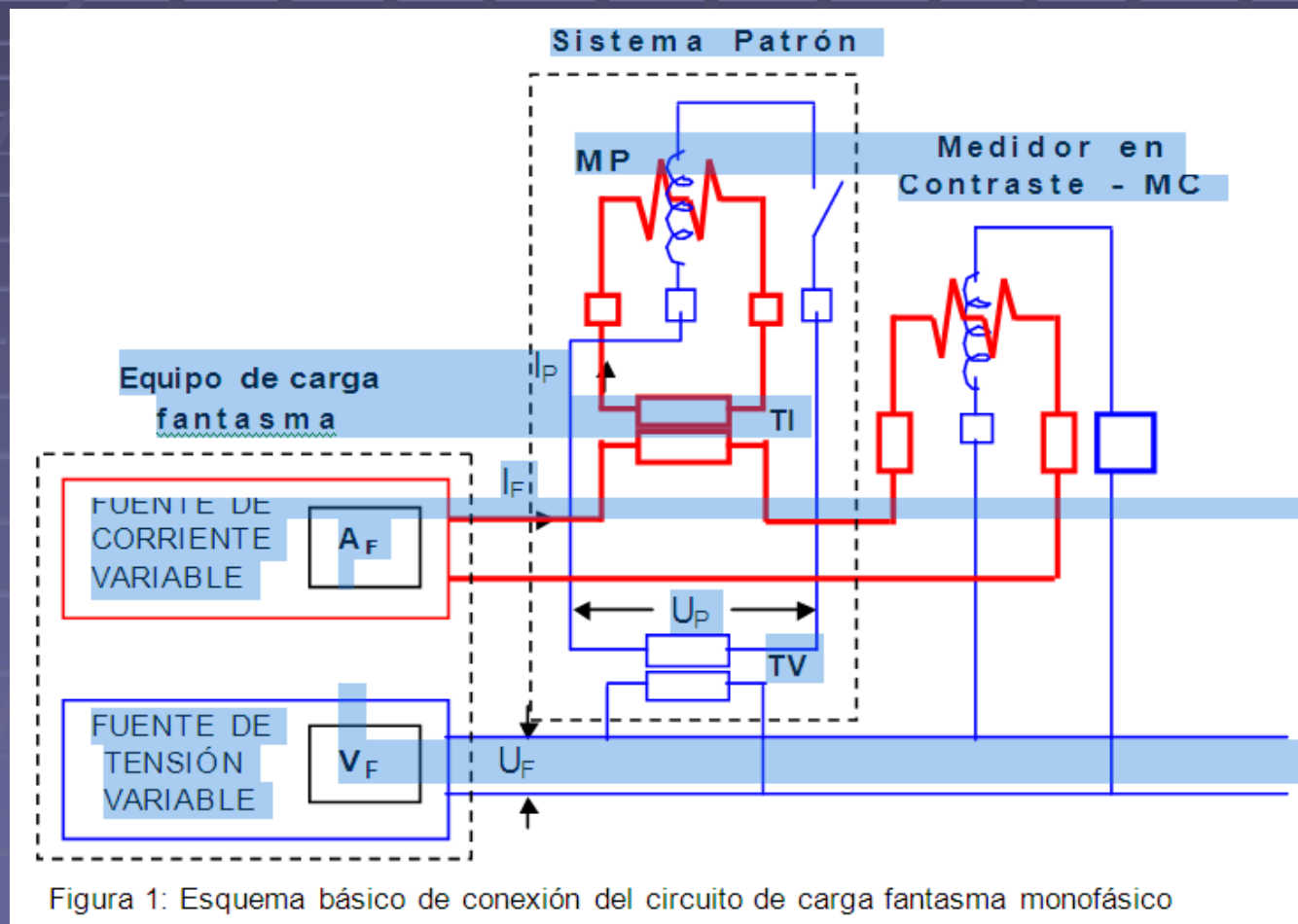
### 3.3 Equipos para los ensayos

INGENIERIA MECANICA

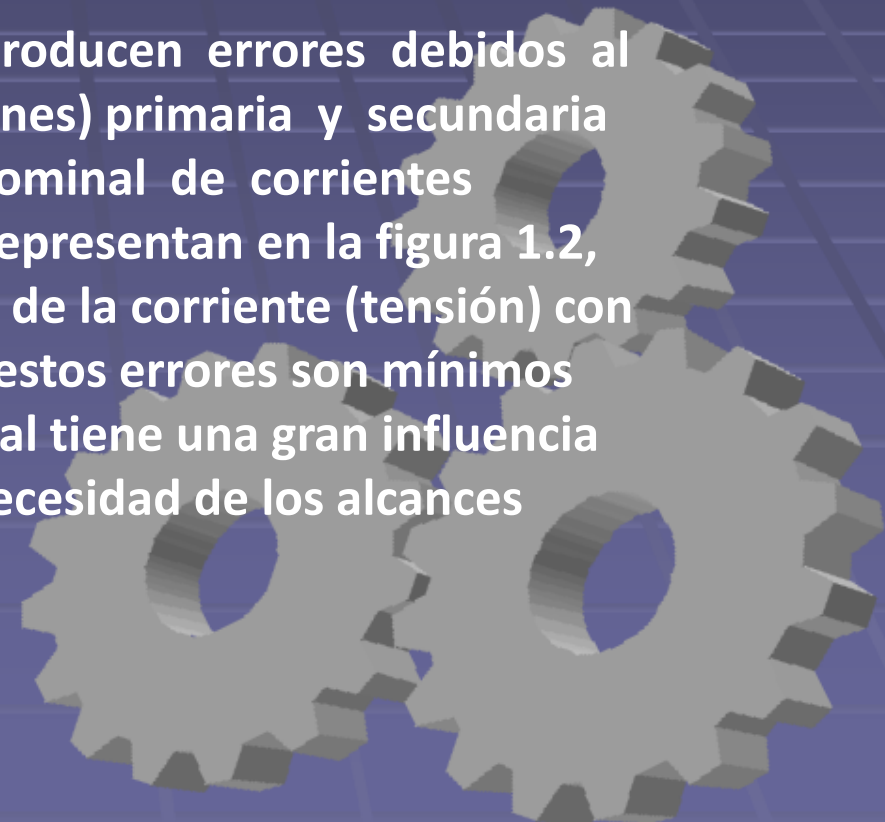
UNIV. JORGE BASADRE GROHMANN

- Normalmente el sistema de alimentación está conformado por un TACNA equipo de *carga fantasma o ficticia*, donde las bobinas voltimétricas de ambos medidores se alimentan en forma independiente de las amperométricas con sendas fuentes variables. De esta forma se pueden obtener valores nominales de tensión y cualquier de corriente sin tener que desarrollar las potencias reales.
- En la figura 1 se muestra el esquema básico de conexión del circuito donde se incluye en el *sistema de patrón* el medidor patrón MP y los transformadores de medida (de corriente TV y de tensión TI).  
Se necesita emplear transformadores debido a que, si bien el medidor patrón está conformado con varios alcances, como todo instrumento de medida acusa un valor de error tanto menor, cuanto más cerca trabaje de sus valores nominales tanto de tensión como de corriente. Los transformadores cumplen así las siguientes funciones:
  1. Los TI - de alcances múltiples - permiten cubrir la mayor cantidad de valores de corriente de ensayo
  2. Los TV uniforman las entradas del medidor patrón con respecto a los valores nominales de los medidores ensayados.





- Los transformadores de medida introducen errores debidos al desfase entre las corrientes (tensiones) primaria y secundaria y el apartamiento de la relación nominal de corrientes (tensiones). Ambas variaciones se representan en la figura 1.2, en función de la variación porcentual de la corriente (tensión) con respecto al valor nominal. También estos errores son mínimos para las condiciones nominales, lo cual tiene una gran influencia en el caso de la corriente. De allí la necesidad de los alcances múltiples en los TI.



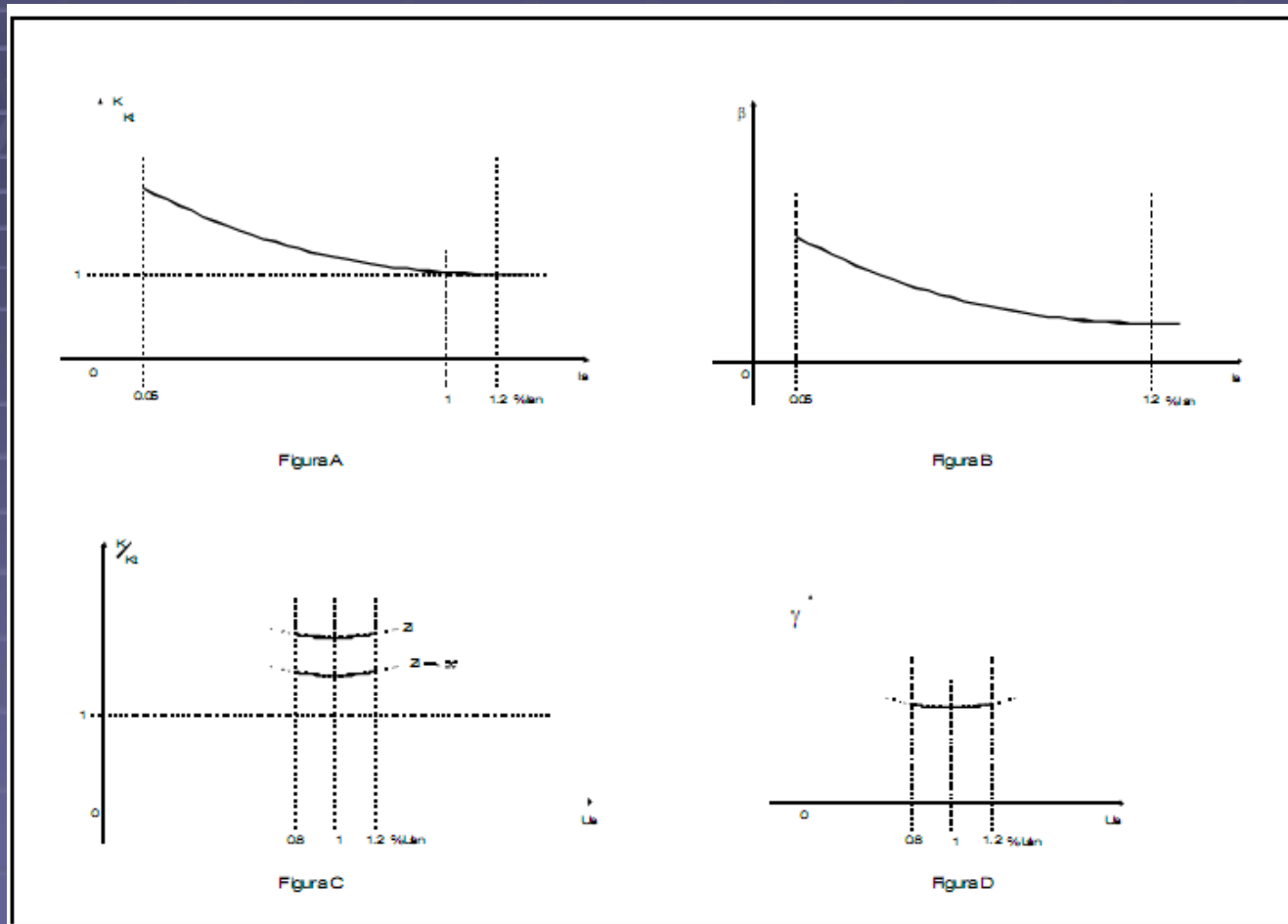
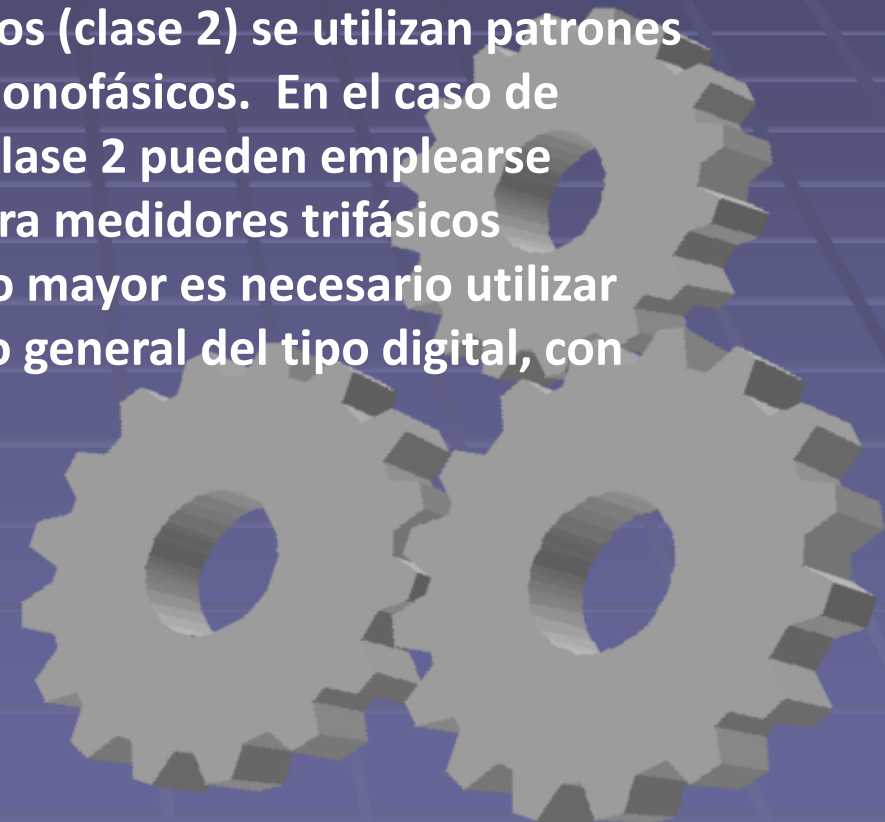


Figura 1.2:Curvas de error de transformadores de medida  
TI: Fig.A de relación, Fig.B de fase / TV: Fig.C de relación - Fig.D de fase

El tipo de medidor patrón a utilizar (e intrínsecamente su clase o índice de exactitud) depende del medidor a ensayar. Para medidores de inducción monofásicos (clase 2) se utilizan patrones de inducción o digitales clase 0,5 monofásicos. En el caso de medidores trifásicos de inducción clase 2 pueden emplearse patrones de inducción clase 0,5. Para medidores trifásicos digitales o de inducción de clase 1 o mayor es necesario utilizar patrones de mayor precisión, por lo general del tipo digital, con una exactitud del 0,05%.



## 3 Determinación del error

INGENIERIA MECANICA

UNIV. JORGE BASADRE GROHMANN

TACNA

### 3.1 Análisis básico

Se realiza en este punto un análisis básico conducente a obtener expresiones que permitan calcular el error de indicación de un medidor contrastándolo con un sistema patrón. En primera instancia, entonces, no se pondrá en evidencia la influencia de los errores de los componentes (TVs, TIs y MP) de dicho sistema.

El error de medida se obtiene relacionando la energía contabilizada por el medidor contrastado, con respecto al valor considerado como “verdadero” (valor medido por el sistema patrón corregido por todos los factores de error):

$$e\% = \frac{E_C - E_F}{E_F} \cdot 100 = \left( \frac{E_C}{E_F} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1)$$

donde:

EC: energía medida por el medidor en contraste en [KWh]

EF: energía medida, o “valor verdadero”, por el sistema patrón en [KWh]

e % error porcentual

En el análisis básico no se considerarán transformadores de medidas ni se tendrá en cuenta el error intrínseco del medidor patrón. Se toma así  $E = EP$ . Las energías (ficticias) medidas durante el ensayo, se contabilizan de la siguiente manera:

1. En los medidores de inducción (patrón y a contrastar): midiendo el *número de revoluciones*  $N$  del disco. Se computa una cantidad entera para el medidor a contrastar y una cantidad entera y fracción para el medidor patrón. La relación entre las revoluciones y la energía viene dada por la *constante del medidor* y ésta puede expresarse de dos maneras:  $C$  en [rev/KWh] ó  $K$  en [KWh/rev]. La constante figura en la placa frontal del medidor a ensayar (normalmente dada como  $C$ ). En el caso del medidor patrón se define una constante para cada alcance. La energía se calcula entonces por:

$$E[\text{KWh}] = N[\text{rev}] / C[\text{rev/KWh}] \quad (2)$$

2. En los medidores digitales: midiendo el *número de pulsos* emitido por el conversor en el caso del MP y el “*número de revoluciones*”  $N$ , representado por medio de una marca titilante, en el caso del MC. La constante básica  $K$  del medidor se expresa en [Wh/pulso]. En el MC se indica además  $P/R$ [pulsos/rev], lo que permite determinar una constante  $C[\text{rev/KWh}] = 1000.[\text{Wh/KWh}]/(K[\text{Wh/pulso}].P/R[\text{pulsos/rev}])$ . Las energías se calculan para cada medidor como:

patrón  $E[\text{KWh}] = P[\text{pulsos}].K[\text{Wh/pulso}].10^{-3}[\text{KW/W}] \quad (3)$

a contrastar  $E[\text{Kwh}] = N[\text{rev}] / C[\text{rev/KWh}] \quad (3')$

### 3.1.1 Contraste con medidor patrón analógico (de inducción):

Reemplazando la relación (2) en la ecuación (1):

$$e\% = \left( \frac{N_c \cdot C_p}{N_p \cdot C_c} - 1 \right) \cdot 100 \quad (4)$$

Donde:

NC n° de vueltas enteras dadas por el medidor en contraste (1).

NP n° de vueltas enteras y fracción dadas por el medidor patrón (2).

CC constante del medidor en contraste

CP constante del medidor patrón, para el alcance utilizado

e % error porcentual

(1). se contabilizan mediante el paso de una marca ubicada en el borde del disco

(2). la lectura se efectúa sobre una escala circular (reloj) dividida generalmente en 100 divisiones, computándose además las vueltas (unidades y decenas) en relojes adicionales.

### 3.1.2 Contraste con medidor patrón digital:

Reemplazando (3) y (3') en la ecuación (1):

$$e\% = \left( \frac{1000 \cdot N_C}{P_p \cdot K_p \cdot C_C} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1.5)$$

- donde:

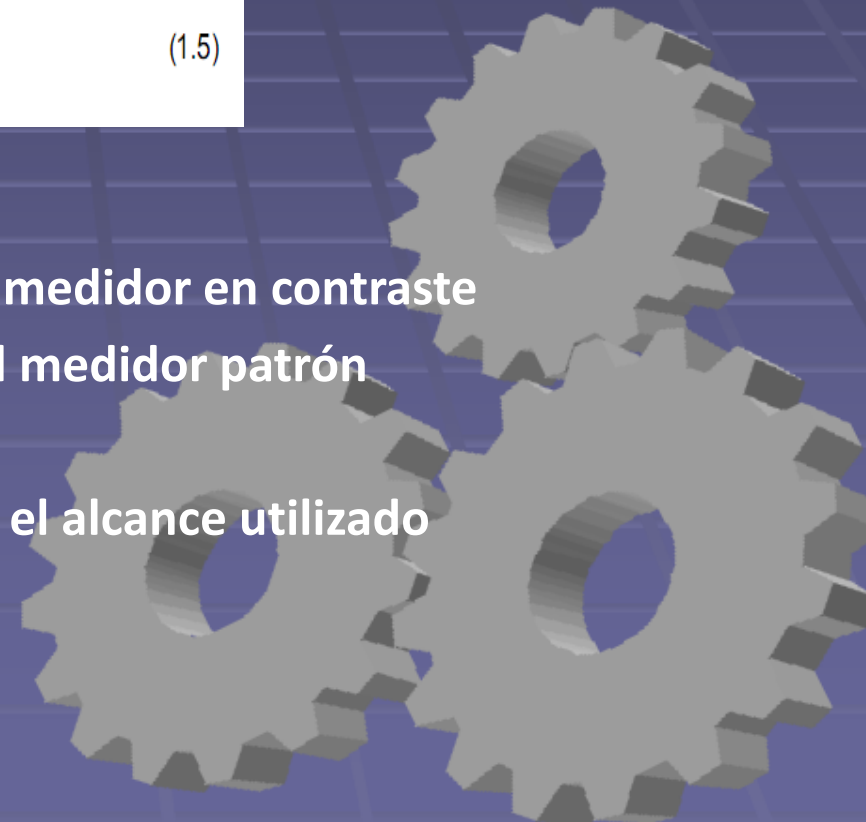
NC n° de vueltas enteras dadas por el medidor en contraste

PP n° de pulsos enteros emitidos por el medidor patrón

CC constante del medidor en contraste

KP constante del medidor patrón, para el alcance utilizado

e% error porcentual





- **3.2 Cálculo del error considerando los errores sistemáticos del sistema**

Si se quiere incluir en el cálculo del error de contraste la influencia de los errores del medidor patrón y de los transformadores de medida es necesario reformular las ecuaciones (4) y (5).

Para determinar el grado de incidencia de cada componente del sistema patrón, considérese la ecuación de la energía medida por él (figura 1):

$$EF = UF \cdot IF \cdot \cos j_f \cdot Dt \quad (6)$$

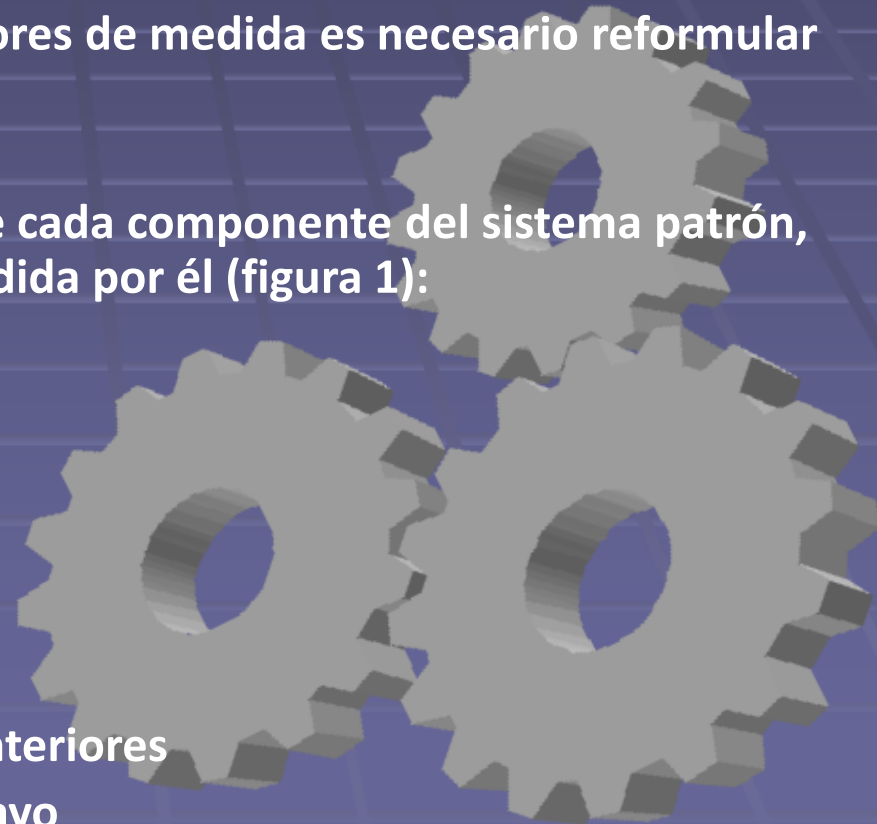
con:

UF    tensión del circuito de ensayo

IF    corriente del circuito de ensayo

Jf    desfase entre tensión y corriente anteriores

Dt    tiempo transcurrido durante el ensayo



INGENIERIA MECANICA  
UNIV. JORGE BASADRE GROHMANN  
TACNA



¡GRACIAS!

[esmc@unjbg.edu.pe](mailto:esmc@unjbg.edu.pe)  
[jaguilarr@unjbg.edu.pe](mailto:jaguilarr@unjbg.edu.pe)

