



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# CALIDAD DE PRECISIÓN DE LA MEDIDA EN MEDIDORES ELECTROMECAÑICOS: CASO ELECTRONOROESTE S. A

Henry Plasencia Saavedra

Piura, 01 de Abril de 2003

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Abril 2003



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**“Calidad de precisión de la medida en medidores electromecánicos: caso  
ELECTRONOROESTE S.A.”**

**Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico Eléctrico**

**HENRY PLASENCIA SAAVEDRA**

Piura, Marzo 2003

**A mi esposa , hijo ,  
padres Víctor, Delia,  
suegros Isabel, Marco.  
Y Tíos Rogel, Osilia e Hilda**

## **PROLOGO**

La precisión de medida de la energía que se factura es un rubro considerado por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), dentro de la *calidad de servicio comercial*.

La precisión de medida de la energía interesa tanto a la empresa distribuidora/comercializadora de energía eléctrica como al usuario (el cliente); al primero por un tema de gestión de la eficiencia, y al segundo por una justa tasación en el negocio eléctrico.

El presente trabajo tiene por finalidad mostrar como Electronoroeste S.A. empresa distribuidora/comercializadora de energía de Piura y Tumbes, ha elaborado y aplicado una estrategia de control de precisión de los medidores electromecánicos de energía clase 2 correspondientes a la demanda domestica. (régimen tarifario BT5R, BT5). Se muestra, asimismo, los resultados obtenidos.

## **RESUMEN**

Hasta Junio del 2001, en ELECTRONOROESTE S.A. , el indicador de calidad de la precisión de la medida de la energía facturada a los clientes domiciliarios, 26%, superaba enormemente el límite tolerable admitido por la NTCSE, 5%.

Esta situación debería significar un doble perjuicio a dicha empresa distribuidora, por un lado el pago de la multa correspondiente por la mala calidad y por otro la incertidumbre del valor de las pérdidas de energía.

Era necesario revertir esta situación y se diseñó y aplicó una estrategia capaz de superar tal problemática

Estas medidas tomaron como base la normatividad sobre metodología existente en el Perú y que es considerada en la NTCSE y también las experiencias de la empresa y el esfuerzo del autor.

Los resultados alcanzados verifican la bondad de la aplicación

# INDICE

## INTRODUCCIÓN.

### CAPITULO I

#### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR ELECTROMECAÁNICO

I.1	Instrumento de Campo Errante.	1
I.2	Ecuación de Escala.	2
I.3	Efecto del Imán de Freno en el Disco.	4
I.4	Contador de Inducción.	5

### CAPITULO II

#### NORMATIVIDAD PERÍODO 1997 – 2002.

II.1	Norma Metrológica Peruana NMP006 (Febrero 97).	11
II.2	Resolución directorial N° 311-97-EM/DGE (Noviembre 97).	16
II.3	Norma Metrológica Peruana NMP007 (Enero 98).	18
II.4	Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos ( Octubre 1997).	20

### CAPITULO III

#### SITUACIÓN ENCONTRADA EN ELECTRONOROESTE S.A. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA.

III.1	Problemática encontrada	22
III.2	Estrategia de solución	22
III.3	Procedimiento	23
	III-3-1 Procedimiento en campo	23
	III-3-2 Procedimiento de laboratorio	34
III.4	Estrategia de control	39
III.5	Resultados de la aplicación de la estrategia	43

## **CAPITULO IV**

### **ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA MAGNITUD DEL ERROR EN LOS MEDIDORES ELECTROMECA'NICOS. VERIFICACI'ON EXPERIMENTAL EN MEDIDORES DE COM'UN EMPLEO EN ELECTRONOROESTE S.A**

IV.1	Influencia de la Corriente y la Tensi'on	44
IV.2	Influencia en el Transporte	52
IV.3	Influencia en la Instalaci'on	53
 <b>CONCLUSIONES.</b>		 57
 <b>BIBLIOGRAFIA</b>		 59
 <b>ANEXO</b>		
A		60
B		63
C		65
D		67

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo denominado “Calidad de precisión de la medida en medidores electromecánicos : caso ELECTRONOROESTE S.A.” se ha dividido en cuatro capítulos:

En el capítulo I se describe el principio de funcionamiento de los medidores electromecánicos, sus principales componentes y los factores que influyen en la precisión de la medida.

La evolución de la normatividad relacionada con la medición de la energía eléctrica en el periodo 1978 al 2002, es presentado en el capítulo II.

En el capítulo III se describe el problema de precisión de la medida encontrado en ELECTRONOROESTE S.A., la estrategia de solución, procedimientos de aplicación y resultados.

En el capítulo IV se analizan los diferentes factores que influyen en la magnitud del error de los medidores electromecánicos.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

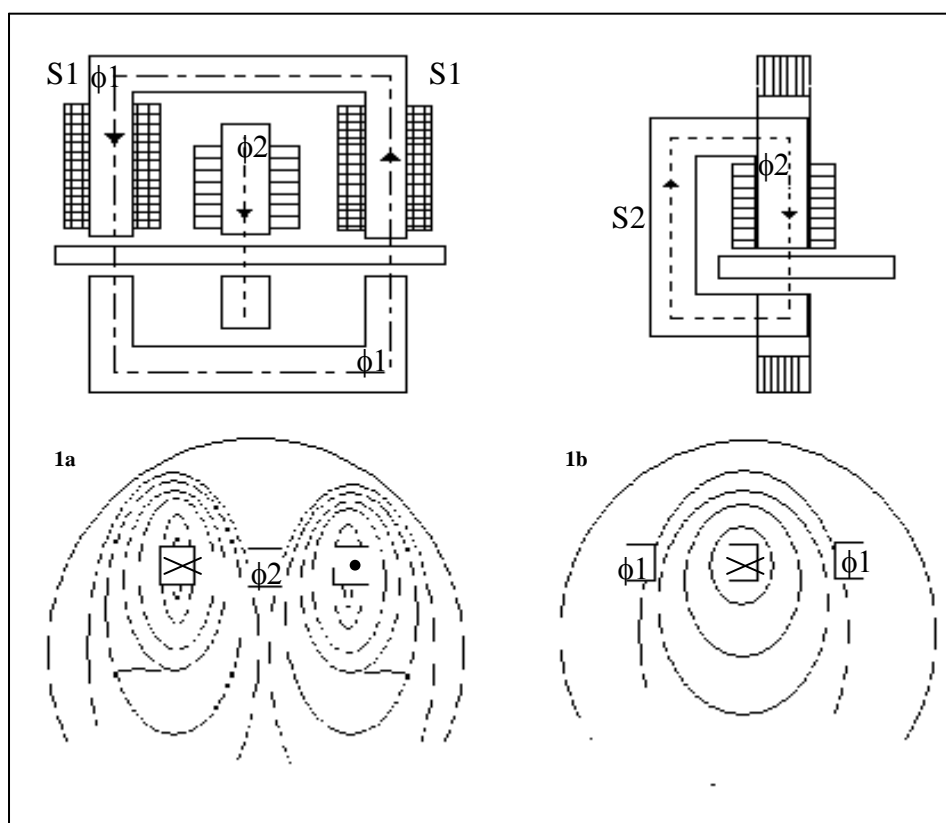
## Capítulo I

### FUNCIONAMIENTO DE UN MEDIDOR ELECTROMECAÁNICO

#### I.1. Instrumento de Campo Errante

Se denomina campo errante aquel que entre los polos de electroimanes alimentados con corriente alterna puede girar un disco de aluminio (figura 01-I).

Los campos alternos de los electroimanes fijos atraviesan el disco conductor de aluminio e inducen en él mismo corrientes de Foucault. Cuando el desfase entre los dos flujos es de  $90^\circ$  en el tiempo, como en la figura 01-I, se presenta un campo errante. Los campos y las corrientes de Foucault, inducidas, producen las fuerzas y momentos; éstos hacen girar el disco conductor de aluminio hasta el momento antagónico mecánico.



**Figura 01-I:** Campo errante. Las corrientes motrices que actúan en el disco de aluminio son producidas en a, por medio de S1, y en b, por medio de S2

## I.2 Ecuación de la Escala.

Sean  $\phi_{t_1}$  y  $\phi_{t_2}$  los valores instantáneos de los campos alternos de los carretes, y  $\phi_{m_1}$  y  $\phi_{m_2}$  sean sus valores máximos correspondientes, supongamos que las corrientes alternas sinusoidales que los producen, presenten un desfase  $\beta$ . Se tiene

$$\phi_{t_1} = \phi_{m_1} \text{sen } \omega t$$

y

$$\phi_{t_2} = \phi_{m_2} \text{sen}(\omega t + \beta)$$

Estos campos inducen en el disco de aluminio o en el tambor de aluminio fuerzas electromotrices  $e_1$  o  $e_2$ , que representan un retraso de  $90^\circ$  respecto a los campos

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi_{t_1}}{dt} = -N_1 \frac{d}{dt}(\phi_{m_1} \text{sen } \omega t) = -N_1 \omega \phi_{m_1} \cos \omega t$$

$$K_1 \omega \phi_{m_1} \cos \omega t$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi_{t_2}}{dt} = -N_2 \omega \phi_{m_2} \cos(\omega t + \beta) = K_2 \omega \phi_{m_2} \cos(\omega t + \beta)$$

Si se desprecian las inductancias de las trayectorias seguidas por la corriente en el aluminio, en comparación con las resistencias óhmicas de las mismas, las corrientes desviadoras inducidas son proporcionales a las fuerzas electromotrices y coinciden con estas en fase:

$$i_1 = K_3 \omega \phi_{m_1} \cos(\omega t) \quad \text{o bien} \quad i_2 = K_4 \omega \phi_{m_2} \cos(\omega t + \beta)$$

Las fuerzas determinadas por estas corrientes con los campos productores de las mismas, son nulas, pues entre ambos hay un desfase de  $90^\circ$ . Las corrientes desviadoras, sin embargo, se extienden también por debajo de los polos vecinos. En la figura 01-I vemos el curso seguido en el dispositivo de disco, que es el que se utiliza casi siempre.

El flujo  $\phi_2$  de  $S_2$ , al actuar sobre la corriente de intensidad  $i_1$  debida a  $S_1$  (figura 01 a-I), produce una fuerza con los valores instantáneos:

$$\begin{aligned} Ft_1 &= K_7 i_1 \phi_2 = K_7 K_3 \omega \phi_{m_1} \cos \omega t \phi_{m_2} \text{sen}(\omega t + \beta) = \\ &= K_8 \omega \phi_{m_1} \phi_{m_2} \cos \omega t \text{sen}(\omega t + \beta); \end{aligned}$$

y su valor medio, correspondiente al periodo completo, está expresado por

$$F_1 = \frac{1}{T} K_8 \omega \phi m_1 \phi m_2 \int_0^T \text{sen}(\omega t + \beta) \cos(\omega t) dt$$

Pero:

$$\text{Sen}(\omega t + \beta) \cos(\omega t) = \frac{1}{2} [\text{sen}(2\omega t + \beta) + \text{sen}\beta]$$

y con ello,

$$F_1 = \frac{K_8 \omega}{2T} \phi m_1 \phi m_2 \int_0^T \text{sen}(\omega t + \beta) \cos(\omega t) dt$$

Además,

$$\int_0^T \text{Sen}(2\omega t + \beta) dt = \int_0^T [\text{Sen}2\omega t \text{sen}\beta + \cos 2\omega t \cos \beta] dt = 0$$

y

$$\int_0^T \text{Sen}\beta dt = \text{sen}\beta \int_0^T dt = T \text{sen}\beta$$

En conclusión:

$$F_1 = \frac{K_8 \omega}{2T} \phi m_1 \phi m_2 T \text{sen}\beta = K_8 \omega \frac{\phi m_1}{\sqrt{2}} \frac{\phi m_1}{\sqrt{2}} \text{sen}\beta = K_8 \omega \phi_1 \phi_2 \text{Sen}\beta,$$

en donde  $\phi_1$  y  $\phi_2$  significan los valores eficaces de los campos.

De mismo modo se calcula la fuerza media producida por  $\phi_1$  procedente de  $S_1$  al actuar sobre la corriente impulsora  $i_2$  de  $S_2$ , según la figura 01 b-I. Se obtiene:

$$F_2 = K_9 \omega \phi_1 \phi_2 \text{Sen}\beta$$

Los arrollamientos se conectan de modo que ambas fuerzas provoquen giros de mismo sentido:

$$F = F_1 + F_2 = k_8 \omega \phi_1 \phi_2 \text{sen}\beta + k_9 \omega \phi_1 \phi_2 \text{sen}\beta = k_{10} \omega \phi_1 \phi_2 \text{sen}\beta.$$

El momento eléctrico total, haciendo  $\omega = 2 \pi f$ , vale:

$$M_e = k_{11} f \phi_1 \phi_2 \text{sen}\beta \quad (1)$$

### I.3 Efecto del Imán de Freno en el Disco

**Momento eléctrico.** Es producido como en los instrumentos de carrete móvil, electrodinámicos o de inducción, estos transmiten al órgano móvil un movimiento de rotación.

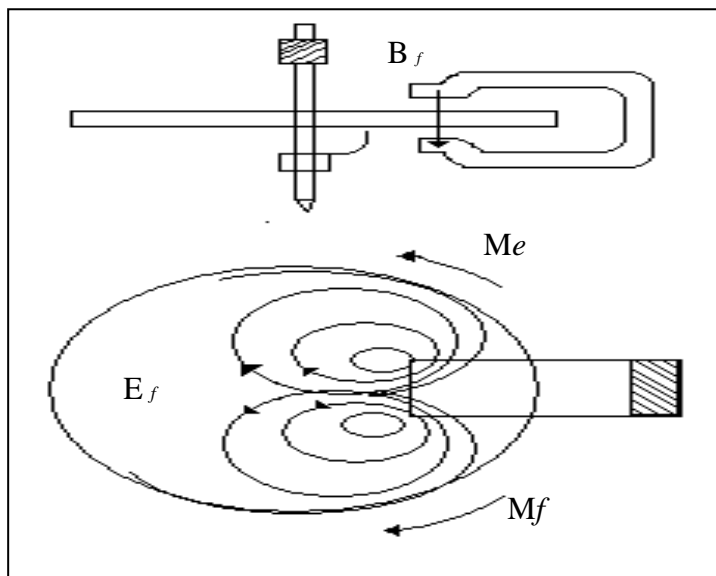
**Momento de freno.** Para que el número de vueltas sea proporcional a la energía que se trata de medir, estos contadores poseen un freno. Sobre el eje del órgano móvil hay un disco de freno, de aluminio, que gira en el campo de un imán permanente. Este imán es de acero al cobalto, laminado, o de acero alnico aglomerado (sinterizado) y tiene la forma de herradura (fig. 02-I).

Si el disco efectúa  $v$  vueltas en el tiempo  $t$  (velocidad de rotación)  $n = v/t$ , se inducen en él fuerzas electromotrices  $E_f$  proporcionales a  $n$  y a la inducción  $B_f$  del campo frenador. Se tiene:  $E_f = k_1 B_f n$ . Se engendran así corrientes de Foucault  $I_F$ , que son proporcionales a  $E_f$  a causa de la resistencia óhmica del disco.

$$I_F = k_2 E_f = k_3 B_f n$$

Las corrientes de Foucault, junto con el campo frenador, producen una fuerza electrodinámica que se opone a la impulsora del movimiento eléctrico  $M_e$  y que proporciona el momento frenador  $M_f$ .

$$\begin{aligned} M_f &= k_4 B_f I_F = k_4 B_f k_3 B_f n = \\ &= k_5 B_f^2 n = k_6 n \end{aligned} \quad (2)$$



**figura 02-I:** Imán de Freno

Por lo tanto,  $M_f$ , es proporcional a la velocidad de rotación, siempre que el número de revoluciones sea moderado. El momento eléctrico acelera el órgano móvil hasta que aquél y el momento frenador llegan a ser iguales. Entonces hay equilibrio dinámico, y el contador marcha con velocidad constante,

$$M_e = M_f = k_6 n \quad (3)$$

**Momento auxiliar.** Por rozamiento en los cojinetes, con el aire y el mecanismo contador se producen pérdidas. En los contadores provistos de colector hay, además, el rozamiento de las escobillas. El error correspondiente puede ser apreciable cuando el consumo es escaso. A fin de compensar las pérdidas por rozamiento, se utiliza un momento auxiliar obtenido tan sólo por el circuito de tensión y que, por lo tanto, es independiente del consumo y actúa incluso cuando en el circuito de corriente ésta es nula. El momento varía con el cuadrado de la tensión.

**Momento de sujeción.** El momento auxiliar supone el peligro de que el órgano móvil llegue a girar cuando la corriente es nula, en especial cuando se presentan vibraciones. A fin de impedir la marcha en vacío, se produce aún otro momento especial, el magnético, que sujeta el inducido en una posición determinada.

Con el eje de órgano móvil gira una banderita de alambre o de chapa de hierro, que pasa cerca del imán frenador (fig. 02-I), al ser atraída por él, sujeta el órgano móvil a la misma distancia. El momento de sujeción así obtenido es constante. A fin de que, cuando aumenta la tensión de sujeción, aumente proporcionalmente al cuadrado de aquélla, lo mismo que el momento auxiliar, se hace que la banderita se mueva frente a un núcleo de hierro o cerca de una lengüeta, que es imanada por medio de un carrete de tensión, fig 01-I. Al aumentar la tensión de la red hasta en un 20% de la nominal, no debe producirse marcha en vacío.

#### **I.4 Contador de Inducción**

**Contadores monofásicos.** En estos instrumentos los contadores los polos están uno al lado del otro, y el campo resultante se mueve como campo errante sobre el disco (fig. 03-I). Todo el sistema móvil consiste tan sólo en el disco inducido 7, el tornillo sin fin 4 y la bandera de sujeción 5. El carrete de tensión rodea el núcleo central del electroimán de tensión 2, y se fabrica para tensiones que llegan a 600 V como máximo. De ordinario, los carretes de intensidad están destinados a recibir de 5 a 30 A (excepcionalmente, hasta 200 A). Para corrientes y tensiones mayores se utilizan transformadores de intensidad y de tensión.

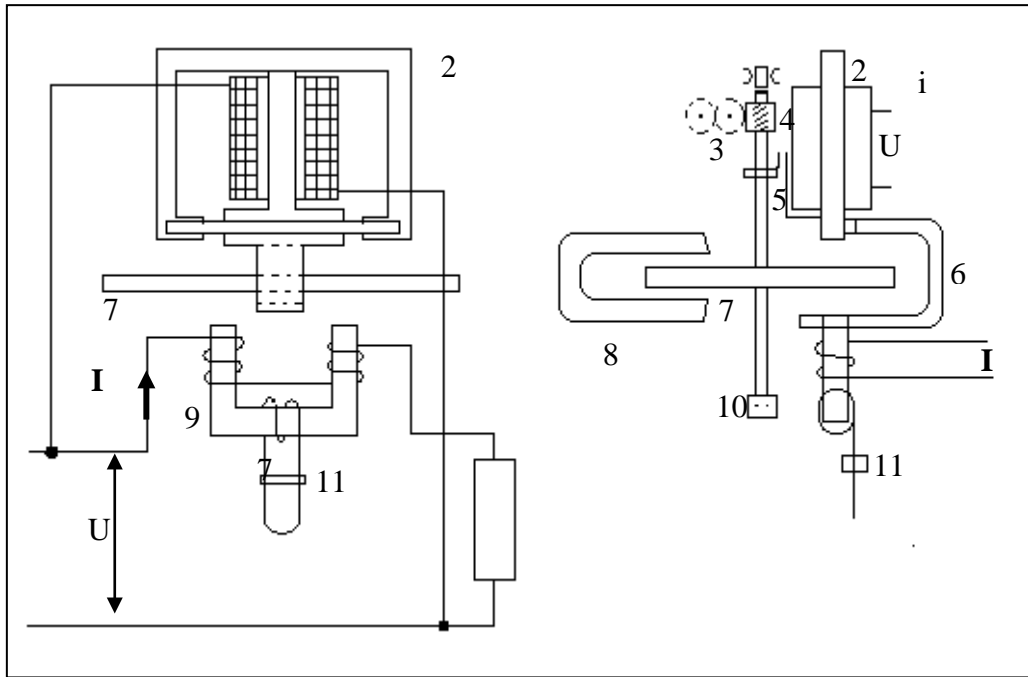


Figura 03-I Contador electromecánico

**Funcionamiento.** Los campos alternos  $\phi_1$  y  $\phi_2$  (producidos por las corrientes alternas en los carretes de intensidad y de tensión), junto con las corrientes de Foucault inducidas en el disco, producen, según (1), un momento:

$$M_e = k_1 \omega \phi_1 \phi_2 \sin \beta$$

Para un desfase exterior  $\varphi$  entre la corriente y la tensión, la potencia activa es  $IU \cos \varphi$ , que debe ser proporcional al momento impulsor; para ello es preciso que  $\phi_1$  sea proporcional a  $I_1$ , que  $\phi_2$  lo sea a  $U$  y que el producto de  $\frac{1}{\omega}$  por el seno del ángulo  $\beta$  entre los campos sea igual a  $\cos \varphi$ . Las dos primeras condiciones se cumplen de modo suficiente exacto en el caso de inducciones en el hierro, que correspondan a puntos de la curva de imanación situados por debajo de codo de saturación. Si el ángulo  $\phi_1 / I$  es apropiadamente nulo, y el ángulo  $\phi_2 / U$  es igual a  $\sigma$ , entonces es  $\beta = \sigma - \varphi$ . La tercera condición solamente se cumple cuando es  $\sigma = 90^\circ$  respecto a esta última.

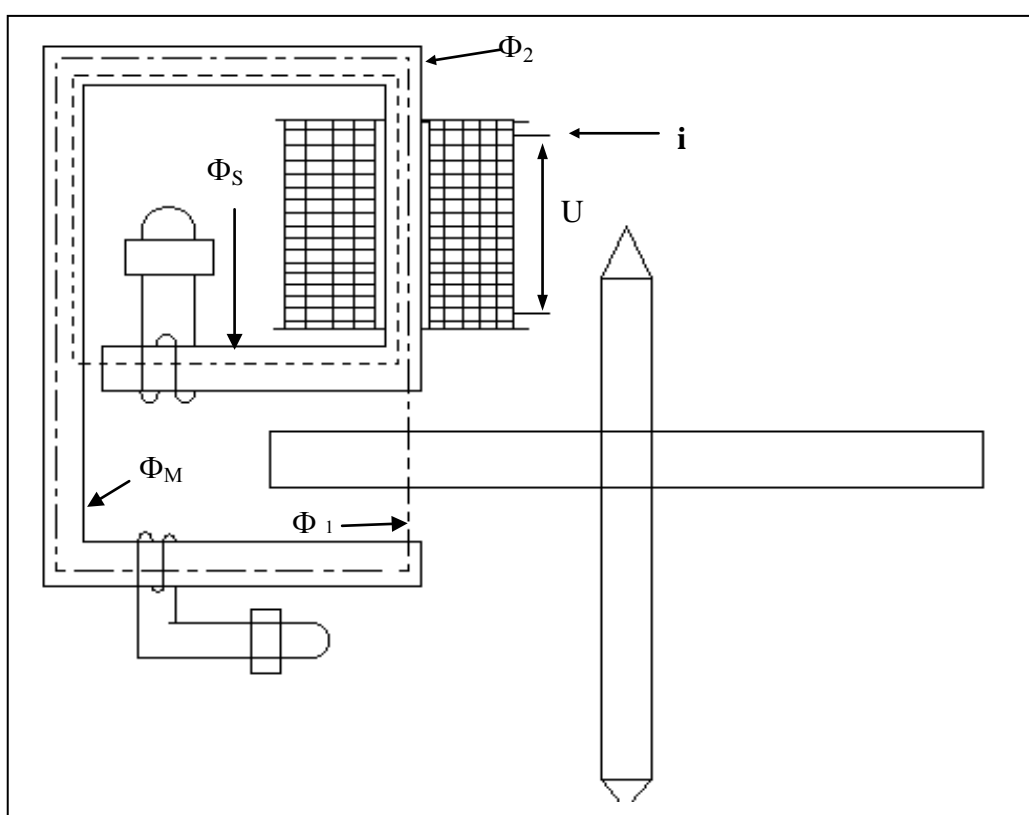
Este momento acelera el disco del rotor hasta que es igualado por el momento de freno. Entonces, según (2) y (3), se tiene:

$$UI \cos \varphi = k_6 n = k_6 \frac{u}{t} \quad \text{y} \quad W = UI t \cos \varphi = k u \quad (4)$$

El número de revoluciones es proporcional a la energía activa.

**Medición de Carga no Resistiva.** El flujo de la intensidad  $\phi_1$ , a causa de las pérdidas en el hierro y de las corrientes inducidas en el disco, presenta respecto de  $I$  un pequeño retraso angular  $\alpha$ . De ahí que el ángulo  $\sigma$  ha de superar en  $\alpha$  al de  $90^\circ$ . Si  $\varphi = 0$ , es  $\beta = 90^\circ$ , y para cualquier valor de  $\varphi$  se obtiene:  $\beta = 90 - \varphi$  y  $\sigma = \varphi + \alpha + \beta = \varphi + \alpha + 90 = \varphi + 90 + \alpha$ . Se obtiene un ángulo superior a  $90^\circ$  mediante la inductancia de carrete de tensión y por medio de un shunt magnético, que puede realizarse en las formas más variadas.

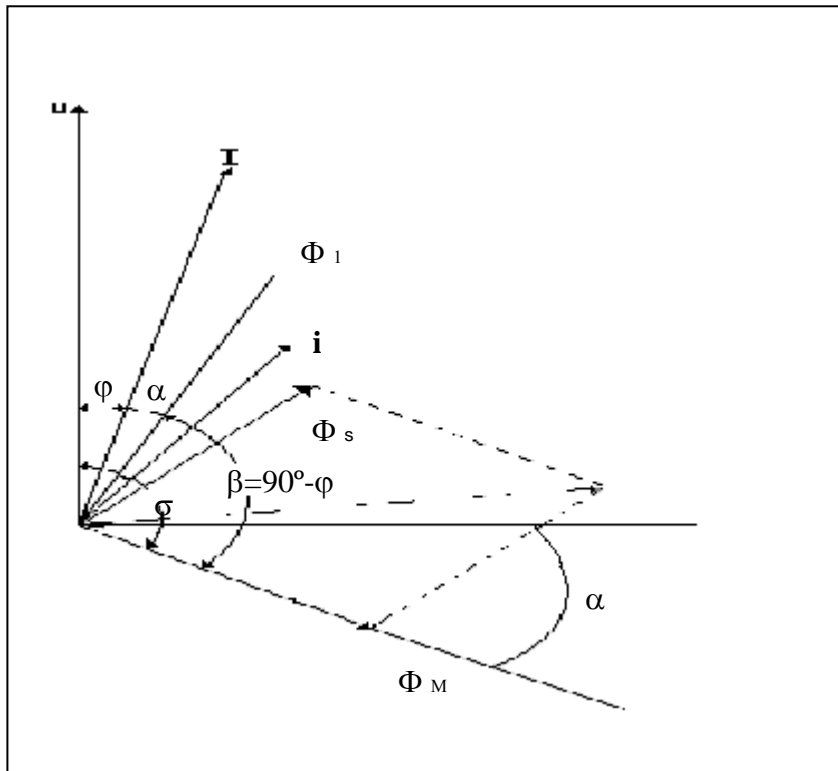
Los dos extremos del núcleo del electroimán de tensión (fig. 04-I) están prolongados en



**Figura 04** Shunt magnético con arrollamiento en corto circuito en A, o bien en B

ángulo recto. Por la rama superior corre el flujo disperso  $\phi_S$ ; por la inferior, y a través del disco, corre el flujo impulsor  $\phi_M$ . Ambos proporcionan el flujo de tensión total  $\phi_2$  (Fig. 05-I). A causa de las pérdidas en el cobre y en el hierro, la corriente del carrete de la bobina voltimétrica,  $i$ , presenta respecto a la tensión un retardo de fase menor que  $90^\circ$ . Las pérdidas en el hierro provocan en el flujo disperso muy poco retraso respecto a  $i$ ; en cambio, el retraso del flujo impulsor respecto a  $i$  es mayor, a causa de las pérdidas en el hierro y de la corriente inducida en el disco. Si es necesario, puede aumentarse el corrimiento

mediante las corrientes que circulan en algunos arrollamientos en corto circuito, que pueden regularse por medio de contactos móviles. Si se ponen los arrollamientos en corto circuito sobre el núcleo de shunt como en *A*, el ángulo  $i/\phi_s$  aumenta, y el ángulo  $\sigma$  disminuye; en cambio, si se ponen en *B*, sobre el núcleo del flujo de impulsión, aumenta el ángulo  $i/\phi_M$  y, por tanto, aumenta  $\sigma$ .



**Figura 05-I** Diagrama vectorial de la conexión para la medición de la carga no resistiva

En la figura 03-I, la rama central del núcleo del electroimán de tensión está ensanchada por ambos lados en forma de martillo y dirige el flujo disperso hacia las ramas exteriores, por las que regresa. El flujo de impulsión pasa desde el núcleo central, a través del disco, a la pieza de retorno  $\delta$  del flujo y vuelve por las ramas exteriores. Las espiras en corto circuito también pueden estar en la rama transversal del núcleo de hierro de intensidad, con lo cual se puede aumentar el ángulo  $\alpha$  y ajustar el ángulo  $\sigma$  (fig. 05-I).

**Momento auxiliar.** Se consigue haciendo que uno de los polos sea simétrico al disco, por ejemplo, por medio de una hojuela de cobre, que se desliza hasta la mitad entre el núcleo de tensión y el disco del rotor, o bien por medio de una abrazadera en corto circuito en el extremo de dicho núcleo, que abrace sólo una parte de su sección o por medio de un tornillo o una bandera de hierro, que se colocan simétricamente en las cercanías del disco y del núcleo de tensión, y pueden ajustarse a la voluntad.

**Retención.** La marcha en vacío se evita ya sea mediante la bandera y el imán de retención o, mejor aún, mediante la bandera y la lengüeta 5 (fig. 03-I). Como esta última resulta imanada por el flujo disperso del núcleo de tensión, la retención aumenta con ésta.

**Propiedades.** Puesto que se trata de instrumentos de inducción, estos contadores solamente pueden utilizarse con corriente alterna. Son de construcción sencilla y se caracterizan por una gran solidez, tanto mecánica como eléctrica, pues al sistema móvil no se le suministra corriente alguna por órganos delicados. De ahí que, en la práctica, todos los contadores de C.A. empleados con frecuencias técnicas sean contadores de inducción.

**Influencias de la corriente y de la tensión.** Cuando el disco tiene velocidades grandes, se desarrollan acciones de freno adicionales debidas a la rotación del disco en el seno de los flujos impulsores debidos a la corriente y a la tensión. Se procura suprimir estos influjos mediante shunts magnéticos que ya resulten saturados con el consumo normal. Cuando las intensidades o las tensiones son mayores que las normales, una parte relativamente pequeña del flujo pasa por los shunts, es decir que los flujos impulsores aumentan más rápidamente que la corriente y la tensión. Además, al aumentar la tensión, el momento auxiliar aumenta con el cuadrado de la tensión. Este error puede también suprimirse en parte, mediante la derivación de flujo del núcleo de hierro de tensión.

**Influencia de la temperatura.** Al aumentar la temperatura, la resistencia del disco aumenta. Los momentos impulsor y de freno aumentan en la misma medida, y el número de vueltas no resulta directamente modificado. Pero, puesto que las intensidades de corriente del disco actúan sobre los flujos impulsores como amperios- espira antagónicos, al disminuir dichas corrientes, los flujos se hacen algo mayores. Además, al crecer la temperatura, el campo de los imanes de freno disminuye algo. También puede hacerse sentir la influencia de la temperatura sobre las bobinas de tensión y sobre los artificios de ajuste de la conexión a  $90^\circ$ .

La compensación de temperatura se realiza mediante un shunt magnético en el imán de freno o empleando aleaciones de níquel para una parte del hierro impulsor (ya que la permeabilidad de dichas aleaciones se reduce cuando aumenta la temperatura), y fabricando los arrollamientos en corto circuito con materiales influidos por la temperatura.

**Influencia de frecuencia.** Los contadores de inducción presentan una apreciable dependencia respecto de la frecuencia, que únicamente no se deja sentir cuando la conexión se efectúa en una red de frecuencia constante. Es decir, estos instrumentos sólo han de utilizarse para la frecuencia indicada.

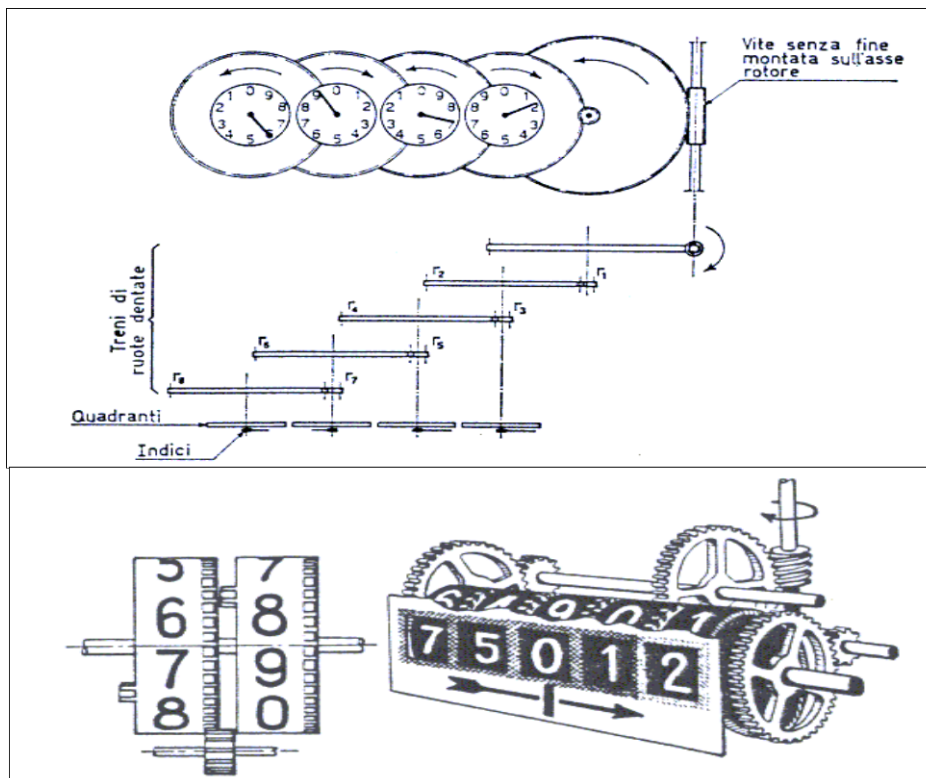
Aunque, el momento eléctrico sería independiente de la frecuencia, no obstante, cuando ésta varía, surgen errores debido a la reacción de las corrientes del disco (que dependen de la frecuencia) sobre los flujos impulsores, a la variación de la acción de freno de las corrientes del disco, a la variación de los ángulos entre los flujos impulsores y a la corriente o la tensión, y, con ello, del « desfase de  $90^\circ$  » de que se trató en lo que precede. Tales flujos no pueden compensarse del todo y, cuando los consumos son pequeños y el desfase exterior es grande, pueden provocar errores considerables.

**Registrador de rodillo.-** Elemento del contador que registra la energía o, más generalmente, el valor de la cantidad medida. Son de tipo ciclométrico, poseen 5 a 6 tambores ultralivianos de resina plástica montados sobre un soporte.

Su fijación al armazón es de tipo autoposicionante, gracias al sistema de fijación que no utiliza tornillos y que garantiza el correcto engrane entre el sinfín del eje del disco y la rueda de acople, con lo que evita la necesidad de ajuste de engrane del numerador.

Los ejes móviles son de reducido diámetro (0.6 mm) y elaborados en acero especial, y giran sobre bujes de plástico autolubricados. Las características de ambas piezas hacen que en los puntos de contacto el rozamiento sea casi despreciable.

Los engranajes de acople entre tambores son autoposicionantes y están elaborados, al igual que las ruedas de relación y de acople, en material plástico autolubricante. La relación de avance de estos tambores con respecto al último, contando de izquierda a derecha, el primero cada 1000 giros el segundo cada 100 giros el tercero cada 10 giros el cuarto cada 1. Todas las descripciones antes mencionadas pueden ser visualizadas en la figura 06-I



**Figura 06-I** Registrador de rodillo

## Capítulo II

### NORMATIVIDAD PERIODO 1997-2002

#### II.1 Norma Metrológica Peruana: NMP006 (Emitida Febrero 97).

Dentro de lo establecido por esta norma podemos resaltar:

##### II.1.1 Precisión.

*1. Condiciones bajo las cuales deben realizarse los ensayos.*

- a) El medidor debe tener su tapa colocada;
- b) En el caso de integradores de rodillo, sólo debe girar el rodillo de mayor velocidad;
- c) Antes de realizar cualquier ensayo, los circuitos de tensión deben ser alimentados como mínimo:
  - 4 h para medidores de clase 0.5;
  - 2 h para medidores de clase 1;
  - 1 h para medidores de clase 2;

Las corrientes de medición deben ser reguladas progresivamente a valores crecientes o decrecientes y los circuitos de corriente deben ser alimentados para cada valor durante un tiempo suficiente para obtener las condiciones de estabilidad térmica que correspondan a una velocidad de rotación creciente;

##### *2. Posición del medidor*

Es conveniente que la construcción y el montaje del medidor sean tales que se asegure la posición vertical correcta (en los dos planos verticales perpendiculares delante-detrás e izquierda-derecha) cuando:

- a) el zócalo del medidor esté apoyado contra una pared vertical, y
- b) una arista de referencia (como la arista inferior de la caja de bornes) o una línea de referencia marcada sobre la envolvente del medidor sea horizontal).

##### *3. El ensayo*

a) para un medidor *monofásico*, determinar primeramente los errores con el medidor conectado normalmente a la red y a continuación después de haber invertido las conexiones de los circuitos de corriente y de tensión. La mitad de la diferencia entre los dos errores es el valor de la variación del error. Debido a que la fase del campo exterior es desconocida, el ensayo debe realizarse a  $0.1 I_n$  con un factor de potencia igual a la unidad y a  $0.2 I_n$  con un factor de potencia igual a 0.5.

b) para un medidor *trifásico*, realizar tres mediciones a  $0.1 I_n$  con un factor de potencia igual a la unidad, después de cada medición las conexiones de los circuitos de corriente y tensión se permutarán  $120^\circ$  sin cambiar la secuencia de fases. La mayor de las diferencias entre cada uno de los errores determinados de esta manera y su promedio es el valor de la variación del error.

#### 4. Límites de los errores.

Cuando el medidor se encuentra en las condiciones nominales indicadas en 1., los errores, su porcentaje, no deben exceder los límites para la clase de precisión pertinentes, indicados en las tablas 01-II y 02-II

Valor de corriente	Factor de potencia	Límites de los errores en porcentaje para medidores de clase		
		0.5	1	2
$0.05 I_n$	1	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
De $0.1 I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$	1	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$
$0.1 I_n$	0.5 inductivo	$\pm 1.3$	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
	0.8 capacitivo	$\pm 1.3$	$\pm 1.5$	-
De $0.2 I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$	0.5 inductivo	$\pm 0.8$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$
	0.8 capacitivo	$\pm 0.8$	$\pm 1.0$	-
A solicitud especial del usuario: De $0.2 I_n$ a $I_n$	0.25 inductivo	$\pm 2.5$	$\pm 3.5$	-
	0.5 capacitivo	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$	-

**TABLA 01-II.-** Límites de los errores en porcentaje (medidores monofásicos y medidores polifásicos con cargas equilibradas).

#### 5. Influencia de la Temperatura ambiente

Se debe determinar el coeficiente medio de temperatura, para una temperatura dada, en un rango de  $20^\circ\text{C}$ , que se extienda desde  $10^\circ\text{C}$  por encima hasta  $10^\circ\text{C}$  por debajo de dicha temperatura. En ningún caso, la temperatura debe ser inferior a  $0^\circ\text{C}$  ó superior a  $40^\circ\text{C}$ .

En todos los casos, el coeficiente medio de temperatura debe ser determinado por lo menos para la temperatura nominal y no debe exceder los límites indicados en la tabla 02-II

La determinación del coeficiente medio de temperatura es la relación entre la variación del error porcentual y el cambio de temperatura que produce esa variación. Se expresa así :

$$C_t = \frac{e_f - e_i}{T_f - T_i}$$

$e_f$  = Error Porcentual del contador referente a las condiciones finales.

$e_i$  = Error Porcentual del contador referente a las condiciones iniciales.

$T_i$  = Temperatura en las condiciones iniciales.

$T_{fi}$  = Temperatura en las condiciones finales.

Valor de corriente	Factor de potencia	Coeficiente medio de temperatura (%/°C) para medidores de clase		
		0.5	1	2
De 0.1 $I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$	1	0.03	0.05	0.10
De 0.2 $I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$	0.5 inductivo	0.05	0.07	0.15

**TABLA 02-II.-** Coeficiente de temperatura.

#### 6. Otras magnitudes de influencia.

Desviación del valor de la magnitud de influencia con respecto a las condiciones nominales	Valor de corriente (cargas equilibradas, salvo que se indique lo contrario)	Factor de potencia	Límites de las variaciones de error en porcentaje para medidores de clase		
			0.5	1	2
Posición oblicua	0.05 $I_n$ $I_n$ y $I_{m\acute{a}x}$	1	1.5	2.0	3.0
		1	0.3	0.4	0.5
Tensión $\pm 10\%$	0.1 $I_n$ 0.5 $I_{m\acute{a}x}$ 0.5 $I_{m\acute{a}x}$	1	0.8	1.0	1.5
		1	0.5	0.7	1.0
		0.5 inductivo	0.7	1.0	1.5
Frecuencia $\pm 5\%$	0.1 $I_n$ 0.5 $I_{m\acute{a}x}$ 0.5 $I_{m\acute{a}x}$	1	0.7	1.0	1.5
		1	0.6	0.8	1.3
		0.5 inductivo	0.8	1.0	1.5
Inducción magnética de origen externo 0.5 mT (1)	$I_n$	1	1.5	2.0	3.0
Forma de onda: 10% de la tercera armónica de la corriente (2)	$I_n$	1	0.5	0.6	0.8

Orden inverso de fases	De $0.5 I_n$ a $I_{m\acute{a}x}$ $0.5 I_n$ (carga monofásica)	1 1	1.5 2.0	1.5 2.0	1.5 2.0
Campo magnético de un accesorio (3)	$0.05 I_n$	1	0.3	0.5	1.0
Carga mecánica del integrador de tarifa simple o tarifas múltiples (4)	$0.05 I_n$	1	0.8	1.5	2.0

**TABLA 03-II.-** Magnitudes de influencia.

Notas:

- 1) Una inducción magnética de origen externo de 0.5 mT producida por una corriente de la misma frecuencia que la tensión aplicada al medidor y en las condiciones más desfavorables de fase y de dirección, no debe originar una variación de error en porcentaje superior a los valores indicados en la tabla.

Esta inducción magnética puede obtenerse colocando el medidor en el centro de una bobina circular de un metro de diámetro medio, de sección cuadrada y de espesor radial pequeño con respecto al diámetro y cuyo arrollamiento corresponde a 400 Amperios-vuelta.

- 2) El factor de distorsión de la tensión debe ser inferior a 1%

La variación del error en porcentaje debe ser medida en las condiciones más desfavorables de desfase de la tercera armónica de la corriente en relación con la corriente fundamental.

- 3) Se trata de un accesorio colocado dentro de la envolvente del medidor. Alimentado intermitente, por ejemplo: el electroimán de un integrador de tarifas múltiples.

Es deseable que la conexión del o de los dispositivos auxiliares, lleve una referencia que indique claramente la conexión correcta o un sistema de clavijas no intercambiables entre sí.

Sin embargo, en ausencia de estas indicaciones o conexiones no intercambiables, las variaciones de los errores no deben ser superiores a las indicadas en la tabla, si el medidor es ensayado en las condiciones de conexiones más desfavorables.

- 4) El efecto se compensa cuando se calibra el medidor.

### II.1.2 Arranque

El rotor del medidor debe arrancar y seguir girando con la corriente indicada en la tabla 04-II

	Porcentaje de la corriente de base para medidores de clase			Factor de potencia
	0.5	1	2	
Medidor de tarifa simple sin dispositivo para evitar el retroceso.	0.3	0.4	0.5	1
Cualquier otro medidor.	0.4	0.4	0.5	1

**TABLA 04-II.-** Corrientes de arranque.

Se debe verificar que el rotor complete por los menos una vuelta.

En el caso de integradores de rodillos, el ensayo debe realizarse con dos rodillos en movimiento como máximo.

### II.1.3 **Marcha en vacío.**

Si el o los circuitos no están recorridos por ninguna corriente, el rotor del medidor no debe dar una vuelta completa para cualquier tensión comprendida entre 80 y 110 % de la tensión nominal.

En el caso de integradores de rodillos, estas condiciones son válidas para un solo rodillo en movimiento.

### II.1.4 **Ajuste.**

Generalmente, se provee medios de ajuste apropiados. Mediante un acuerdo entre usuario y fabricante, se puede fabricar medidores sin dispositivos para ajustes posteriores.

Un medidor que esté equipado con medidores para ajuste y regulado de tal manera que cumpla la presente Norma Metrológica Peruana, debe poder ser regulado posteriormente, por lo menos dentro de los márgenes indicados en la tabla 05-II.

Los ensayos deben realizarse en las condiciones indicadas en el apartado 1.

Ajuste	Valor de corriente	Factor de potencia	Márgenes mínimos de ajuste de la velocidad de rotación del rotor, en porcentaje, para medidores de clase		
			0.5	1	2
Elemento de freno	$0.5 I_{\text{máx}}$	1	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 4$
Carga pequeña	$0.5 I_{\text{máx}}$	1	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 4$
Carga inductiva	$0.5 I_{\text{máx}}$	0.5 inductivo	$\pm 1$	$\pm 1$	-
	$0.5 I_{\text{máx}}$	0.5 inductivo	-	-	$\pm 1$

**TABLA 05-II.-** Márgenes mínimos de ajuste.

Para los medidores polifásicos, la verificación de los márgenes de ajuste con carga inductiva debe realizarse en cada elemento motor, aplicando a los circuitos de tensión de todos los elementos motores un sistema de tensiones polifásicas equilibradas, cuyo orden de fases es el indicado en el diagrama de conexión, de valor eficaz igual al valor nominal y haciendo pasar, únicamente por el circuito de corriente del elemento motor sometido a ajuste, la mitad de la corriente nominal desfasada  $60^\circ$  en retraso sobre la tensión en los bornes del mismo elemento motor.

## **II.2 Resolución directorial N° 311-97-EM/DGE (Emitida Noviembre 97).**

### *II.2.1 Contrastación de equipos de medición en campo.*

- En esta prueba, que sólo podrá aplicarse en los medidores de energía activa clase 2, monofásicos o trifásicos, el contrastador incluirá en su reporte el estado de las conexiones eléctricas y efectuará la prueba de marcha en vacío cuyo ensayo se realizará a la tensión de la red del concesionario, con factor de potencia 1 y con una corriente de 0.001 veces la nominal, verificando que el disco no complete una revolución. En caso que la prueba de marcha en vacío no resulte satisfactoria, el concesionario estará obligado a reemplazar el medidor de energía eléctrica.
- Para cada condición indicada en la tabla N°05-II el contrastador verificará que el medidor funcione dentro de los errores porcentuales indicados en esta tabla.

Condición	Valor de la corriente	Factor de potencia	Error porcentual admisible (%)
1	$0.05 I_n$	1	$\pm 3.5$
2	$I_n$	1	$\pm 2.5$
3	$I_{\text{max}}$	1	$\pm 2.5$

**TABLA N 06-II** Contraste en campo.

### *III.2.2 Contratación de equipos de medición en laboratorio.*

- El concesionario realizará la conexión directa o la instalación de otro medidor, mientras se realice el contraste del equipo de medición, a fin que el usuario no se prive del servicio. El concesionario procederá al recupero de la energía por el periodo de tiempo que el suministro estuvo en conexión directa, tomando en cuenta el consumo promedio de los 6 últimos meses en los que el equipo de medición estuvo operando en buenas condiciones y no hubo cuestionamiento por parte del usuario.
- El contrastador efectuará la prueba de marcha en vacío, cuyo ensayo realizará a la tensión y frecuencia nominal, factor de potencia 1 y con una corriente de 0.001 veces la nominal comprobará que el disco no complete una revolución. En caso que esta prueba no resulte satisfactoria, el concesionario estará obligado a reemplazar el medidor de energía eléctrica.
- El contrastador realizará las pruebas de acuerdo a las pautas que señalan las normas indicadas en el numeral 4.5 de la presente directiva.

### *II.2.3 Distribución de responsabilidades.*

#### 1. Generalidades.

- El usuario, el concesionario o sus representantes tienen derecho a presenciar la contrastación en campo o laboratorio, según sea el caso, sin que el contrastador pueda limitar el ejercicio de tal derecho.
- La presencia del usuario o del concesionario, en el momento de la contrastación, será potestativa. La no participación de alguna de las partes no invalidará el procedimiento de contrastación.
- El concesionario cancelará el presupuesto de la contratación al contrastador, y sólo en el caso que sea de competencia del usuario asumir el costo de la contrastación el concesionario cargará en la factura siguiente de consumo de energía eléctrica el monto correspondiente.

#### 2. Contratación de equipos de medición en campo.

- Esta contrastación proporcionará información general al usuario del equipo de medición y sus conexiones eléctricas, relación con las tolerancias establecidas, mas no permite determinar montos de recupero para el concesionario o reintegro para el usuario.
- El concesionario está obligado a cambiar el equipo de medición y hacerse cargo de los costos de contrastación cuando:
  - a) La prueba de marcha en vacío no resulte satisfactoria.
  - b) alguna de las pruebas determina un error porcentual fuera del margen admisible.
- El usuario asumirá el costo de la contrastación si la prueba de marcha en vacío resulta satisfactoria y cada una de las pruebas de contrastación determina un error porcentual dentro del margen admisible.

### 3. Contratación de equipos de medición en laboratorio.

- Estas pruebas determinarán si procede el recupero al concesionario o el reintegro al usuario.
- El concesionario asumirá a su cuenta y cargo el costo de la contratación si el resultado de la contratación demuestra que el equipo de medición funciona fuera del margen de precisión establecido en las normas indicadas en el numeral 4.5 de la presente directiva, para una o más pruebas de ensayo, o si no resulta satisfactoria la prueba de marcha en vacío.
- El usuario asumirá el costo de la contratación si el resultado de cada una de las pruebas de ensayo demuestran que el medidor funciona dentro del margen de precisión establecido en las normas indicadas en el numeral 4.5 de la presente directiva.
- El concesionario procederá al recupero o reintegro del monto correspondiente, según sea el caso, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 92° de la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 y el Artículo 181° de su reglamento.
- Para efecto de recálculo y refacturación, el concesionario considerará la diferencia entre el error porcentual promedio obtenido en las pruebas realizadas y el promedio de los errores porcentuales admisibles correspondientes.
- El reintegro al usuario se efectuará a su elección, ya sea mediante el descuento en unidades de energía en las facturas correspondientes a los meses siguientes a la fecha del informe del contratador, o en efectivo en una sola oportunidad dentro de los dos meses siguientes a la fecha del mismo informe, considerando las mismas tasas de interés y mora que tiene autorizadas el concesionario para el caso de deuda por consumos de energía.

#### *II.2.4 Contratación.*

La contratación de los medidores de energía activa y reactiva, e indicadores de máxima demanda se hará de acuerdo a las prescripciones aplicables de las normas metrológicas peruanas y a falta de éstas según las normas. IEC (International Electro-technical Comisión), la ISO (International Organization for Standardization) o normas establecidas por asociaciones u organismos internacionales de normalización.

### **II.3. Norma Metrológica Peruana NMP007 (Emitida Enero 98).**

Dentro de los principales aspectos que esta norma establece podemos mencionar

#### **INSPECCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.**

La calidad del lote de medidores debe ser verificada adoptando el procedimiento de inspección y ensayo detallados en este apartado.

##### *1. Ensayos preliminares y preacondicionamiento.*

Los medidores a ser ensayados deben ser examinados visualmente para verificar que ninguno presente indicios de daños y que las marcas especificadas sea correctas.

Los medidores deben ser alimentados durante 30 min. Como mínimo a la tensión de referencia y a  $0.1 I_b$ , siendo el factor de potencia igual a 1, para verificar que los rotores giren y preacondicionar los medidores.

En el caso de inspecciones al 100%, cualquier reemplazo que fuera necesario, debe estar sujeto a un acuerdo entre el fabricante y el comprador.

En el caso de una inspección por muestreo, se permite reemplazar un medidor de una muestra de 30 y dos medidores de una muestra de 40.

Todos los medidores que cumplan los requisitos antes mencionados deben ser sometidos a los ensayos en el orden indicado a continuación, a menos que el fabricante y el comprador acuerden otra cosa, excepto para el ensayo N° 11 que siempre se realiza al final.

## *2. Ensayo N° 1: propiedades dieléctricas.*

La tensión de ensayo de 2 kV (r.m.s.) que debe ser prácticamente sinusoidal, con una frecuencia comprendida entre 45 Hz y 65 Hz, debe ser aplicada durante 1 minuto entre, por un lado, todos los bornes conectados entre sí y, por otro, la envolvente, si es metálica, o un superficie metálica plana sobre la cual es colocado el medidor, si la envolvente es de un material aislante.

## *3. Ensayo N° 2: Marcha en vacío.*

El medidor, conectado de acuerdo con el diagrama de conexiones, es alimentado a la tensión de referencia, y recorrido por una corriente de  $0.001 I_b$  con un factor de potencia igual a 1, el rotor no debe dar una vuelta completa.

## *4. Ensayo N° 3: Arranque.*

El medidor, conectado de acuerdo con el diagrama de conexiones, es alimentado a la tensión de referencia, y recorrido por una corriente de  $0.006 I_b$ , con un factor de potencia igual a 1, el rotor debe arrancar y dar más de una vuelta.

## *5. Ensayo N° 4 al N° 9: Precisión.*

Los ensayos de precisión para medidores monofásicos y polifásicos deben realizarse de acuerdo con los valores de corriente y del factor de potencia indicados en la Tabla 07-II, sin tener que esperar que se logre el equilibrio térmico.

Ensayo N°	Corriente	Factor de potencia	Número de fases del medidor	Equilibrio de la carga para medidores polifásicos	Límites de errores en porcentaje
4	$0.05 I_b$	1	Monofásico y polifásico	Equilibrada	$\pm 3.5$
5	$I_b$	1	Monofásico y polifásico	Equilibrada	$\pm 2.5$
6	$I_b$	0.5	Monofásico y polifásico	Equilibrada	$\pm 3.0$
7	$I_b$	1	Polifásico	1 fase cargada	$\pm 3.5$
8	$I_b$	1	Polifásico	1 fase cargada (fase diferente a la del ensayo N° 7)	$\pm 3.5$
9	$I_{m\acute{a}x}$	1	Monofásico y polifásico	Equilibrada	$\pm 2.5$

**TABLA 07-II** Puntos de ensayo y límites de errores.

Contrariamente a la NMP 006:1997, el desplazamiento del eje de las abcisas no está permitido.

#### **II.4 Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos NTCSE (Emitida Octubre 1997).**

La norma técnica de calidad de los servicios eléctricos considera la precisión de la medida de la energía en su apartado 7.3, a saber.

#### **PRECISIÓN DE MEDIDA DE LA ENERGÍA.**

1. La energía facturada para un suministro, no debe incluir errores de medida que excedan los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros.

2. *Indicador de calidad.*- El indicador sobre el que se evalúa la calidad del Servicio Comercial, en este aspecto, es el porcentaje de suministros en los que se hayan verificado errores de medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, considerando una muestra semestral de inspección propuesta mensualmente por el Suministrador y aprobada y/o modificada por la Autoridad.

3. *Tolerancias.*- Se considera que la Precisión de Medida de la Energía Facturada por un Suministrador es aceptable, si el porcentaje de suministros de la muestra en los que se

hayan verificado errores de medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, es inferior al 5%.

4. *Penalidades.*- Las transgresiones de la tolerancia establecida de la norma, se sancionan, por cada período de control de la Calidad del Servicio Comercial, con multas cuyos importes se establecen en base a la Escala de Sanciones y Multas vigente.

5. *Control.*- La Autoridad dispone una evaluación semestral en relación con la Precisión de Medida de la Energía Facturada. Para ello, se deben programar mediciones de inspección mensuales, en una muestra propuesta por el Suministrador sobre el universo de sus Clientes. La muestra debe ser aprobada y/o modificada por la Autoridad dentro de los siete días calendario de presentada; en caso contrario, se tendrá por aprobada. La muestra debe comprender por lo menos lo siguiente:

<b>Cientes en Baja tensión por Suministrador</b>	<b>Número de Suministros por Muestra Mensual</b>
Con más de 500000 Clientes	150
Con 100001 a 500000 Clientes	80
Con 10001 a 100000 Clientes	36
Con 10000 clientes o menos	12

**TABLA N 08-II**

La Autoridad puede variar el número de suministros por muestra si lo considera pertinente.

## Capítulo III

### SITUACIÓN ENCONTRADA EN ELECTRONOROESTE S.A. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA

#### III-1 PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

La figura 01-III muestra el comportamiento del indicador sobre el que se evalúa la calidad de precisión de medida de la energía facturada entre los meses de Julio 2000 y Junio 2001. Se observa que los resultados obtenidos son muy superiores al límite establecido por la normatividad vigente (5%).

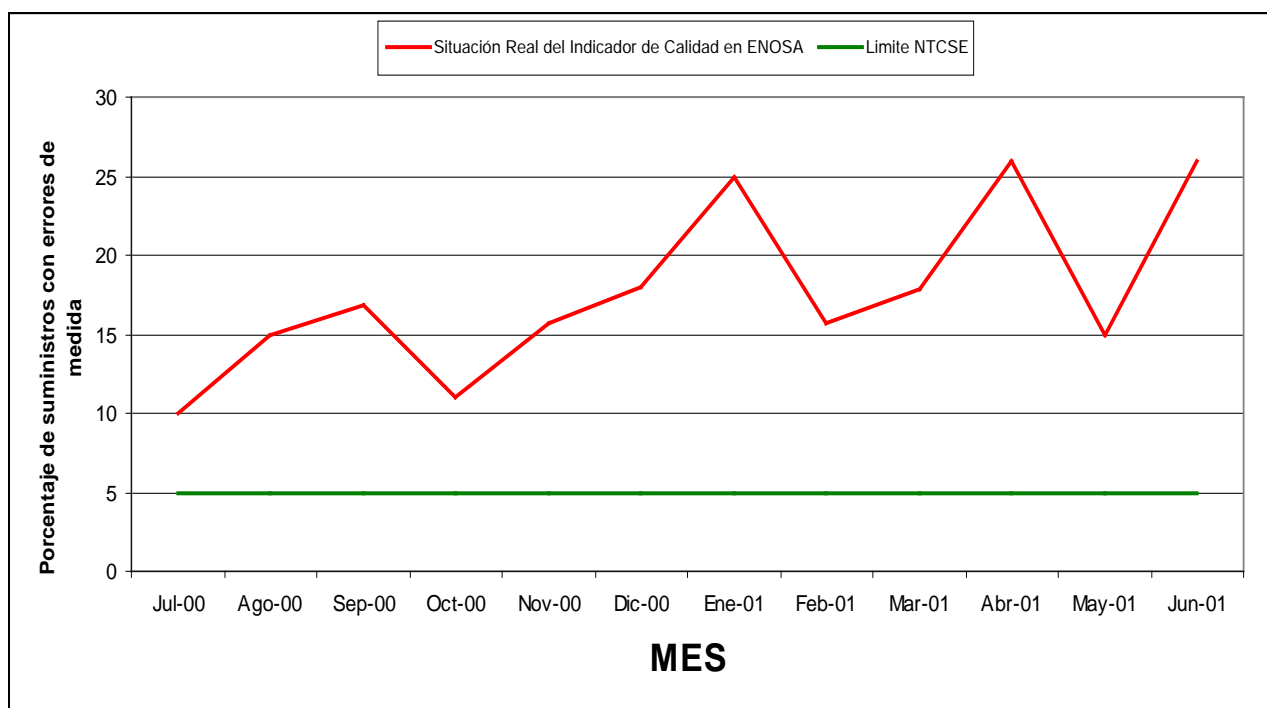


Figura 01-III

#### III.2 ESTRATEGIA DE SOLUCION

Era necesario definir un procedimiento que permita un tratamiento integral del problema. Sobre la base de la normativa nacional metrológica existente, la experiencia adquirida en ELECTRONOROESTE S.A y a iniciativa del tesista, se elaboró el procedimiento que se detalla más adelante.

Este procedimiento se implementó en la empresa y es ejecutado en cada unidad de negocio de ELECTRONOROESTE S.A..

Además se elaboró y estableció una estrategia de verificación y control de los resultados del programa, cuya ejecución fue encargada a la Oficina de Control de Calidad.

### **III.-3 PROCEDIMIENTO**

La estrategia considera la aplicación estricta de la normativa metrológica nacional a todas las Subestaciones de distribución de cada unidad de negocio y considera actividades de campo y de laboratorio.

El criterio empleado supone la intervención de las subestaciones de distribución con mayor índice de pérdidas de energía.

La actividad de control considera un muestreo del universo de suministros de la subestación de distribución y la verificación vía aplicación del procedimiento de campo.

La oficina de control de calidad también ejerce el control de verificación de las actividades de laboratorio.

#### **III.3.1 Procedimiento en campo**

Al inicio del programa de precisión de medida se optó por trabajar en las subestaciones con mayor índice de pérdidas de energía. De esta forma se lograron dos objetivos mutuamente dependientes, mejorar la precisión de los equipos de medición y al revisar las instalaciones, disminuir el índice de pérdidas de la subestación involucrada.

La actividad orientada al mejoramiento de la precisión de los equipos de medida en su área de influencia supondría:

- ✓ Pruebas en campo del medidor instalado mediante el uso de un equipo verificador patrón.
- ✓ Dependiendo del error encontrado se optaría por dejarlo o cambiarlo por otro medidor debidamente calibrado.
- ✓ Si el equipo es retirado, este es llevado al laboratorio para su calibración correspondiente.

*Actividades previa.-* A continuación se indican las actividades previas a la intervención en campo de los equipos de medición:

- ✓ Listado ordenado de mayor a menor índice de pérdidas de las Subestaciones de distribución de cada unidad de negocio.
- ✓ Selección de las Subestaciones a intervenir. Normalmente las de mayor índice de pérdidas.
- ✓ Verificar el correcto empadronamiento de clientes en la Subestación seleccionada.
- ✓ Notificación a los cliente dependientes de la subestación a intervenir por los trabajos a realizar.

Estas actividades se realizan una semana antes de la verificación.

Las actividades que constituyen el trabajo de campo en si mismo son:

### 1) **Desoldado de tapa de la caja portamedidor.-**

En anterior gestión, para reducir el robo de energía, se tomó la decisión de soldar las tapas de las cajas portamedidores, por tanto era necesario un técnico soldador, para desoldar dichas tapas. La actividad deberían realizarse para toda el área de influencia de la subestación a estudiar

Herramientas a utilizar

- guantes para amolar
- 01 amoladora
- 01 lente protector para amolar
- Careta facial
- alicate universal

Material necesario

- Piedra para amolar
- Cinta aislante
- Llaves para abrir cajas

Requerimiento de personal

- 01 Técnico.

### 2) **Limpieza de la Caja Portamedidor.-**

Que supone las siguientes tareas:

- Eliminación de suciedad y elementos extraños.
- Verificación del estado de luna o mica de las tapas de los portamedidores. Podría implicar reemplazos.
- Verificación de sujeción del medidor a la caja, como mínimo debe presentar dos tornillos autorroscantes. Conviene que el medidor mantenga una posición vertical para garantizar sin dificultad la lectura de su registro y su placa de características.
- Verificación de la correcta disposición de la acometida en su ingreso a la caja portamedidor.

### 3) **Inspección de los puntos de entrega**

Supone las siguientes tareas:

- Eliminación de suciedad y elementos extraños.
- Inspección y verificación de la correcta conexión y relación en el balanceo de cargas en la red de distribución a la que pertenece.

**Nota:** Debemos indicar que el 95% de acometidas en baja tensión son aéreas

#### Herramientas a utilizar

- Alicates universales
- Alicates de corte
- Cuchilla de electricista
- Destornillador plano
- Martillo
- Punzón
- Franela
- Escalera chica
- Purificador de aire
- Gafas de Protección
- Probador de fase 220 V
- Corta vidrios (diamante)
- Soga de mando
- Escalera 7 mts.
- Guantes dieléctricos
- Cinturón de seguridad

#### Material necesario

- Cinta aislante
- Autorroscantes 10 x 3/4"
- TW N° 14
- Grapas plásticas
- Alambre galvanizado # 16.
- Vidrios
- Madera
- Cinta aislante
- Conductor de aluminio o cobre
- Cable Concéntrico 2 x 4 mm
- Separadores

#### Requerimiento de personal

- 05 Técnicos.

#### **4) Reconfiguración de la tapa de la caja portamedidor.-**

La actividad de desoldado y soldado de la tapa de la caja portamedidor para verificación y/o reparaciones era costosa en términos de material y mano de obra.

Siendo que el desoldado no se considera como una prueba legal de violación de la tapa, se optó por diseñar otra modalidad de cierre que se muestra en la Figura 02-III

### Herramientas a utilizar

- Máquina y careta de soldar
- Llave para abrir cajas
- Llave francesa
- Guantes para soldador
- Mandil para soldador
- Alicata universal
- Alicata de corte
- Destornillador plano
- Cuchilla de electricista
- Martillo
- Franela

### Material necesario

- Soldadura
- Platina
- Tuercas 1/4"
- Pernos 1/4" x 3/4"
- Cinta aislante

### Requerimiento de personal

- 01 Técnico.

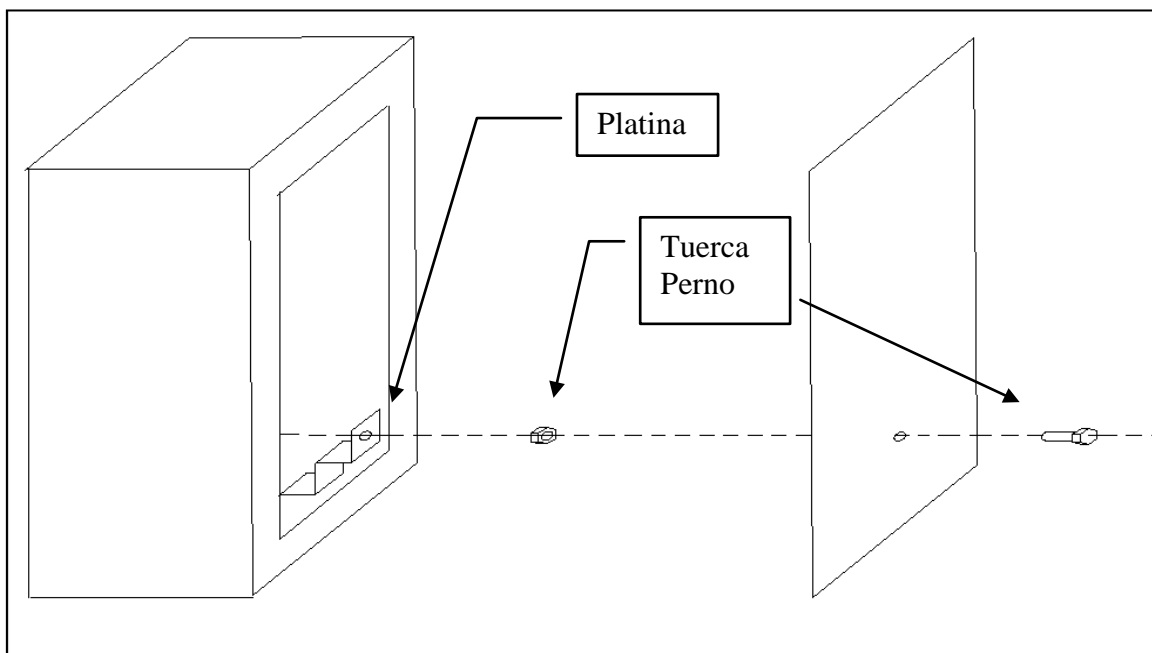


Figura 02-III

## 5) Descripción del Equipo Verificador

El equipo ha emplear y su conexión para el desarrollo de las pruebas de campo se muestra en la figura 03-III y está conformado por:

### 5.1) Equipo y Accesorios:

- a) Un medidor electrónico ZMC, figura 04-III, empleado como patrón y tiene las siguientes características:
  - Clase 0.5
  - 60 Hz
  - Trifásico
  - In 5 A
  - I<sub>max</sub> 10 A
- b) Una resistencia de 24.44  $\Omega$ , 9 A, 1980 W
- c) Una resistencia de 241.52  $\Omega$ , 0.91 A, 200 W.
- d) Accesorios de maniobra
  - Selector de carga
  - Interruptor manual
- e) Led's indicadores
- f) Protección contra cortocircuitos

En la figura 05-III se representa el esquema unifilar del equipo de prueba



**Figura 03-III** Equipo Verificador de Campo



Figura 04-III Medidor electrónico ZMC

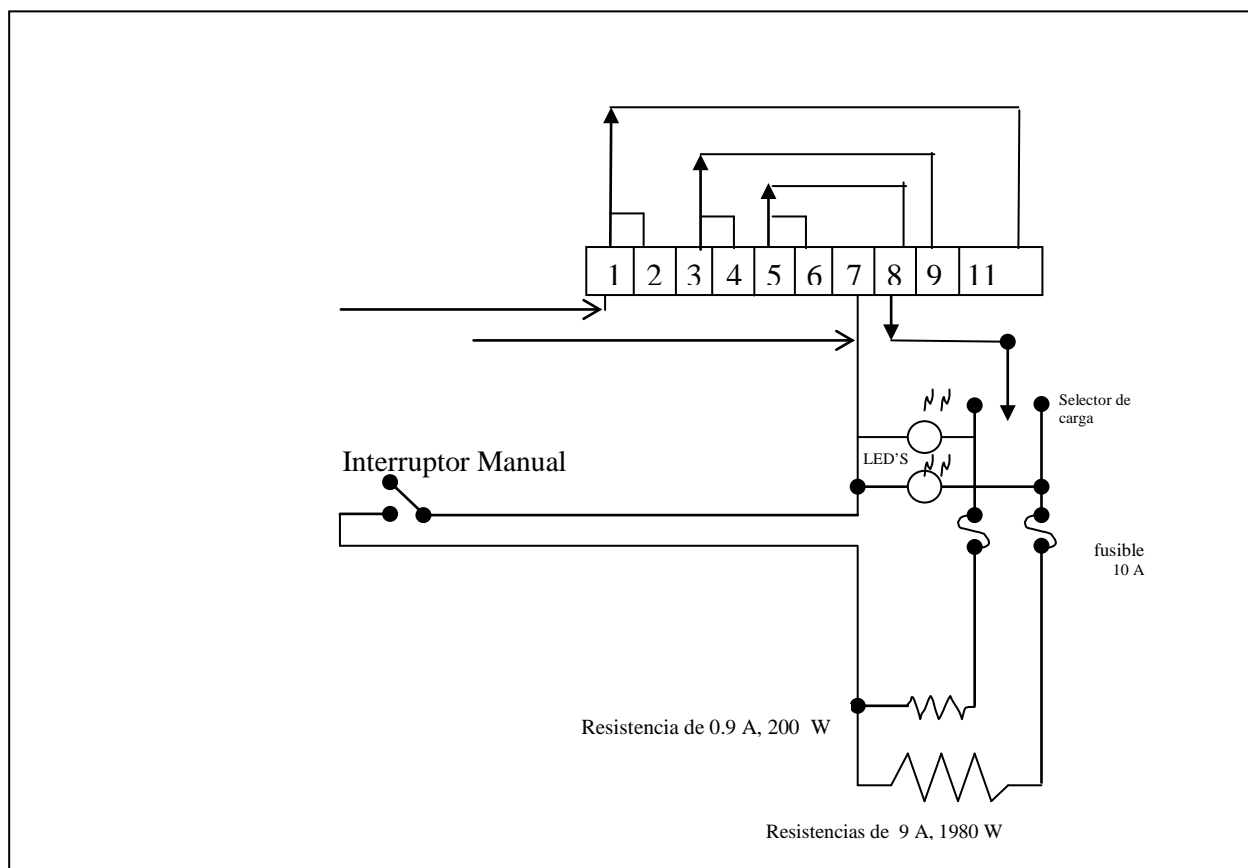


Fig. 05-III Esquema unifilar del equipo de prueba

### 5.2) Conexión del medidor al equipo de prueba

En la figura 06-III se muestra un esquema de las conexiones

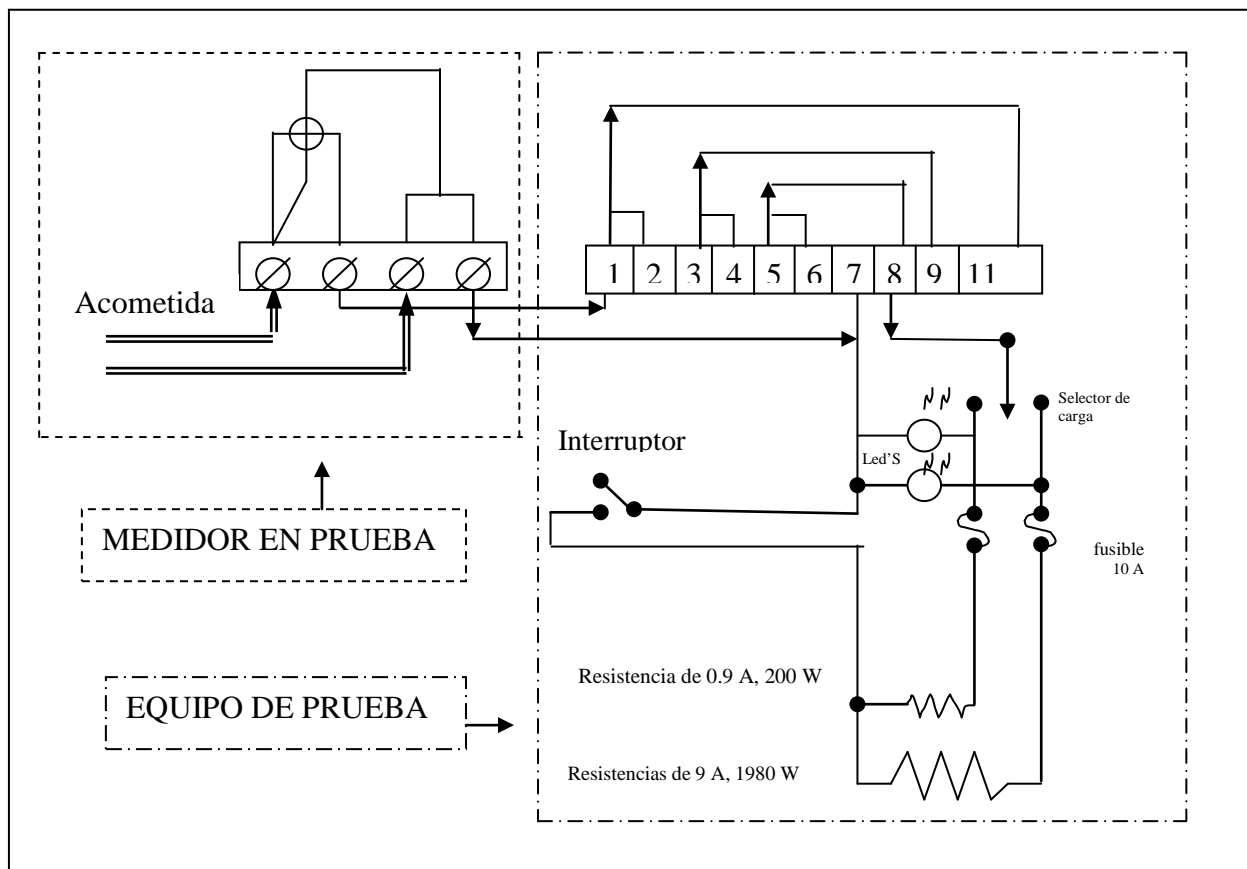


Figura 06-III Esquema de Conexión

Debemos indicar que con este equipo verificador sólo es posible realizar pruebas al medidor a baja carga y a carga nominal. El equipo no estaba preparado para pruebas a alta carga ya que para estas pruebas se requieren corrientes entre 40 y 100 A y el medidor electrónico en conexión directa (sin TA) admite sólo hasta 15 A.

### 5.3 ) Prueba a carga baja

Esta prueba se realizaría con los siguientes criterios y tolerancias

TIPOS DE PRUEBA	RANGO DE ERROR PORCENTUAL ADMITIDO POR ENOSA (*)	NÚMERO DE ENSAYOS SUGERIDAS POR ENOSA (*)	NÚMEROS DE VUELTAS EN EL ENSAYO SUGERIDAS POR ENOSA (*)
Carga baja: 0.9 A – 1.1 A 10% In. (**)		2	2

(\*) Resolución Directorial N° 311-97-EM/DGE indica que el error porcentual admitido es +/- 3.5%, el N° de ensayos 03 sin indicar cuantas vueltas.

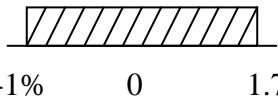
(\*\*) Normalmente In = 10 A

Los pasos a seguir en esta prueba serían

- Centrar el disco del medidor en el punto de calibración.
- Resetear el ZMC y poner la pantalla en el modo de kW con lectura 0.
- Poner el selector en posición carga baja.
- Se realiza la 1ra. Prueba en carga baja (dos vueltas).
- Anotar datos en el sticker.
- Centrar nuevamente el disco en el punto de calibración y repetir el ensayo.

#### 5.4) Prueba a Carga Nominal

Esta prueba se realiza con los siguientes criterios y tolerancias

TIPOS DE PRUEBA	RANGO DE ERROR PORCENTUAL ADMITIDO POR ENOSA (*)	NÚMERO DE ENSAYOS SUGERIDAS POR ENOSA (*)	NÚMEROS DE VUELTAS EN EL ENSAYO SUGERIDAS POR ENOSA (*)
Carga Nom.: 9 A– 11 A 100% In. (**)	 -1%      0      1.7%	2	5

(\*) Resolución Directorial N° 311-97-EM/DGE indica que el error porcentual admitido es +/- 2.5%, el N° de ensayos 03 sin indicar cuantas vueltas.

(\*\*) Normalmente In = 10 A

Los pasos a seguir en esta prueba serían:

- Centrar el disco en el punto de calibración.
- Resetear el ZMC y poner la pantalla en el modo de kW con lectura 0.
- Poner el selector en carga nominal.
- Se realiza 1ra. prueba en carga nominal (cinco vueltas).
- Anotar datos en el sticker.
- Centrar nuevamente el disco en el punto de calibración y repetir el ensayo.

***En caso de que el error se encuentre dentro del rango admisible:***

- Se pega un sticker en la parte lateral interior de la caja del medidor de manera tal que sea visible.
- Retirar equipo de prueba.
- Reconectar el medidor en la carga del predio.
- Verificar que el predio tenga servicio.
- Colocar tapa.

***En caso de que el error esté fuera de los rangos admisible:***

- El sticker se pega en la parte inferior del medidor con la finalidad de que sea identificado fácilmente para su cambio correspondiente.

Igualmente, en caso que se encuentre algún tipo de irregularidad en el medidor, se hace la anotación correspondiente en el sticker y se pega en la parte inferior como señal que también se debe retirar.

El técnico encargado de la verificador de campo tiene entre 10 a 13 minutos para realizar las pruebas.

Herramientas a utilizar

- Alicata universal
- Alicata de corte
- Destornillador plano
- Gafas de protección
- Guantes dieléctricos
- Verificador de campo

Material necesario

- Cinta maskingtape
- Lapicero
- Cinta aislante
- Tabla de porcentajes de error
- Precinto Excel
- Calculadora

Requerimiento de Personal

- 01 Técnico

En el anexo A se presenta el procedimiento empleado en el cálculo del error con el verificador.


**6) Actas de Inspección del medidor.-**

Toda la información obtenida en el campo (resultados de pruebas, irregularidades encontradas, cambio del medidor, materiales empleados, etc) se registran en la llamada Acta de Inspección del Medidor ( tabla 01-III). El encargado de esta actividad es el técnico supervisor

**7) Sellado de tapa.-**

Finalmente, se sellarán las tapas de las cajas portamedidores con precintos de seguridad tipo fuerza, actividad realizada por el técnico supervisor. En caso de que el medidor deba

ser cambiado se dejará sin sellar procediendo a realizar las coordinaciones para la programación de su cambio, el cual deberá realizarse dentro de las 24 horas. Este nuevo medidor también deberá ser probado y sellado con precinto fuerza.

 <b>ENOSA</b> ELECTRONOROESTE S.A. TELEFONO : 32-5535 / 88 4030		<b>ACTA DE INSPECCIÓN DEL MEDIDOR</b>														
<b>MOTIVO :</b> Cumplimiento de base legal :DS N° 020-97-EM/Art.7.3				<b>FECHA :</b> / /												
<b>NOMBRE :</b> _____		<b>ZONA :</b> _____		<b>CODIGO :</b> _____		<b>TELEFONO :</b> _____										
<b>DIRECCION :</b> _____		<b>COMETIDA :</b> MONOFASICA <input type="checkbox"/> TRIFASICA <input type="checkbox"/> AEREA <input type="checkbox"/> SUBTERRANEA <input type="checkbox"/> CAB. CONCENTRICO <input type="checkbox"/> PRECARIO, OTRO <input type="checkbox"/>		<b>FECHA ULTIMO CONTRATE</b> <input type="text"/>												
<b>ESTADO DEL MEDIDOR</b>		<b>DATOS MEDIDOR</b>		<b>RETIRADO</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>DATOS MED. INSTALADO</b>										
<b>TAPA DE LA CAJA EN MAL ESTADO</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>MARCA :</b> _____				<b>MARCA :</b> _____										
<b>LUNA DE VISOR</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>N° SERIE :</b> _____				<b>N° SERIE :</b> _____										
<b>ACOMETIDA GRAPADA</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>LECTURA :</b> _____				<b>LECTURA :</b> _____										
<b>BASE DE MADERA</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>PRECINTO BORNERA :</b> _____				<b>PRECINTO BORNERA :</b> _____										
<b>PRECINTO ROTO</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>PRECINTO TAPA:</b> _____				<b>PRECINTO TAPA:</b> _____										
<b>TAPA BORNERA</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b># HILOS :</b> _____				<b># HILOS :</b> _____										
<b>BASE PORTAFUSIBLE</b> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<b>FECHA CONTRASTE :</b> _____				<b>FECHA CONTRASTE :</b> _____										
		<b>TIPO</b> _____				<b>TIPO</b> _____										
		<b>MODELO</b> _____				<b>MODELO</b> _____										
		<b>REV/KWH</b> _____				<b>REV/KWH</b> _____										
		<b>CORRIENT</b> _____				<b>CORRIENTE</b> _____										
		<b>AÑO DE FAB.</b> _____				<b>AÑO DE FAB.</b> _____										
<b>UBICACIÓN PREDIO</b> _____		<b>PRUEBAS DE CONTRASTE</b>														
<b>SISTEMA</b>				<b>RETIRADO</b>			<b>EXISTENTE</b>			<b>INSTALADO</b>						
<b>SUPERIOR</b> <input type="checkbox"/>		<b>380</b>		<b>1ro</b>		<b>2do</b>		<b>3ro</b>		<b>1ro</b>		<b>2do</b>		<b>3ro</b>		<b>Promedio %</b>
<b>MEDIO</b> <input type="checkbox"/>		<b>220</b>		<b>.....A</b>		<b>+/- 3.5%</b>										
<b>INFERIOR</b> <input type="checkbox"/>		<b>OTRO</b>		<b>.....A</b>		<b>+/-2.5%</b>										
<b>TENSIÓN</b> <input type="text"/>				<b>.....A</b>		<b>+/-2.5%</b>										
<b>OBSERVACIONES :</b>																

Tablas 01-III

### 8) Vaciado de información al sistema.-

El técnico supervisor alcanzará al encargado de la oficina comercial las actas de Inspección del medidor para su registro en el sistema informático.

### III.3.2 Procedimiento de laboratorio

En el diagrama de flujo de la figura 07-III se representa la secuencia de actividades a realizar en el laboratorio

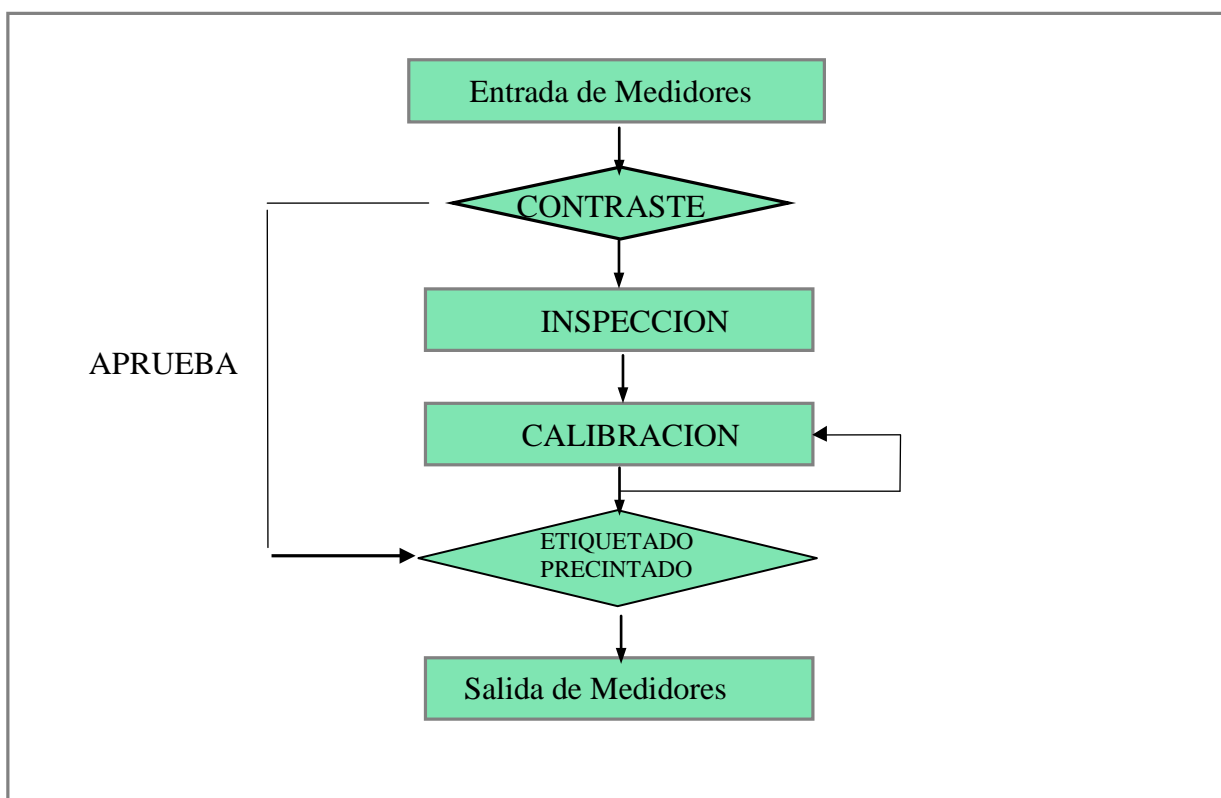


Figura 07-III

### 1) Entrada de Medidores

El ingreso de los medidores al laboratorio se realiza mediante una guía de ingreso de medidores, (Tabla 02-III), en la cual se consigna la siguiente información.

- Fecha y hora de ingreso del medidor
- Datos de placa del medidor
- Observaciones (precintos coinciden con sticker, estado físico, etc.)
- Persona encargada de recepción.
- Persona que entrega.



d) Prueba a carga alta.

$$11 \text{ A} < I < 13 \text{ A}$$

RD # 311 – 97 EM/DGE

Número de revoluciones = 6

### 3) Inspección de medidores.-

Supone las siguientes actividades.

- a. Abrir del medidor
- b. Verificación de posibles intervenciones fraudulentas (ejemplo bobinas puenteadas, integrador modificado, etc)
- c. Extraer integrador para su limpieza y revisión de engranajes.
- d. Limpieza interna del medidor (usualmente aire comprimido)
- e. Evaluación de piezas, posible cambio.

### 4) Calibración de medidores.-

Ajustes para dejar el medidor con errores dentro de las tolerancias permitidas. En la tabla 03-III se presenta el formato correspondiente a la *Hoja de Pruebas en el Laboratorio*.

a.- Prueba a carga baja.

$$0.91 \text{ A} < I < 1.1 \text{ A}$$

Número de revoluciones = 3

Objetivo  $0 < e < +0.5$

Ajustar con el tornillo de regulación de carga baja

Por experiencia propia (Ver Cap. IV) y limitaciones para aplicar RD. 311 – 97 EM/DGE

b. Prueba a carga alta.

$$11 \text{ A} < I < 13 \text{ A}$$

Número de revoluciones = 6

Objetivo  $0 < e < +0.5$

Regulación a través del imán permanente de freno.

RD # 311- 97 EM/ DGE

c. Prueba de arranque

$$0.1 \text{ A} < I < 0.13 \text{ A}$$

Objetivo: El medidor debe girar una vuelta sin detenerse

Realizada con una lámpara incandescente de 25 W

d. Prueba de vacío

$$176 \text{ V} < V_n < 242 \text{ V}$$

Objetivo: El medidor no debe dar una vuelta (10-15 minutos)

4.2 NM006

e. Contraste final

Prueba a carga baja

Número de revoluciones = 3

En el anexo **B** se presenta el procedimiento empleado en el cálculo del error con el verificador.





### **III.4 ESTRATEGIA DE CONTROL**

Para obtener valores mas reales del indicador de precisión en ELECTRONOROESTE S.A., internamente se programaron evaluaciones mensuales de control considerando para cada unidad de negocio un número de muestras mayor a lo dispuesto por la autoridad sobre el universo de los clientes afectos a la NTCSE.

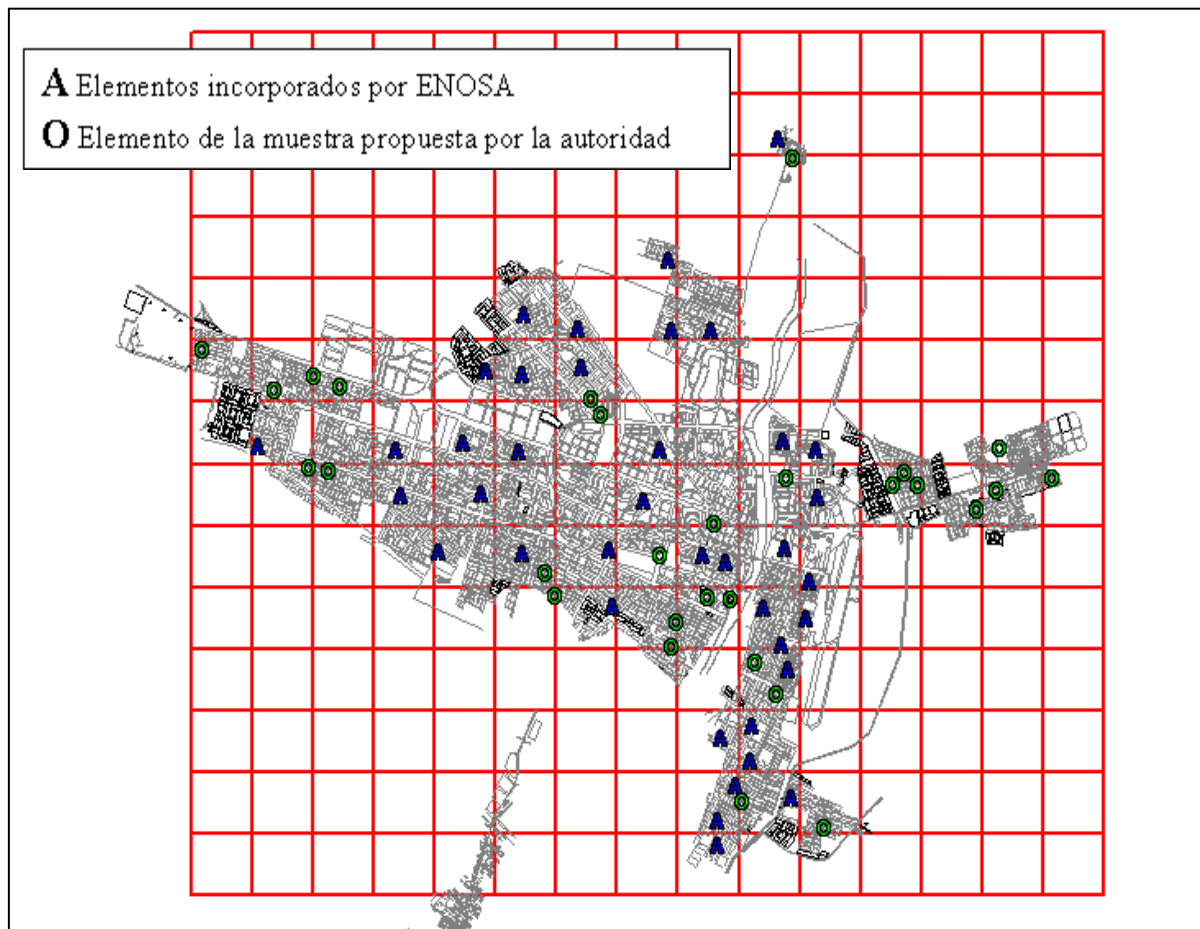
En la tabla 05-III presentamos las localidades afectas a la NTCSE y a la vez las magnitudes de muestra exigidas por la autoridad y la de Electronoroeste S.A.

	<b>Magnitud de Muestra Según Enosa más Autoridad (N° Clientes)</b>	<b>Magnitud de Muestra Según la Autoridad (N° Clientes)</b>
<b>Piura</b>	<b>61</b>	<b>19</b>
<b>Castilla</b>	<b>41</b>	<b>13</b>
<b>Catacaos</b>	<b>16</b>	<b>4</b>
<b>La Legua</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>Talara Baja</b>	<b>17</b>	<b>5</b>
<b>Talara Alta</b>	<b>14</b>	<b>5</b>
<b>Máncora</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>Tumbes</b>	<b>33</b>	<b>11</b>
<b>Zarumilla</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>C. La Cruz</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>Sullana</b>	<b>49</b>	<b>15</b>
<b>Bellavista</b>	<b>13</b>	<b>4</b>
<b>Paita Alta</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Paita Baja</b>	<b>11</b>	<b>3</b>
<b>Total</b>	<b>298</b>	<b>88</b>

**Tabla 05-III**

El procedimiento de muestreo se realiza mediante un mallado del plano, (fig. 08-III), correspondiente a la localidad afecta a la NTCSE. Los criterios de muestreo consideran:

- ✓ Un tamaño de muestra para cada localidad proporcional al número de clientes.
- ✓ Una cantidad promedio mensual de 200 inspecciones.
- ✓ En cada localidad afecta a la NTCSE no realizar un número de inspecciones inferior a 06.

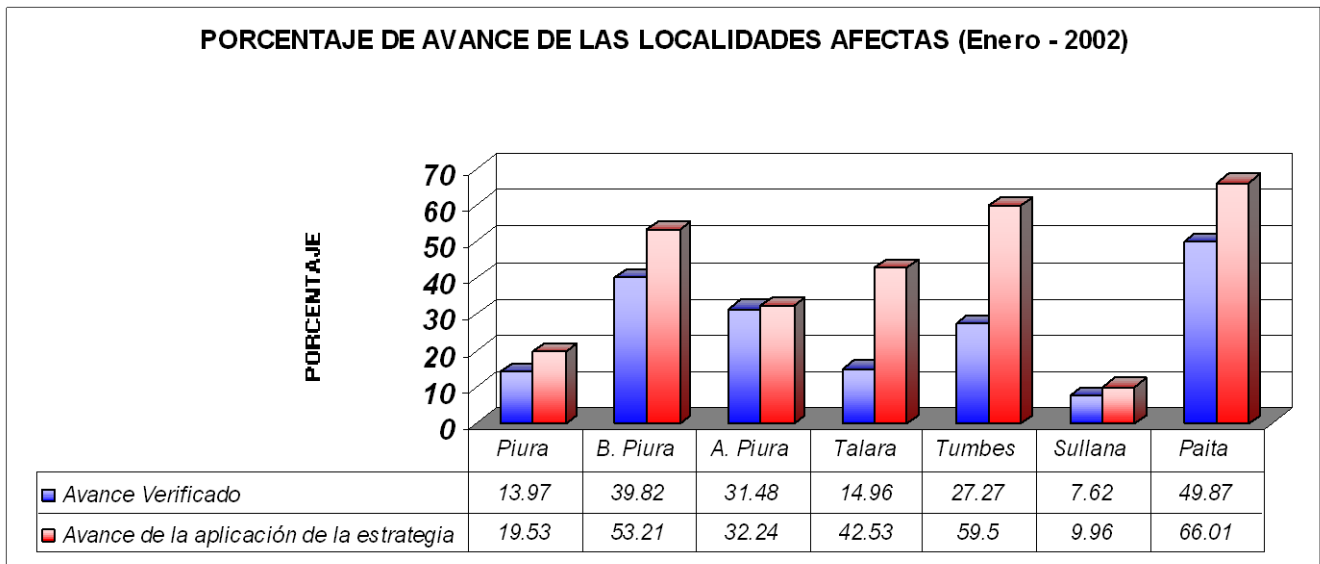


**Figura 08-III** (Mallado para el muestreo U.N Piura)

En la figura 09-III se presenta gráficamente el avance, en un momento determinado, de la aplicación de la estrategia por parte de todas las unidades de negocio y su correspondiente verificación por parte de la oficina de control de calidad.

Esta figura muestra el porcentaje de subestaciones de distribución en las cuales el indicador de precisión de la medida está dentro de lo establecido por la NTCSE. Las barras de color rojo es el porcentaje proporcionado por las unidades de negocio y las barras de color azul es el porcentaje de verificación realizada por la oficina de control de calidad.

Es de observar que la estrategia de control es muy limitada en recursos.



**Figura 09-III**

Con la finalidad de asegurar una correcta ejecución de actividades de laboratorio de calibración de los medidores, también se realizan evaluaciones mensuales cuyos resultados se suscriben en el siguiente formato Tabla 06-III. Es de observar que se contempla también una evaluación del personal de laboratorio.

VERIFICACIÓN CONOCIMIENTOS DEL PERSONAL ENCARGADO

Laboratorio de la UU.NN			Ciudad			Fecha	
Trabajador	Cargo	LIMITES					Proceso de contraste
		5%In	100%	Imax	Iarrq	Ivacio	

FALTANTE	Herramienta/Equipos

DIGITALIZADA

Acta de entrega		
Acta de despacho		

NORMATIVA DE LABORATORIO	
--------------------------	--

VERIFICACIÓN DE ERRORES DE MEDIDORES DE SALIDA

Fec. Contraste	Marca	Serie	Pruebas			Registrado			Laboratorio			Comprobación por O.C.C.		
			Aislamiento	Arranque	Vacio	Imin	Ialta	Imax	Imin	Ialta	Imax	Prueba	Imin	Ialta
						A	100% In	Imax	A	100% In	Imax	Aislamiento	A	100% In

Observaciones de los patrones para contraste

--

RESULTADO DE LA VERIFICACIÓN

Trabajador	PRIMERA EVALUACION				RESULTADOS OBTENIDOS			
	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno

Salida Promedio de Salida de Medidores	
Semana 01	
Semana 02	
Semana 03	
Semana 04	
Prom. Total	

Con respecto a las pruebas de Marcha en vacio que es lo que sugieren las normas metrologicas 006 y la 007

006	
007	

Promedio Diario	
-----------------	--

Supervisor Oficina de Control de Calidad      Trabajador # 1      Trabajador # 2      Trabajador # 3      Encargado de Laboratorio

Tabla 06-III

### III.5 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGICA

En la figura 10-III se muestra a grandes rasgos el comportamiento de los resultados obtenidos y que recogió la autoridad hasta enero del 2002, a un 17% de la aplicación de la estrategia a todas las localidades afectas. Es apreciable la mejora del indicador calidad de precisión de la medida.

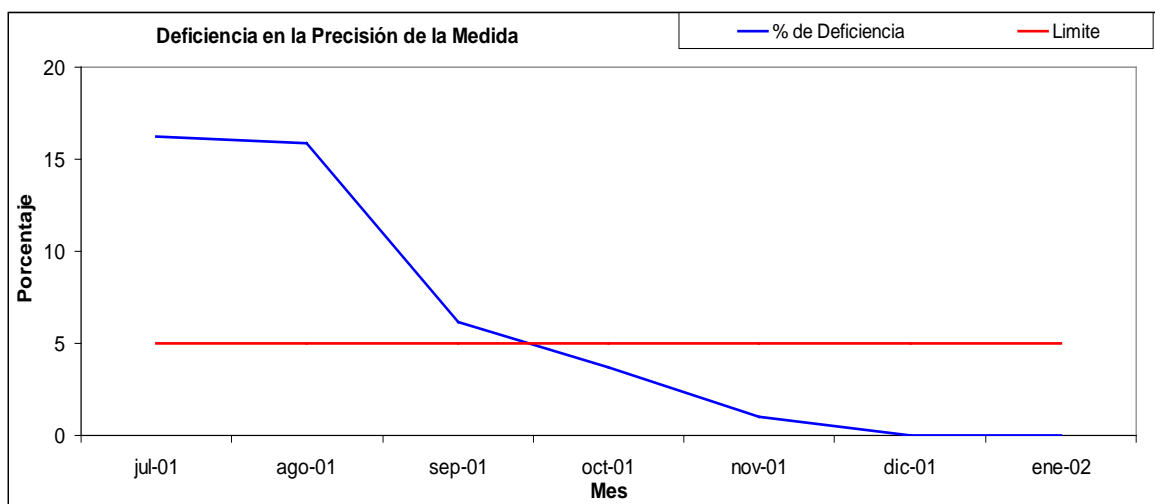


Figura 10-III

Por otro lado, la mejora en el indicador de precisión de la medida ha repercutido en la disminución del porcentaje de pérdida de energía, tal como se muestra en la tabla 07-III. Aquí se presentan resultados en términos de energía, después de la aplicación de la estrategia, observándose un efecto neto positivo.

Unidad de Negocio	Total Perdidas en Kwh		Promedio de reducción de pérdidas (%)	Promedio de Aumento de pérdidas (%)
	Defecto	Exceso		
<b>Piura</b>	434,00	1964,06	4,50	4,00
<b>Sullana</b>	14056,00		13,40	
<b>B_Piura</b>	2338,90	35,00	4,91	0,89
<b>Paita</b>	15456,00	100,00	5,76	2,32
<b>Talara</b>	2184,00		2,59	
<b>Tumbes</b>	22594,00	4698,00	9,79	2,83
<b>Total</b>	<b>57227,90</b>	<b>6797,06</b>	<b>6,16</b>	<b>2,51</b>
<b>Neto</b>	<b>(*) 50430,84</b>			

Tabla 07-III

(\*) El efecto neto es la diferencia entre lo corregido en defecto menos el exceso. Esta reducción (50430,84 Kwh) representa aproximadamente \$ 4,890.00, a un precio promedio de 0.34 S/Kwh., que se dejaban de percibir mensualmente. Estos resultados se han obtenidos a un 17% de avance de la estrategia aplicada en ELECTRONOROESTE S.A. ( desde Julio del 2001 hasta enero del 2002).

## Capítulo IV

### ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA MAGNITUD DEL ERROR EN LOS MEDIDORES ELECTROMECAÑICOS. VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL EN MEDIDORES DE COMÚN EMPLEO EN ELECTRONOROESTE S.A.

Los factores que influyen en el error del medidor electromecánico son la tensión, la corriente, la modalidad de transporte y la instalación

Se realizaron pruebas a medidores electromecánicos aceptados por ELECTRONOROESTE S.A cuyos resultados se muestran a continuación. las pruebas fueron realizadas con una tensión de 220V estabilizados.

#### IV.1 Influencia de la Corriente y la Tensión

Los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de corriente y tensión, realizadas a un grupo de 05 medidores electromecánicos de diferente capacidad, fecha de fabricación y marca, se indica a continuación:

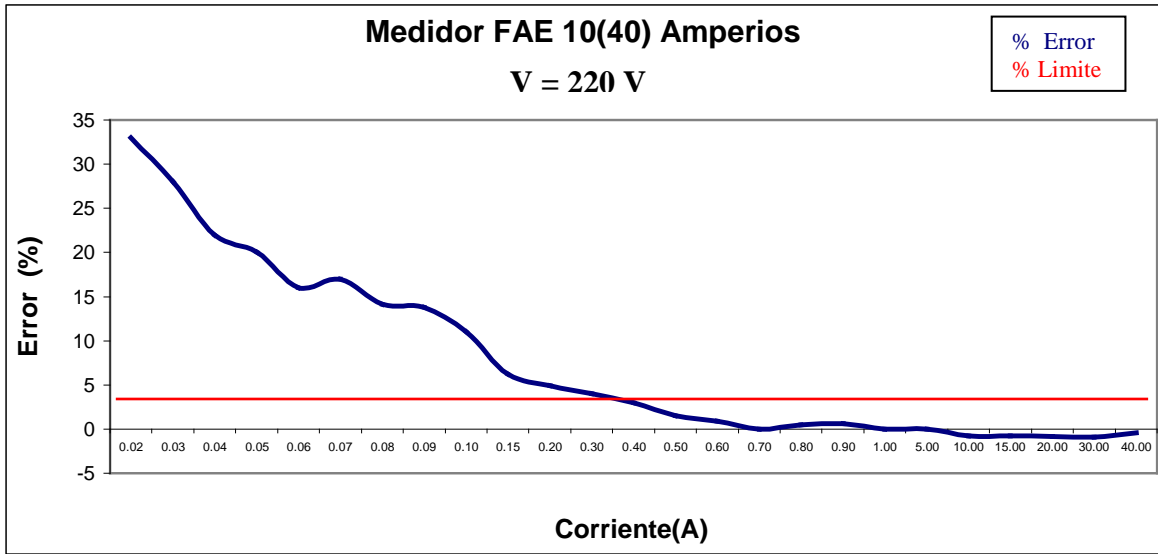
#### MEDIDOR ELECTROMECAÑICO FERRAGENS (FAE)

a.) Las especificaciones técnicas del medidor:

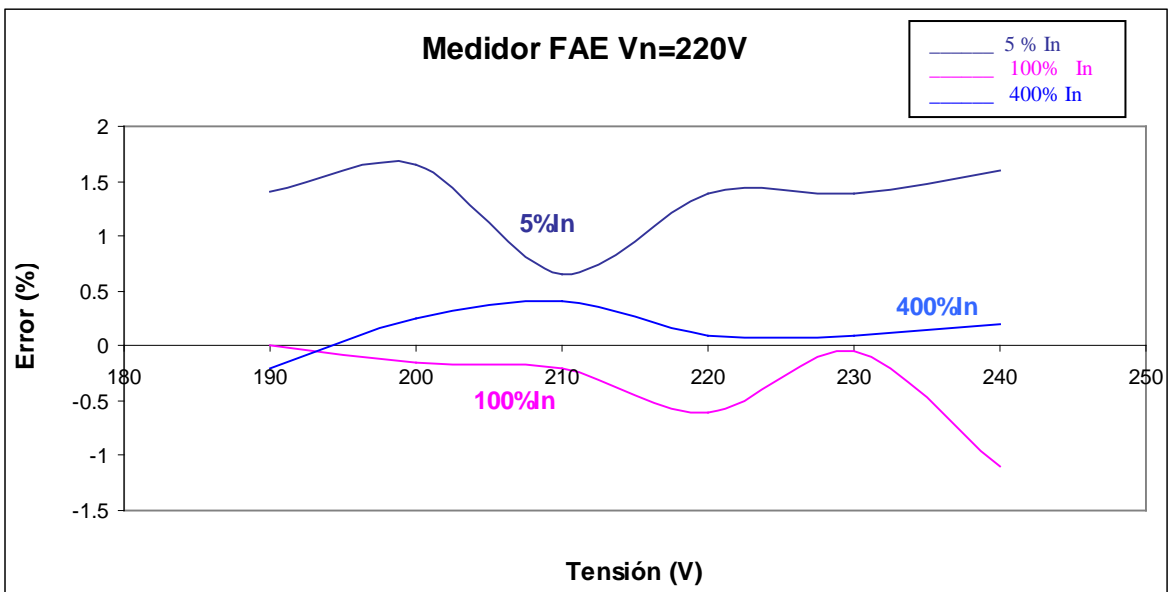
Modelo	: MF-79
Nº de Fases	: Monofásico dos hilos
Tension nominal	: 220 V
Capacidad	: $I_n = 10 \text{ A}$ , $I_{max} = 40 \text{ A}$
Frecuencia	: 60hz
Constante	: 500 rev/kwh – 2 Wh/rev.
Año de fabricación	: 1995
Clase	: 2
País	: Brasil
Dígitos registrador	: 5 enteros 01 decimal
Sistema de suspensión	: magnético
Sistema de regulación	: tornillo milimétrico y barra deslizante
Tipo de registrador	: trinquete
Tapa cubridora	: policarbonato

b.) Resultado de las Pruebas

El comportamiento del error en la pruebas de corriente (a tensión cte.) fig. 01-IV y tensión (a Intensidad de corriente cte.) fig. 02-IV.



**Figura 01-IV Prueba de Corriente**



**Figura 02-IV Prueba de Tensión**

## MEDIDOR ELECTROMECHANICO FUJI ELECTRIC

a.) Las especificaciones técnicas del medidor:

Tipo	: fa33
N° de fases	: monofásico dos hilos
Tensión nominal	: 220v
Capacidad	: 10 In A 30 I <sub>max</sub> A
Frecuencia	: 60hz
Constante	: [600 rev/kwh].
Año de fabricación	: 1982-83
Clase	: 2
País	: Japon
Dígitos registrador	: 4 enteros 01 decimal
Sistema de suspensión	: magnética
Sistema de regulación	: tornillo milimétrico y barra deslizante
Tipo de registrador	: trinquete
Base	: metálica
Tapa cubridora	: vidrio y metálico

b.) Resultado de las Pruebas

El error en la pruebas de corriente (a tensión cte.) fig. 03-IV y tensión (a Intensidad de corriente cte.) fig. 04-IV.

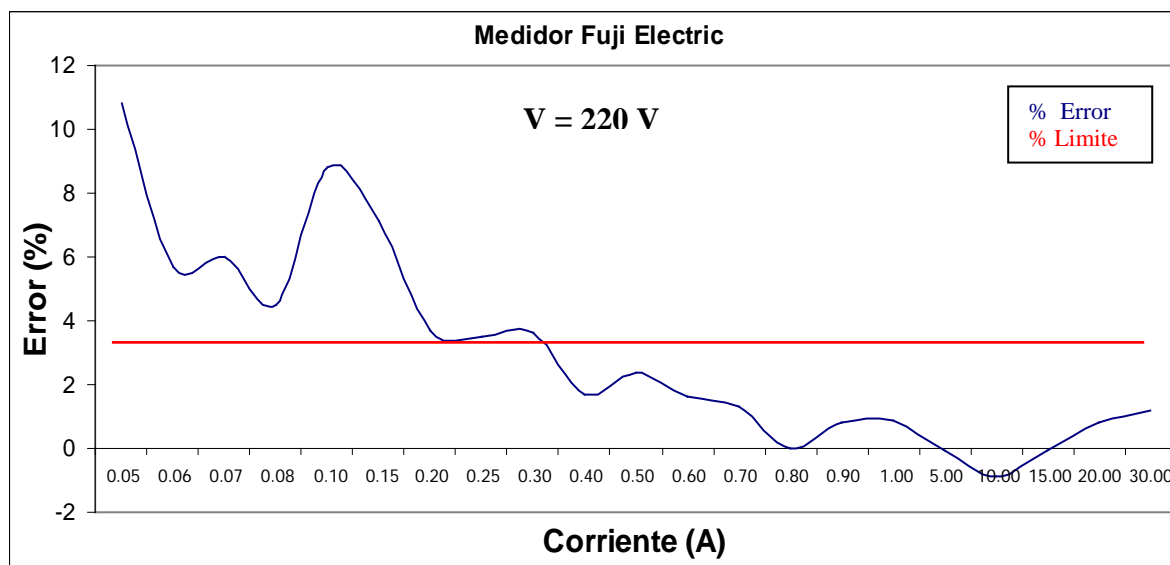


Figura 03-IV Prueba de Corriente

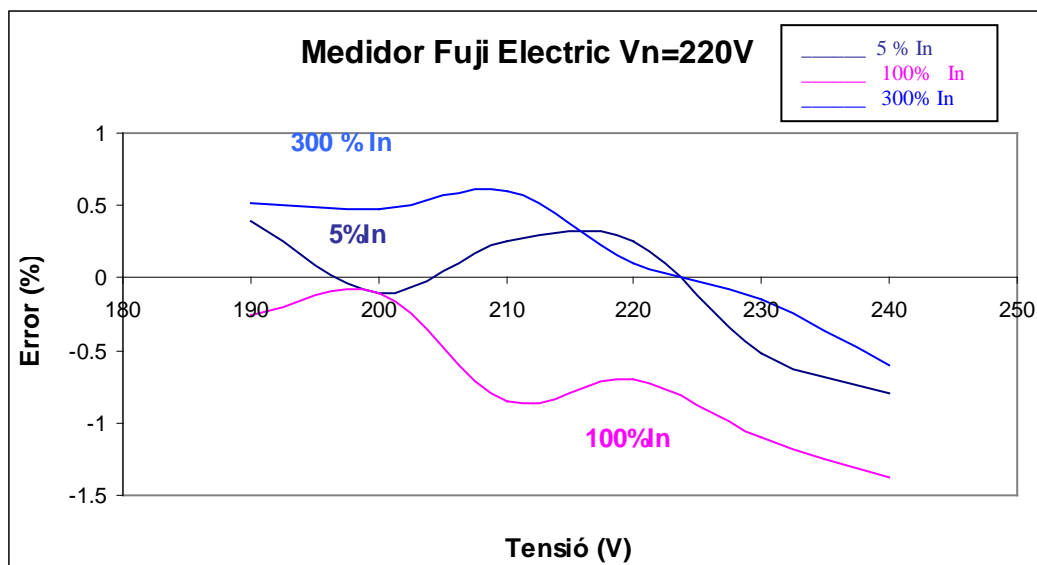


Figura 04-IV Prueba de Tensión

## MEDIDOR ELECTROMECHANICO LANDIS&GIR-INEPAR

a.) Las especificaciones técnicas del medidor:

Tipo	: lgi21-u
N° de fases	: monofásico dos hilos
Tensión nominal	: 220v
Capacidad	: $I_n = 10 \text{ A}$ , $I_{max} = 40 \text{ A}$
Frecuencia	: 60hz
Constante	: 3.2 Wh/rev.
Año de fabricación	: 2000
Clase	: 2
País	: Brasil
Dígitos registrador	: 5 enteros 01 decimal
Sistema de suspensión	: magnética
Sistema de regulación	: tornillo milimétrico y barra deslizante
Tipo de registrador	: trinquete
Tapa cubridora	: vidrio

b.) Resultado de las Pruebas

El comportamiento del error en la pruebas de corriente (a tensión cte.) fig. 05-IV y tensión (a Intensidad de corriente cte.) fig. 06-IV.

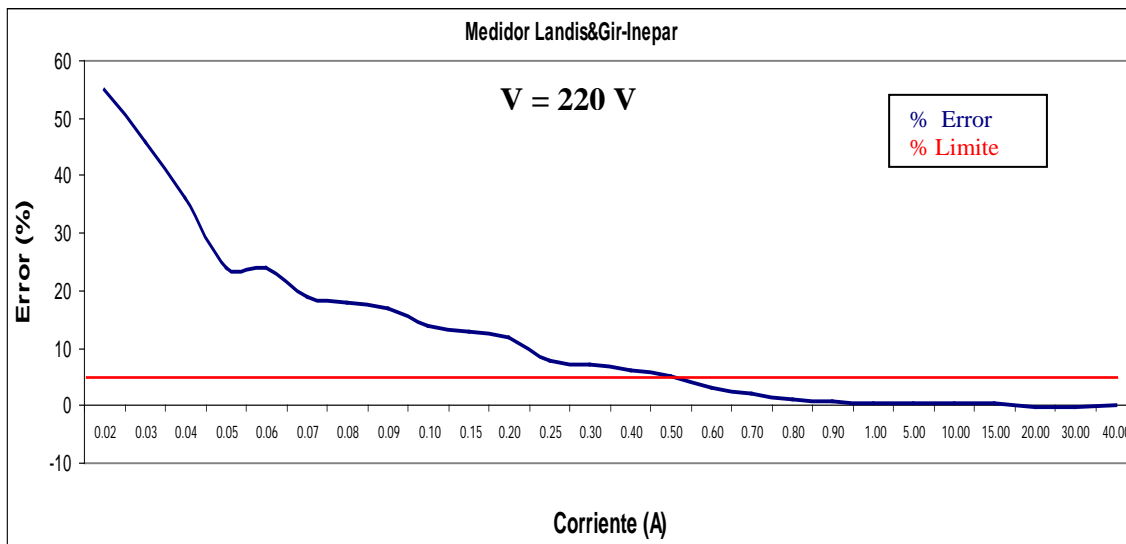


Figura 05-IV Prueba de Corriente

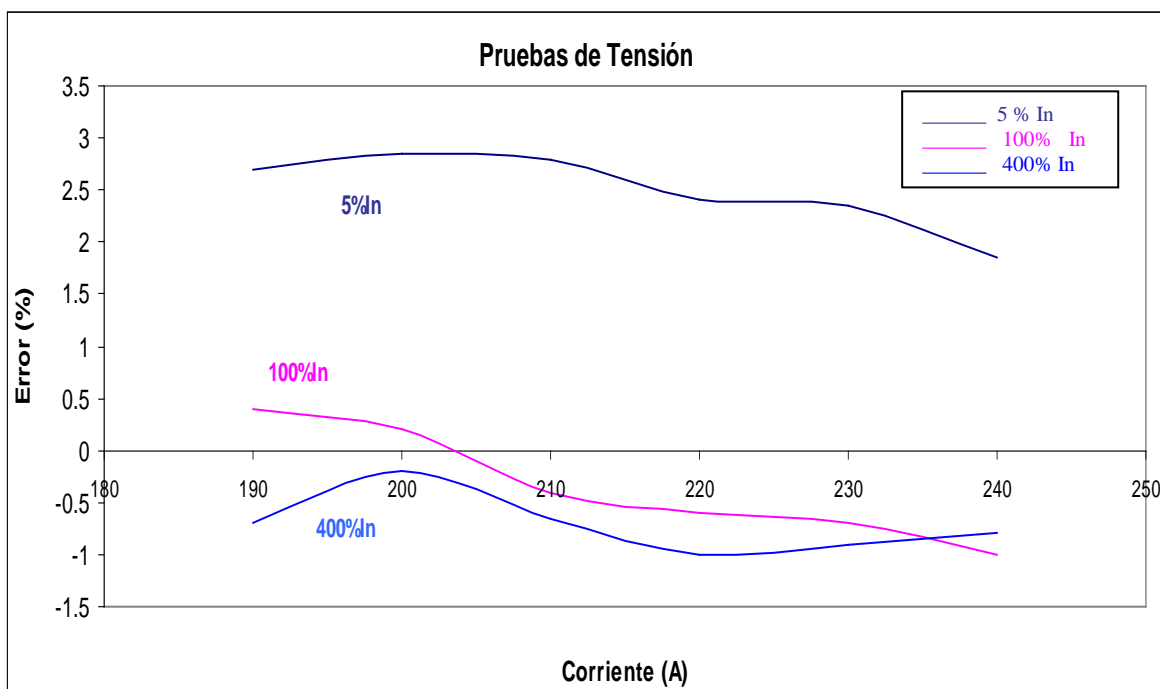


Figura 06-IV Prueba de Tensión

## MEDIDOR ELECTROMECHANICO MELSA

a.) Las especificaciones técnicas del medidor:

Tipo	: dey4
N° de fases	: Monofásico dos hilos
Tension nominal	: 220v
Capacidad	: $I_n = 10 \text{ A}$ , $I_{max} = 40 \text{ A}$
Frecuencia	: 60hz
Constante	: 450 rev/kwh.
Año de fabricación	: 1986 – 1995 dey4
Clase	: 2
País	: Peru
Dígitos registrador	: 5 enteros 01 decimal
Sistema de suspensión	: mecánica
Sistema de regulación	: tornillo milimétrico y barra deslizante
Tipo de registrador	: ciclometrico
Base	: metálica
Tapa cubridora	: metal y policarbonato

b.) Resultado de las Pruebas

El comportamiento del error en la pruebas de corriente (a tensión cte.) fig. 07-IV y tensión (a Intensidad de corriente cte.) fig. 08-IV

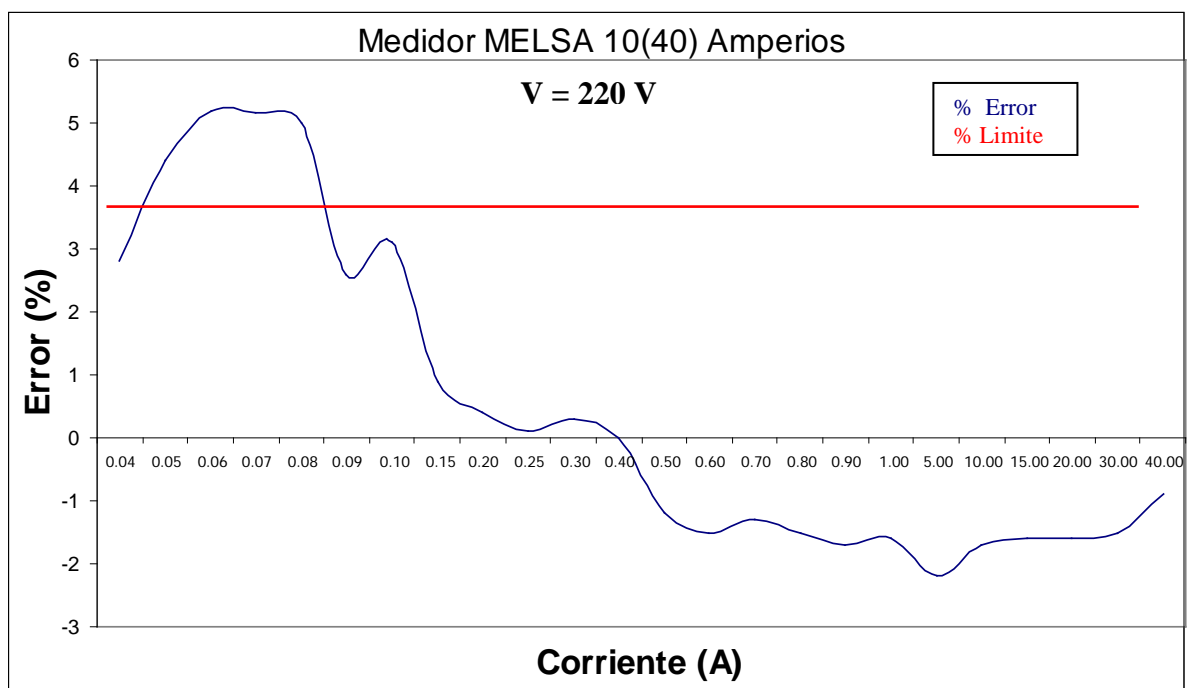


Figura 07-IV Prueba de Corriente

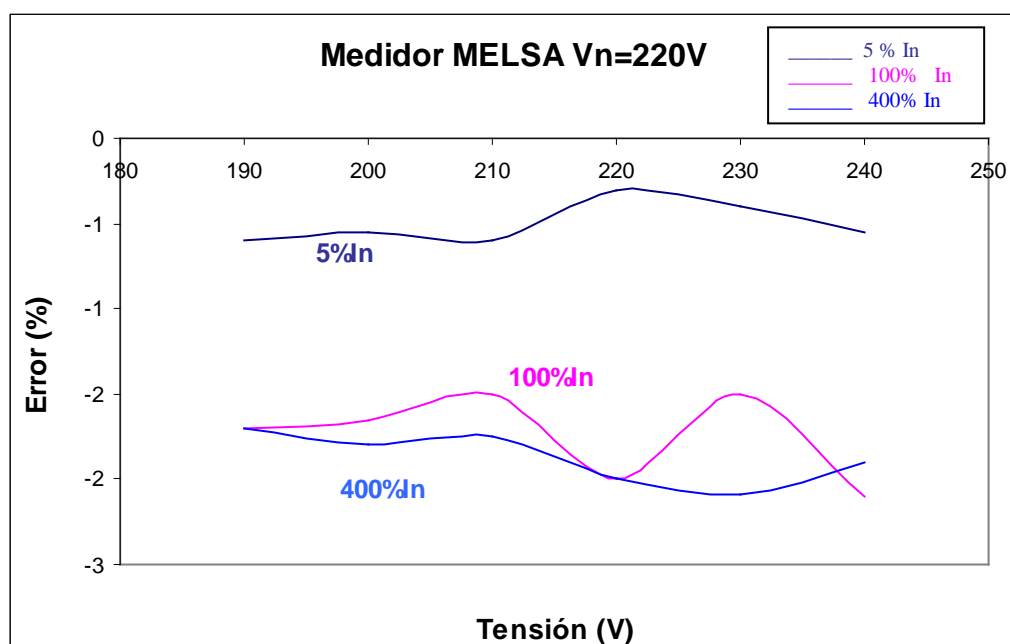


Figura 08-IV Prueba de Tensión

## MEDIDOR ELECTROMECHANICO ABB

a.) Las especificaciones técnicas del medidor:

Tipo	: n4s5h
Tensión nominal	: 220v
Capacidad	: $I_n = 10 \text{ A}$ , $I_{max} = 40 \text{ A}$
Frecuencia	: 60hz
Constante	: 450 rev/kwh
Año de fabricación	: [1993 – 1995]
Clase	: 2
País	: Argentina
Dígitos registrador	: 5 enteros 01 decimal
Sistema de suspensión	: mecánica
Sistema de regulación	: tornillo milimétrico y barra deslizante
Tipo de registrador	: ciclometrico
Tapa cubridora	: metal

b.) Resultado de las Pruebas

El comportamiento del error en la pruebas de corriente (a tensión cte.) fig. 09-IV y tensión (a Intensidad de corriente cte.) fig. 10-IV

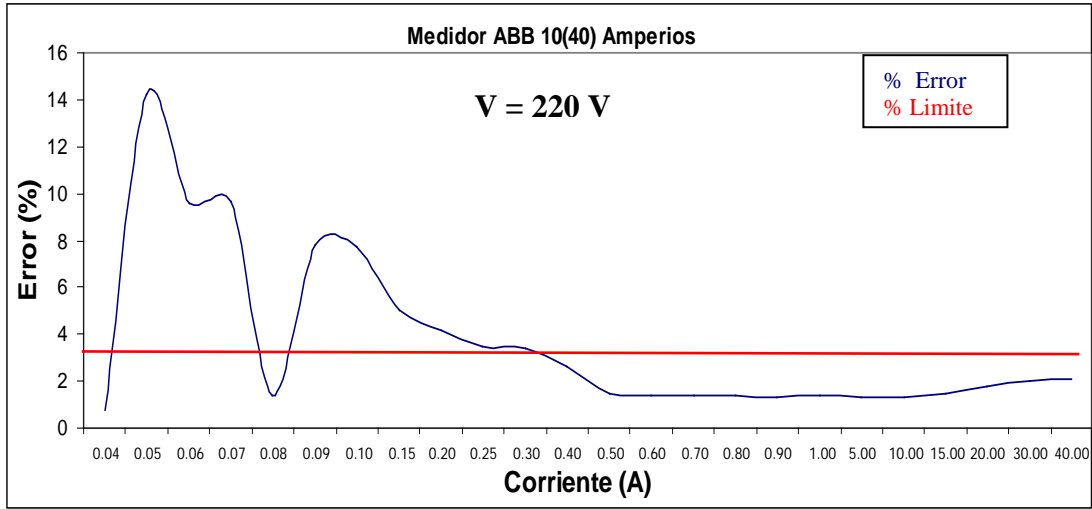


Figura 09-IV Prueba de Corriente

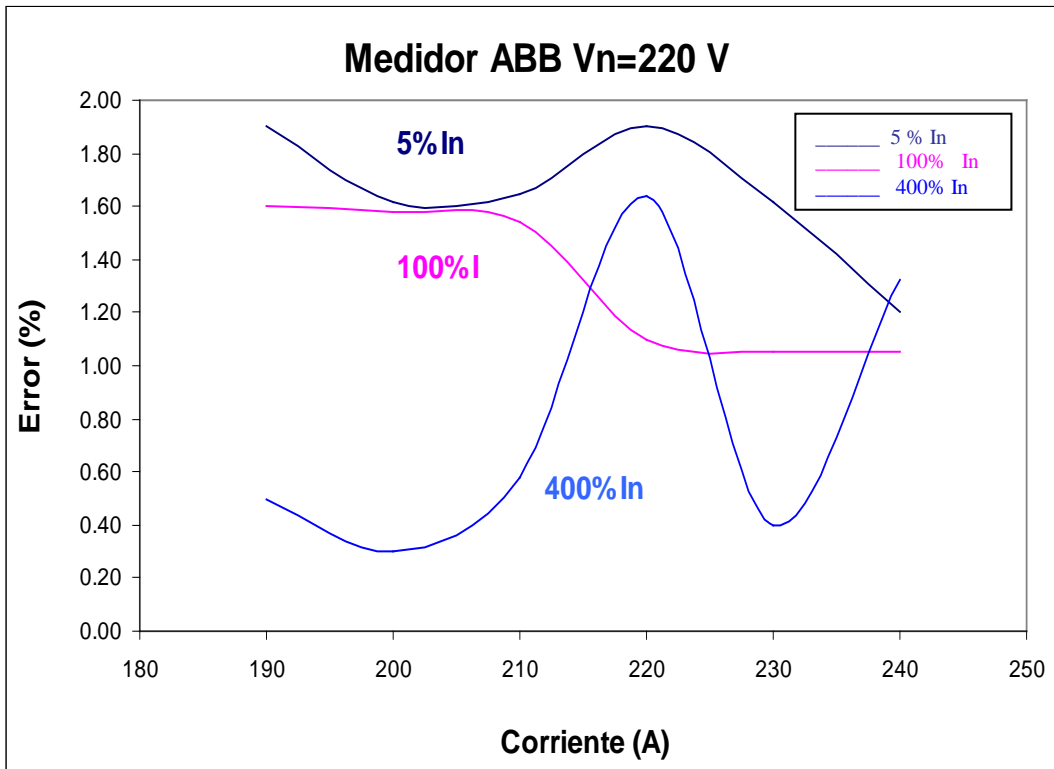


Figura 10-IV Prueba de Tensión

## IV.2 Influencia del Transporte

Se realizaron pruebas a medidores electromecánicos de marcas distintas, las pruebas consistieron en transportar a los medidores en tres condiciones diferentes a saber:

- Dentro de caja para transporte (Anexo C)
- Sin caja para transporte y sobre el piso de la cabina de camioneta
- Sin caja para transporte y sobre la tolva de camioneta

En todos los casos se empleó como vehículo de transporte una camioneta de tracción simple.

En el laboratorio se realizaron pruebas de carga a tensión constante antes y después de ser transportados

Los resultados se muestran a continuación :

### *Antes del transporte*

LUGAR DE TRANSPORTE	MARCA DEL MEDIDOR	SERIE DEL MEDIDOR	VALORES DE LAS PRUEBAS				
			VOLTAJE	5%In	10%In	100%In	I <sub>max</sub>
CAJA PORTAMEDIDOR	Schlumberger	875366	220	2.13	1.32	0.86	0.77
	ABB	9947424	220	0.57	0.24	0.81	-0.54
	Landis & GYR	0118527	220	-1.75	-0.96	-0.02	-0.30
SOBRE EL PISO DE LA CABINA	Schlumberger	1022679	220	0.06	-0.09	0.66	0.78
	ABB	9947430	220	0.95	-1.65	1.25	-1.14
SOBRE LA TOLVA DE LA CAMIONETA	Schlumberger	1099114	220	0.85	0.48	0.38	1.31
	ABB	9947421	220	0.00	-0.23	0.87	-1.39
	Landis & GYR	0040461	220	0.47	0.19	-0.10	-0.39

### *Después del transporte*

LUGAR DE TRANSPORTE	MARCA DEL MEDIDOR	SERIE DEL MEDIDOR	VALORES DE LAS PRUEBAS				
			VOLTAJE	5%In	10%In	100%In	I <sub>max</sub>
CAJA PORTAMEDIDOR	Schlumberger	875366	220	2.72	1.51	1.04	0.70
	ABB	9947424	220	1.00	0.43	1.33	-0.97
	Landis & GYR	0118527	220	-2.20	-0.84	0.08	-0.55
SOBRE EL PISO DE LA CABINA	Schlumberger	1022679	220	-0.57	-0.35	0.99	0.84
	ABB	9947430	220	-0.48	-0.67	0.54	-0.62
SOBRE LA TOLVA DE LA CAMIONETA	Schlumberger	1099114	220	1.14	0.92	0.53	1.25
	ABB	9947421	220	1.19	0.48	1.30	-0.90
	Landis & GYR	0040461	220	-0.53	-0.68	0.10	0.02

*Variaciones de error resultantes*

LUGAR DE TRANSPORTE	MARCA DEL MEDIDOR	SERIE DEL MEDIDOR	VALORES DE LAS PRUEBAS			
			5% In	10%In	100%In	Imax
CAJA PORTAMEDIDOR	Schlumberger	875366	0.59	0.19	0.18	0.06
	ABB	9947424	0.43	0.19	0.52	0.43
	Landis & GYR	0118527	0.45	0.12	0.10	0.25
SOBRE EL PISO DE LA CABINA	Schlumberger	1022679	0.63	0.26	0.33	0.06
	ABB	9947430	1.44	0.98	0.71	0.53
SOBRE LA TOLVA DE LA CAMIONETA	Schlumberger	1099114	0.29	0.44	0.15	0.06
	ABB	9947421	1.19	0.70	0.43	0.49
	Landis & GYR	0040461	1.00	0.87	0.20	0.41

**IV.3 Influencia de la Instalación**

Las pruebas consistieron en evaluar la influencia de la posición de trabajo del medidor.

Las pruebas se realizaron a los medidores de las siguientes características técnicas

	MEDIDOR # 01	MEDIDOR # 02
Marca	Landis GYR	ABB
Const.	3,2 Wh/rev	450 rev/Kwh
In(Imax)	10(40) A	10(40) A

Primero se procedió a realizar pruebas a los medidores en posición correcta (Anexo D)

**Error encontrado sin inclinación ni giro**

Tensión	Corriente	Landis e%	ABB e%
220	5% In	0.16	0.64
	10 %In	-0.02	0.30
	100% In	-0.29	0.86
	Imax	-0.66	0.35

Error resultante en condiciones de montaje con inclinación **hacia delante** ( $\theta_1=3.06^\circ$ ;  $\theta_2=5.10^\circ$ )

Corriente	LANDIS GYR		ABB	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
5% In	0.44	-32.96	0.60	-1.10
10% In	0.19	-49.95	-0.06	-0.74
100% In	-0.15	-0.23	0.80	0.45
Imax	-0.49	-0.51	0.25	0.16

Error resultante en condiciones de montaje con inclinación **hacia atrás** ( $\theta_1=3.06^\circ$ ;  $\theta_2=5.10^\circ$ )

Corriente	LANDIS GYR		ABB	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
5% In	0.50	0.50	1.05	0.21
10% In	0.09	-0.03	0.57	0.26
100% In	-0.06	-0.21	1.00	0.79
Imax	-0.52	-0.56	0.38	0.38

En las figuras 11-IV y 12- IV se muestran los resultados gráficamente

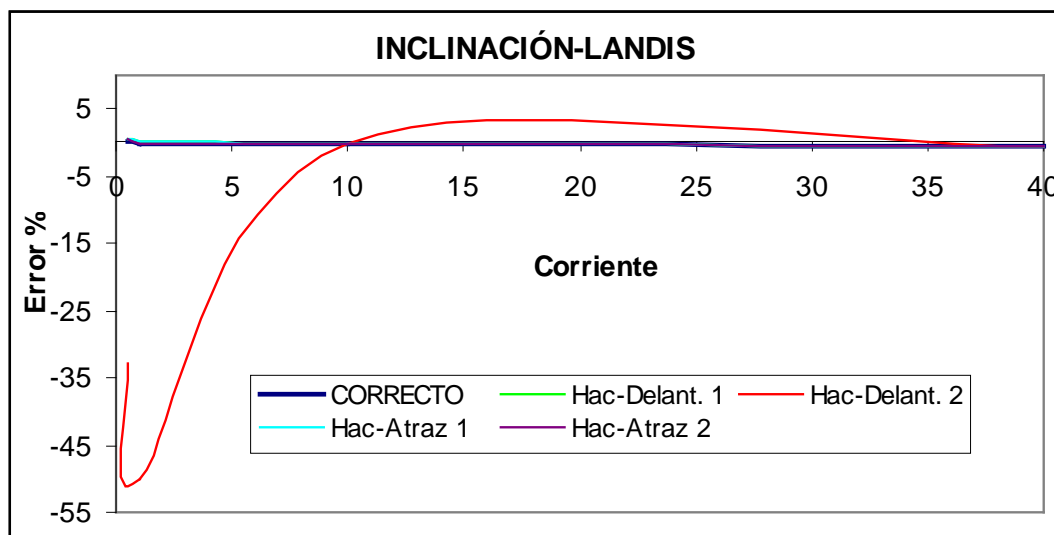


Figura 11-IV

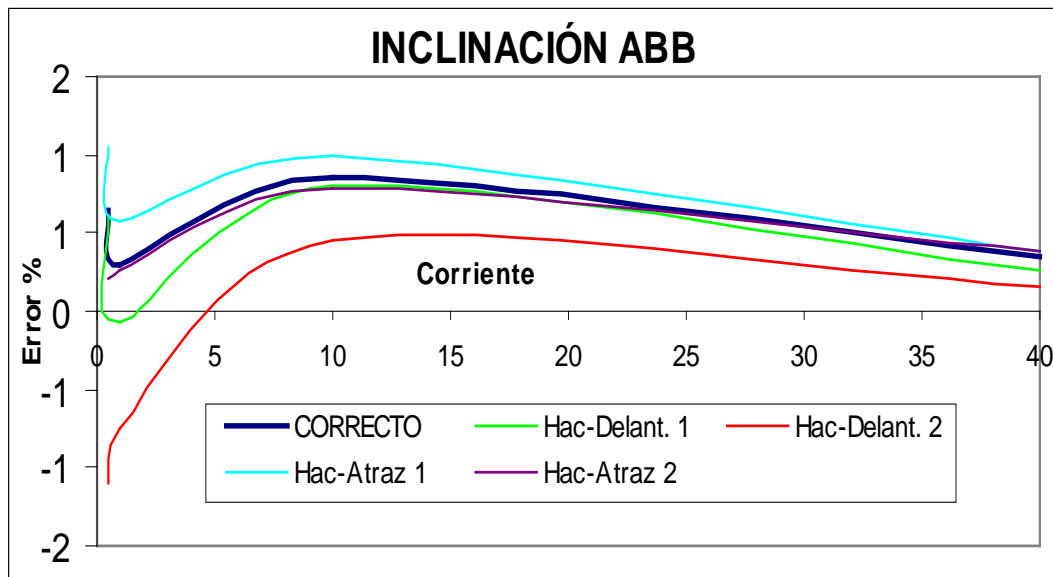


Figura 12-IV

Error resultante en condiciones de montaje con **giro horario** ( $\beta_1=3.72^\circ$ ;  $\beta_2=9.74^\circ$ )

Corriente	LANDIS GYR		ABB	
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_2$
5% In	-2.56	-4.22	0.29	-4.01
10% In	-1.89	-2.14	-0.23	-1.68
100% In	-0.32	-0.55	0.61	0.42
Imax	-0.49	-0.61	0.16	0.16

Error resultante en condiciones de montaje con **giro anti-horario** ( $\beta_1=3.72^\circ$  ;  $\beta_2=9.74^\circ$ )

Corriente	LANDIS GYR		ABB	
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_2$
5% In	0.30	0.10	1.60	-1.56
10% In	-0.10	-0.08	0.64	-0.73
100% In	-0.10	-0.27	0.80	0.84
Imax	-0.49	-0.51	0.70	0.50

En las figuras 13 –14 IV se muestran los resultados gráficamente

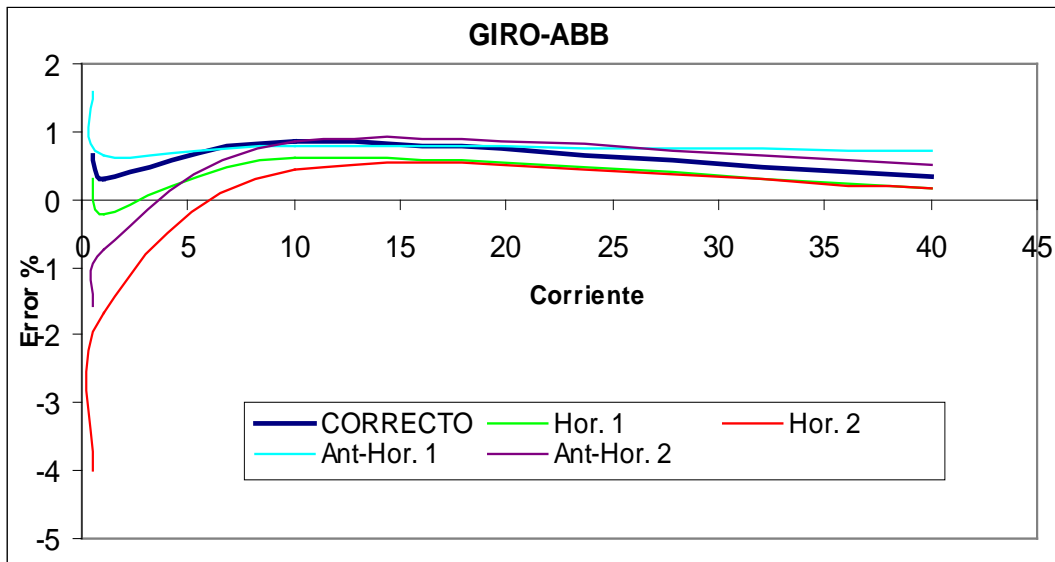


Figura 13-IV

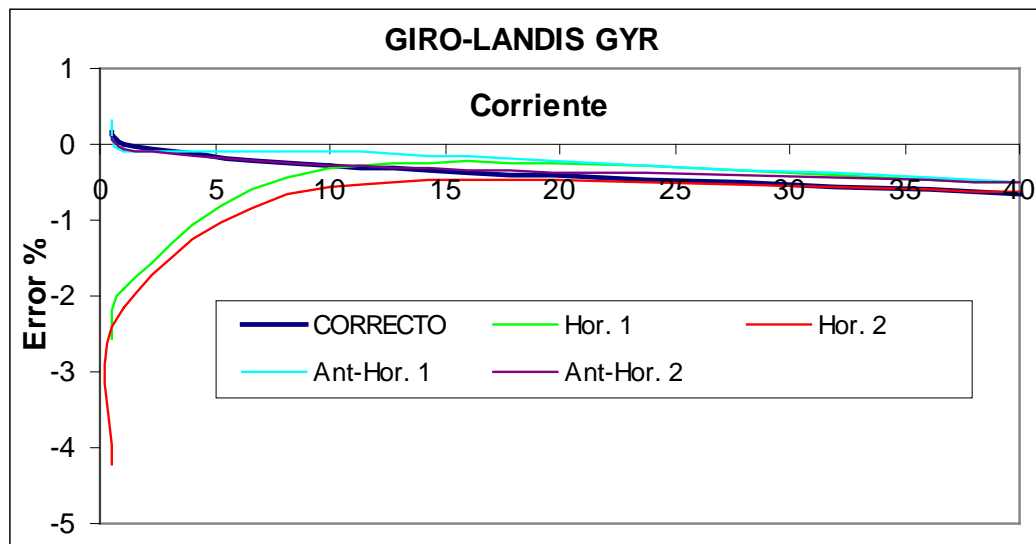


Figura 14-IV

Estas posiciones se muestran en el Anexo E

## CONCLUSIONES

### GENERALES

- La mala calidad en la precisión de la medida que se encontró en ELECTRONOROESTE S.A, ha sido consecuencia de no haberse respetado las normas y reglamentaciones metrológicas existentes a si como la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, falta de conocimiento del medidor y/o sistema de medición por parte del personal encargado y a una mala programación de las actividades de saneamiento de las subestaciones de distribución.
- Tal como se muestra en el capítulo III los resultados obtenidos con este programa son favorables.
- Así mismo la aplicación de la estrategia definida ha permitido interactuar con los usuarios del servicio lo cual ha hecho posible la adquisición de mayor información tanto del sistema de medición como los deberes y obligaciones frente a la empresa.
- El éxito de esta estrategia en ELECTRONOROESTE S.A sirvió de ejemplo para que otra empresa, Electrocentro S.A., aplique el mismo procedimiento con iguales resultados.

### ESPECIFICAS

- Con sólo un 17% de avance de la estrategia se ha logrado reducir en 6.16% el índice de pérdidas lo cual ha significado una recuperación de \$ 4,890.00 mensuales.

### AUTOCRITICA

- La verificación de los equipos de medición de ELECTRONOROESTE S.A. debió ser realizada por un ente externo.
- El reducido avance de la estrategia del control es debido a que esta se viene realizando con las limitaciones de instrumental y personal de la Oficina de Control de Calidad.
- La estrategia de control debió estar acompañada por elementos de un análisis estadístico riguroso.

## **RECOMENDACIONES**

- Para mantener los buenos resultados de la estrategia se recomienda su aplicación considerando una frecuencia de 4 años.
- Estudiar la posibilidad de incluir la estrategia como una actividad permanente de la empresa, dentro de la actividad de mantenimiento.
- Se debería contemplar la evaluación del personal de campo.

## Bibliografía

- A. Bandini Buti/m. Bertolini. “Misure Electtriche ( electrónica Practica) 1982 Volum II” 200 pag. Editoriale delfino-milano.
- Dr. Ing Melchior stockl Traductor Dr Josè m.a vidal llenas. “La Escuela del Técnico Electricista” 1964 Tomo III. 320 pag Editorial labor S.A.
- IEC “International electrotechnical comisión”. publication 514 1996
- Indecopi. “Normas Metrologicas Paruanas NMP 006” 1997
- Indecopi. “Normas Metrologicas Paruanas NMP 007” 1998
- Indecopi “Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición“.2001
- MEN “Compendio de Normas del Subsector Eléctrico” 2000
- MEN. “Código Nacional de Electricidad” 1978

Anexo A
---------

## PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL ERROR CON EL VERIFICADOR

Para calcular el error E% se emplea la siguiente formula

$$E\% = \frac{(L \text{ med } \emptyset - L \text{ verificador}) \times 100}{L \text{ verificador}}$$

Donde:

- **L med  $\emptyset$**  : es la constante del medidor a probar, se muestra en la placa del mismo, podría ser por ejemplo:
  - a) 375 Rev/Kwh
  - b) 450 Rev/Kwh
  - c) 3.2 Wh/rev.

Interesa expresar L med  $\emptyset$  en Wh/rev

Así, para los casos anteriores tendremos:

$$a) \quad L \text{ med } 1\emptyset = \frac{1000}{375 \text{ rev/kwh}} = 2.6667 \text{ Wh/rev.}$$

$$b) \quad L \text{ med } 1\emptyset = \frac{1000}{450 \text{ rev/kwh}} = 2.2222 \text{ Wh/rev.}$$

$$c) \quad 3.2 \text{ Wh/rev} \longrightarrow \text{Se usa directamente.}$$

Se recomienda considerar en los cálculos hasta 4 decimales de aproximación.

- **L verificador** es el valor a obtener en Wh/rev en el verificador, se calcula con la siguiente expresión.

$$L \text{ verificador Wh/rev} = \frac{(\text{Lectura ZMC}) \times 1000}{3 \times 2 \times \# \text{ de vueltas}}$$

Triple Arrollamiento
Período de Integración

Asi para una lectura en la prueba de 0.03166 entonces:

$$\begin{aligned}
 L \text{ verificador} &= \frac{(0.03166) \times 1000}{3 \times 2 \times 2} \\
 &= \frac{0.03166}{12} \times 1000 = 2.6383 \text{ Wh/rev}
 \end{aligned}$$

Nota: para la verificación del medidor se debe tener en cuenta que la tensión de prueba este dentro del rango de  $\pm 5\% \Delta$

*Ejemplo de calculo de error:*

Se tiene un medidor monofásico clase 2, tensión nominal 220 V, corriente nominal 10 A., corriente máxima 40 A. y constante 375 rev/kwh. Se realizaron 2 ensayos en carga baja, con el ZMC se verificó lo siguiente:

Ensayo	Carga Baja	L verificador
1	0.03166	$\frac{0.03166 \times 1000}{12} = 2.6383 \text{ Wh/rev.}$
2	0.03162	$\frac{0.03162 \times 1000}{12} = 2.635 \text{ Wh/rev.}$

#### Constante del medidor en Wh/rev (L med)

$$L \text{ med. } \emptyset = \frac{1000}{375 \text{ rev/kwh}} = 2.6667 \text{ Wh/rev.}$$

*Para el ensayo #1:*

$$E\% = \frac{(2.6667 - 2.6383)}{2.6383} \times 100 = 1.075\%$$

*Para el ensayo #2:*

$$E\% = \frac{(2.6667 - 2.635)}{2.635} \times 100 = 1.203\%$$

#### Error promedio:

$$E = \frac{1.075 + 1.203}{2} = 1.139\%$$

## Anexo B

## **PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL ERROR EN EL LABORATORIO**

$$E\% = \frac{\text{Energía registrada por el medidor} - \text{energía verdadera}}{\text{energía verdadera}} * 100\%$$

Nota: Puesto que no se puede determinar el valor de la energía verdadera, se toma un valor aproximado con una precisión especificada que pueda ser trazada a un patrón acordado entre el fabricante y el usuario, o patrones nacionales.

Energía verdadera : Valor tomado del patrón de contraste.

Energía registrada por el medidor : Equivalente a la constante del medidor en Wh/rev.

### **EJEMPLO**

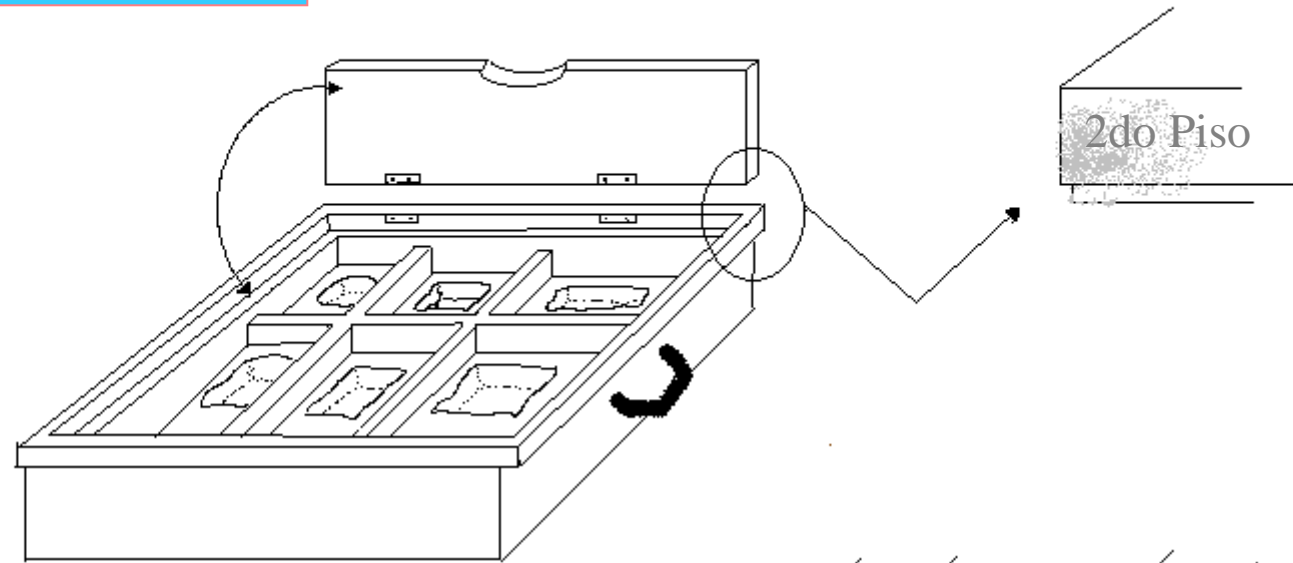
Medidor Melsa tipo DEy4 , 450 rev/Kwh = 2,222 Wh/rev

Valor tomado del patrón de contraste = 2,175 Wh/rev (energía verdadera)

$$E\% = \frac{2,222 - 2,175}{2,175} * 100 = 0,02\%$$

## Anexo C

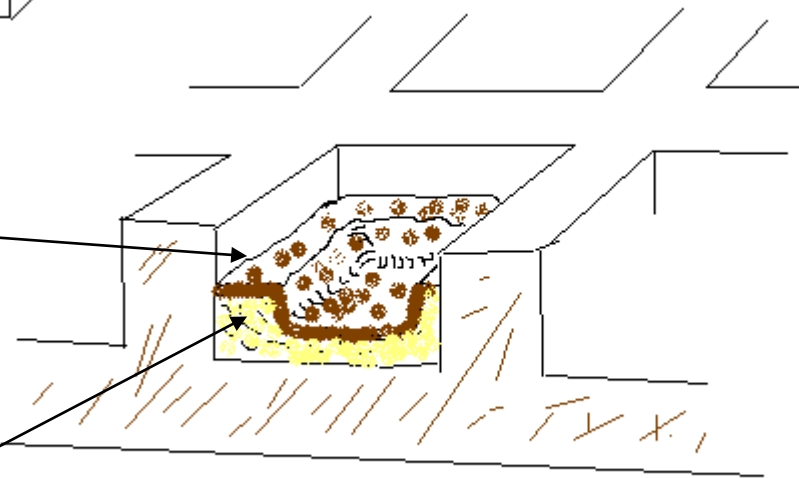
# CAJA PORTAMEDIDORES



2do Piso

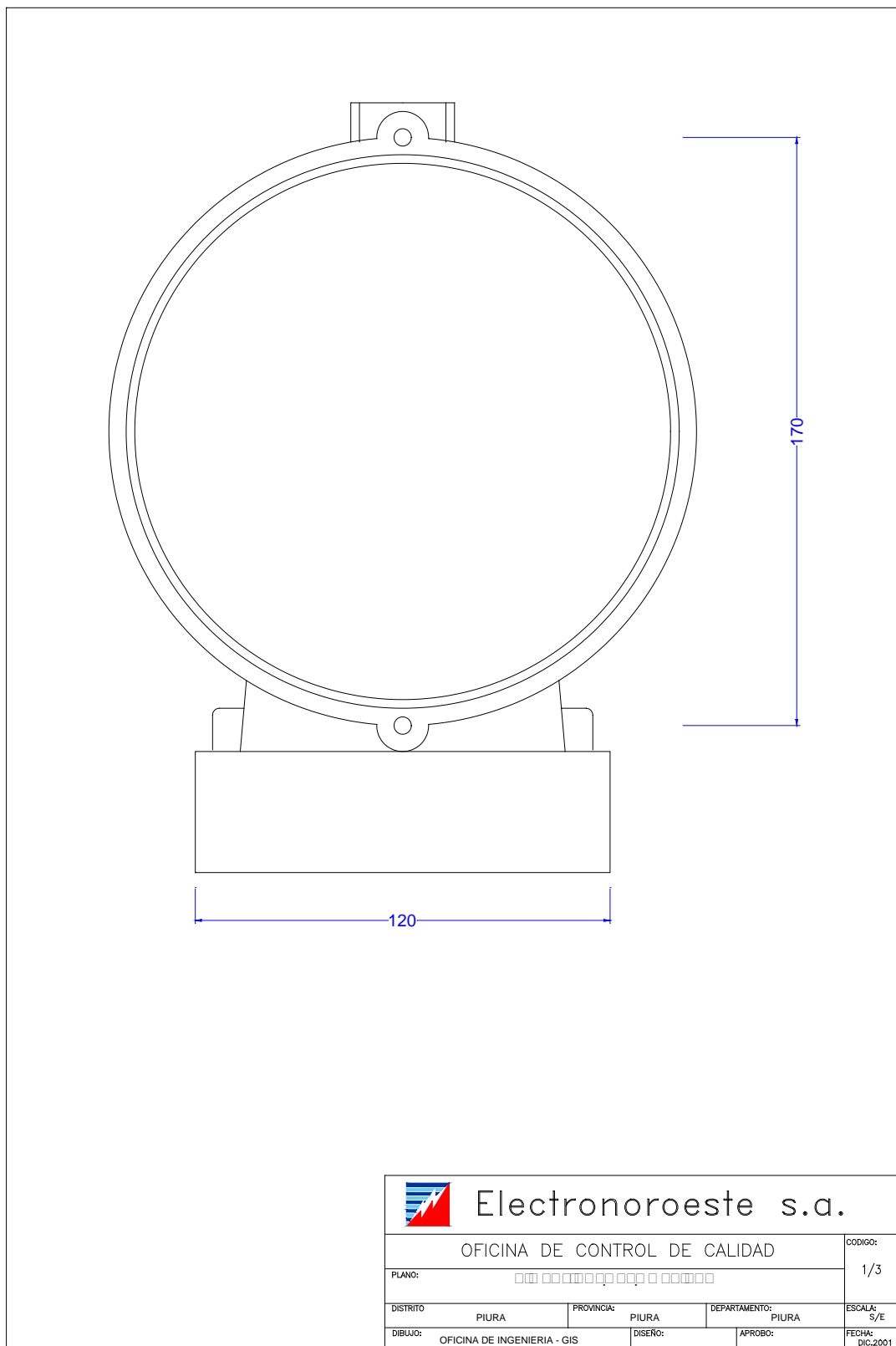
Marroquín

Esponja



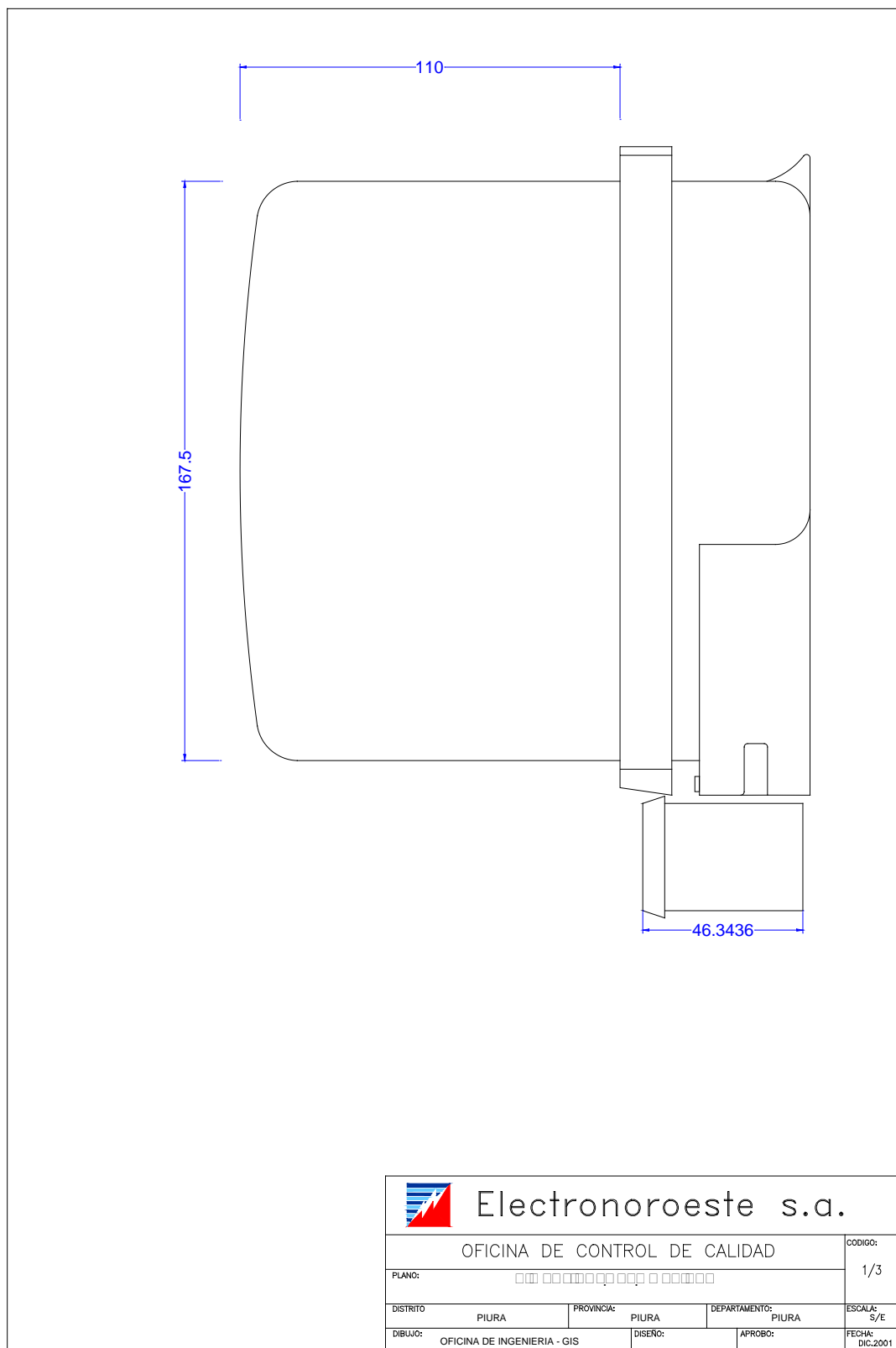
ANEXO D
---------

**CORRECTA POSICIÓN**



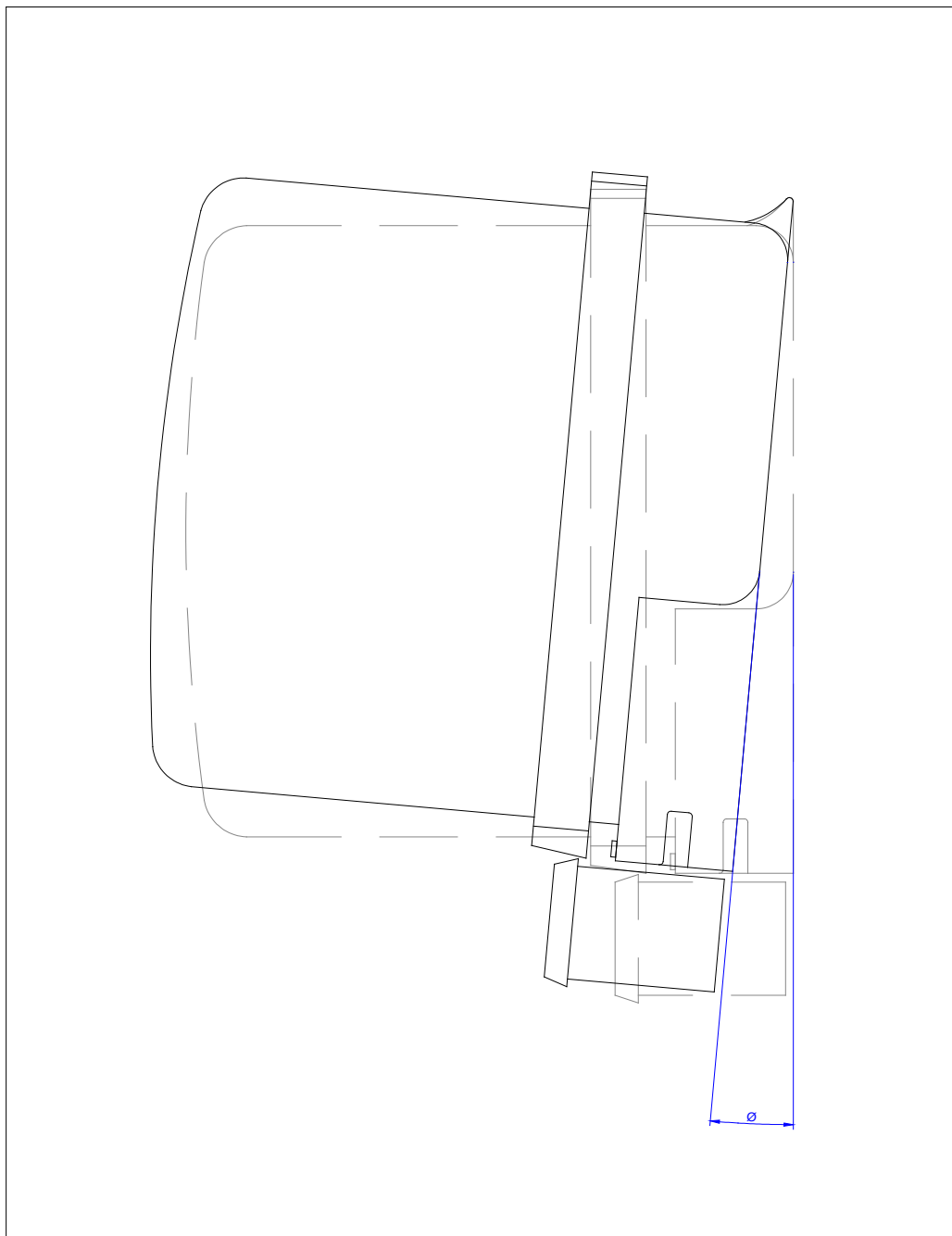
 <b>Electronoroeste s.a.</b>			
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO:
PLANO: □□ □□□□□□□□ □□□ □□□□□□			1/3
DISTRITO: PIURA	PROVINCIA: PIURA	DEPARTAMENTO: PIURA	ESCALA: S/E
DIBUJO: OFICINA DE INGENIERIA - GIS	DISEÑO:	APROBO:	FECHA: DIC.2001

## CORRECTA POSICIÓN



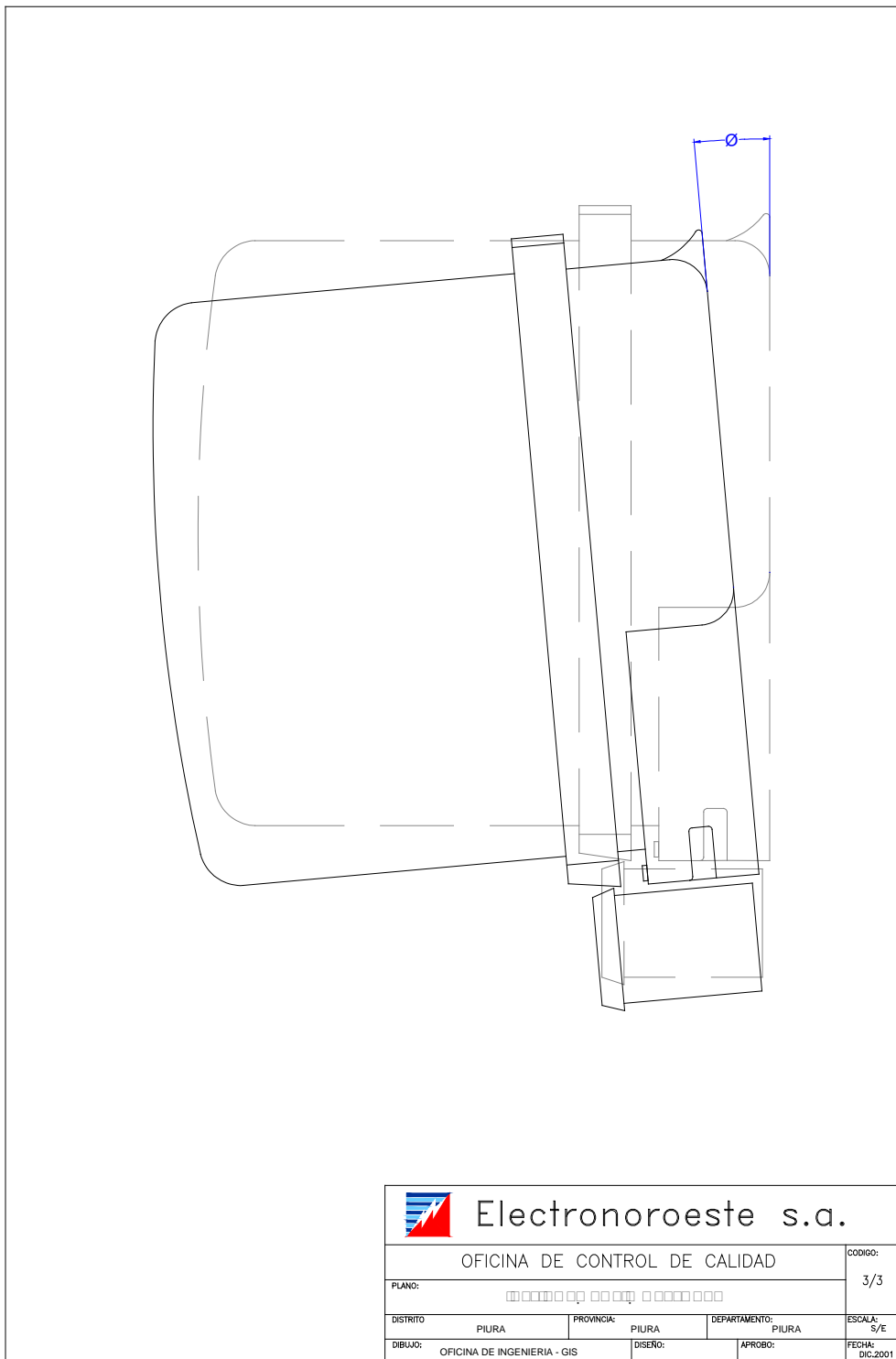
ANEXO E
---------

**CON INCLINACIÓN**



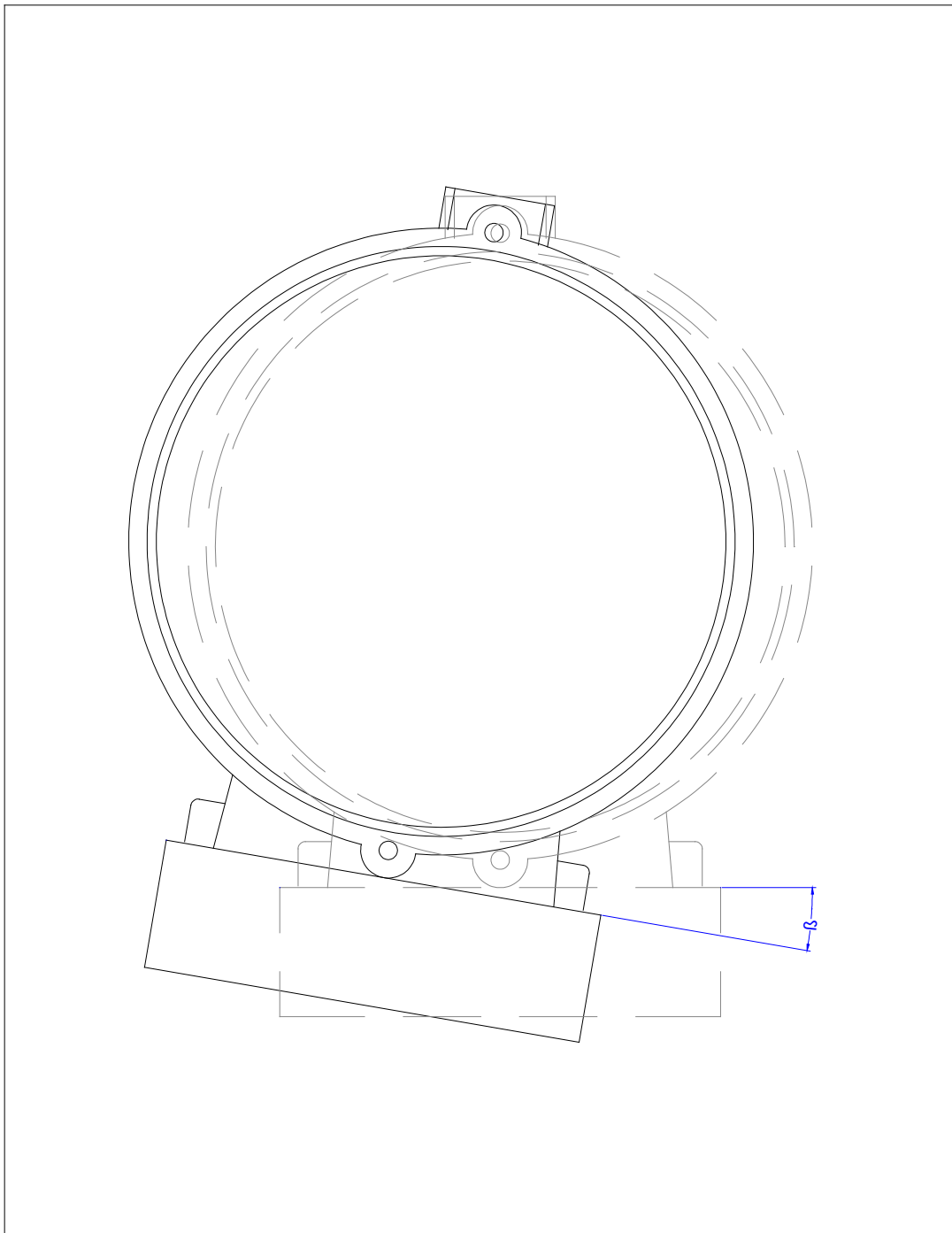
 <b>Electronoroeste s.a.</b>			
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO: 2/3
PLANO: □□□□□□ □□ □□□□ □□□□□			
DISTRITO PIURA	PROVINCIA: PIURA	DEPARTAMENTO: PIURA	ESCALA: S/E
DIBUJO: OFICINA DE INGENIERIA - GIS	DISEÑO:	APROBO:	FECHA: DIC.2001

**CON INCLINACIÓN**



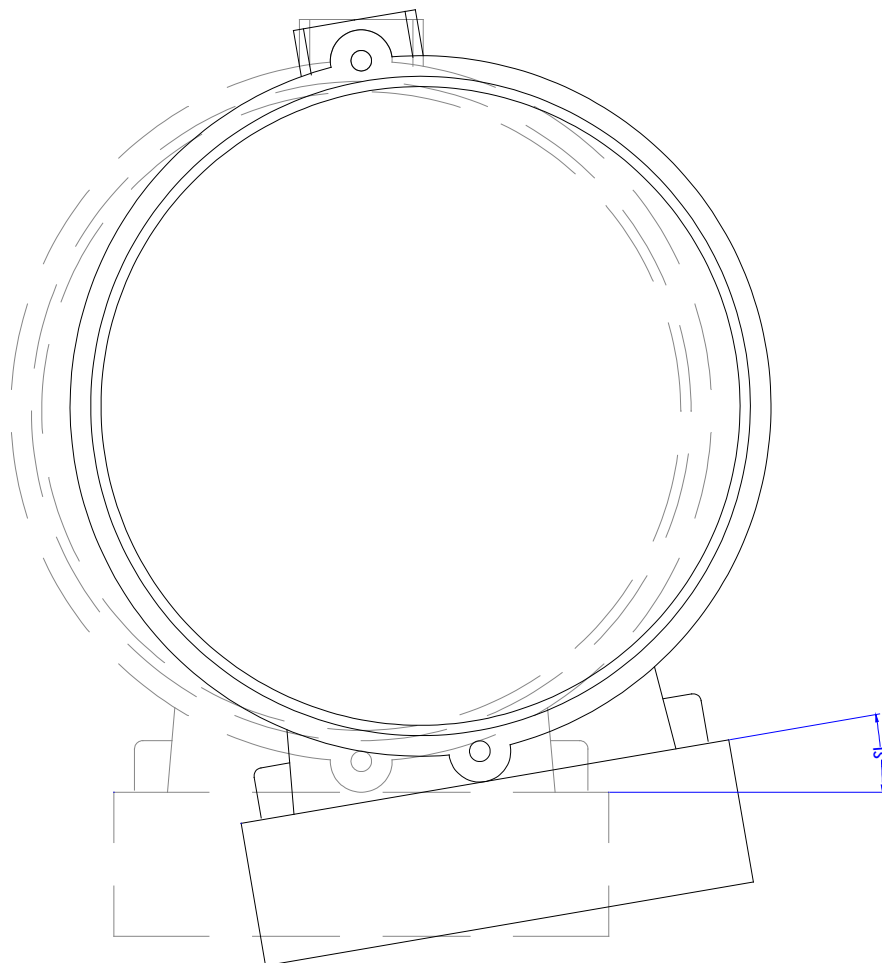
 <b>Electronoroeste s.a.</b>				
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO:	
PLANO:				3/3
DISTRITO PIURA	PROVINCIA: PIURA	DEPARTAMENTO: PIURA	ESCALA: S/E	
DIBUJO: OFICINA DE INGENIERIA - GIS	DISEÑO:	APROBO:	FECHA: DIC.2001	

**CON GIRO**



 <b>Electronoroeste s.a.</b>			
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO: 2/3
PLANO: □□□ □□□□□□			
DISTRITO PIURA	PROVINCIA: PIURA	DEPARTAMENTO: PIURA	ESCALA: 5/E
DIBUJO: OFICINA DE INGENIERIA - GIS	DISEÑO:	APROBO:	FECHA: DIC.2001

**CON GIRO**



 <b>Electronoroeste s.a.</b>				
OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO:	
PLANO:				3/3
				
DISTRITO PIURA	PROVINCIA: PIURA	DEPARTAMENTO: PIURA	ESCALA: S/E	
DIBUJO: OFICINA DE INGENIERIA - GIS	DISEÑO:	APROBO:	FECHA: DIC.2001	