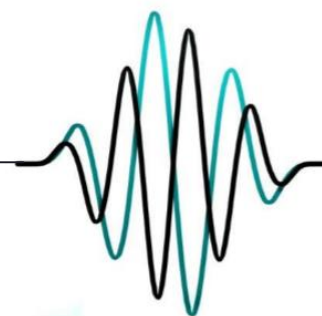




INSPT
UTN

LABORATORIO DE MEDICIONES



LIC. PROF. RICARDO G. DEFRANCE

Miembro Comité Normas de Concepto – AEA
Miembro Subcomité Medición de la Resistencia de PAT - IRAM



INSPT
UTN

INSTRUMENTOS DIGITALES

PARTE I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS



INSPT
UTN

INTRODUCCIÓN

La base de la **electrónica digital** radica en que se dispone de un número finito de estados fácilmente diferenciables, entendiéndose por estado un nivel fijo de tensión de una duración determinada. El número mínimo de estados es dos y es el método por el que se rigen los sistemas binarios. A estos sistemas solo se le pueden asignar dos estados diferentes durante su funcionamiento, aunque admiten cambiar de estado con el tiempo.

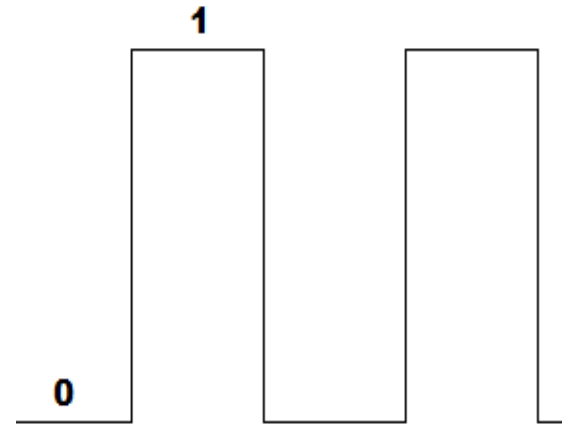
Los números que representan estos dos estados son el 0 y el 1. En lógica positiva, el nivel lógico 0 equivale a cero Volt de tensión y el nivel lógico 1, a un nivel de tensión positivo previamente establecido.



INSPT
UTN

ELECTRÓNICA DIGITAL

Así, una señal de salida, o de entrada, puede estar enviando (o recibiendo) una serie de estados, ceros y unos, que serán función de su desarrollo interno. Cuando estos cambios de estado aparecen referidos a una señal periódica de ceros y unos, a cada espacio de tiempo igual al periodo de la señal de referencia, independientemente si ha producido un cambio o no, se lo denomina dígito binario o “bit”, este último vocablo, procedente del inglés, es el más extendido y aceptado.





INSPT
UTN

ELECTRÓNICA DIGITAL

Cuando trabajamos con niveles de tensión para determinar los dos estados, nos encontramos con que resulta difícil conseguir en ciertos circuitos una tensión de 0 V exactos y una de 5 V, también estable. En realidad se definen márgenes, de manera que cada estado lógico queda claramente definido; por ejemplo, podemos decir que vamos a interpretar como nivel lógico 0, una tensión comprendida entre 0 y 0,8 V y un nivel lógico 1, como una tensión comprendida entre 2 y 5 V. Cualquier nivel de tensión comprendido entre estas dos franjas de tensión (o sea entre 0,8 y 2 V), no está determinado y la respuesta del circuito lógico ante estas entradas no será probablemente la correcta.



INSPT
UTN

ELECTRÓNICA DIGITAL

Los circuitos lógicos pueden trabajar con una señal de referencia que se denomina *reloj*, de tal manera que los cambios de estado se producen en sincronía con dicha señal. Esta señal tiene una determinada frecuencia que dependerá de las necesidades de cada circuito.

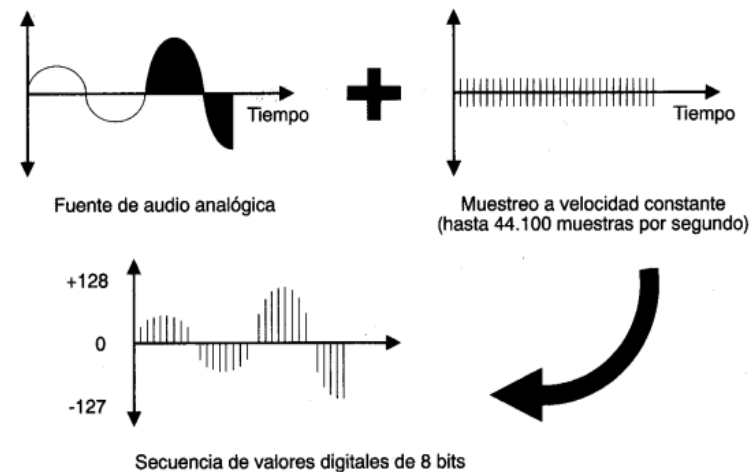
Los cambios de estado no se producen instantáneamente, sino que se invierte un cierto tiempo en pasar de un estado con nivel lógico 0 a un estado con nivel lógico 1 y viceversa.



INSPT
UTN

ELECTRÓNICA DIGITAL

Al tiempo transcurrido desde que la señal entra a un circuito hasta que está presente en su salida, se lo denomina *tiempo de propagación del dispositivo o retardo* y se produce a causa de la demora en la conmutación de los transistores, por los tiempos de carga y descarga de los componentes reactivos y por los cables de conexión.





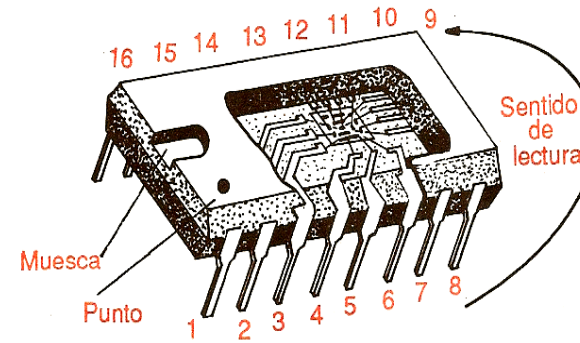
INSPT
UTN

ELECTRÓNICA DIGITAL

La principal razón para que los sistemas digitales hayan adquirido tanta popularidad y sean cada vez más sofisticados, compactos y económicos, ha sido el grado de perfeccionamiento logrado en el desarrollo en masa de **circuitos integrados**.

Un circuito integrado o C.I. es aquel en el cual todos sus componentes, incluyendo transistores, diodos, resistencias y condensadores, se fabrican e interconectan completamente sobre un chip o pastilla de semiconductores de silicio.

Una vez procesado, el chip se encierra en una capsula plástica o cerámica que contiene los pines de conexión a los circuitos externos.



Mediciones Analógicas

En éstas se puede representar y registrar de forma continua cualquier valor de la magnitud de medida, dentro del margen previsto. Por consiguiente, la señal de medida puede asumir cualquier valor que esté comprendido dentro del margen de señales que corresponda al de la medida.



INSPT
UTN

Mediciones Digitales

En éstas se pueden representar únicamente y de forma discontinua, valores discretos de la magnitud de medida con una graduación más o menos fina. El valor de medida viene dado por la suma de pequeños valores parciales y se emite con ayuda de indicadores de cifras o impresores. Como la mayor parte de las magnitudes de medida pueden variar de forma continua, hay que cuantificarlas primeramente, es decir, dividir las en escalones a los que se ha asignado una señal de medida discreta. Sólo algunos procesos de cálculos, tales como la medida de radiación (cuantos), proporcionan de por sí resultados cuantificados.



INSPT
UTN

Normas VDE

Mediciones Digitales

Para estas reglas “VDE 0414”, se han fijado análogamente los signos de clase K1 0,1; K1 0,2; K1 0,5; K1 1 y K1 3 para transformadores de medida; en los transformadores de intensidad con gran escala se añade la designación adicional G.

Instrumentos analógicos

Según estas reglas “VDE 0410” (cuya validez no se extiende a los aparatos electrónicos), se pueden proveer de un signo de clase a los sistemas eléctricos de medida indicadores, registradores y emisores de contactos, o a una parte de ellos, siempre que los errores relativos y las influencias bajo las condiciones de prueba prefijadas, se mantengan dentro de límites determinados.

- Instrumentos de cuadro: 1; 1,5; 2,5 y 5.
- Instrumentos de medida de precisión: 0,1; 0,2 y 0,5.
- Resistencias recambiables en serie y en paralelo: 0,05; 0,1; 0,2 y 0,5 (deben ser una clase mejor que el instrumento correspondiente).

Estos números expresan los límites que no debe sobrepasar el error relativo de indicación dentro del margen de medida.



INSPT
UTN

La ventaja principal de los métodos de medición digital radica en la posibilidad de almacenar las señales de medida cuantificadas y procesarlas sin que se produzcan errores adicionales.



INSPT
UTN

INFORMACIÓN DIGITAL VS ANALÓGICA

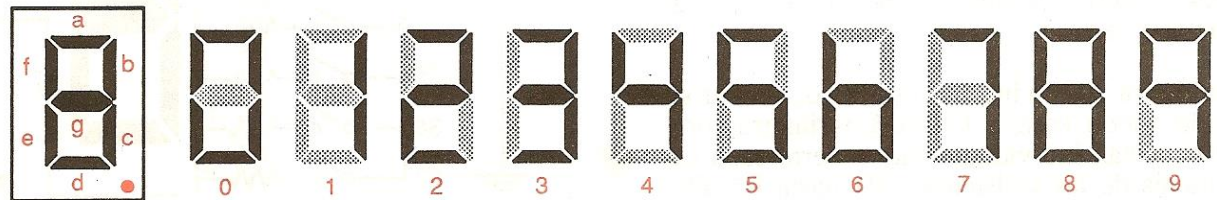




INSPT
UTN

VISUALIZADOR

El **display** (visualizador) de siete segmentos es uno de los dispositivos más utilizados en los circuitos digitales para visualizar números y otros caracteres. Cada segmento esta hecho de un material que emite luz o se oscurece cuando circula a través de él una corriente de pequeña intensidad



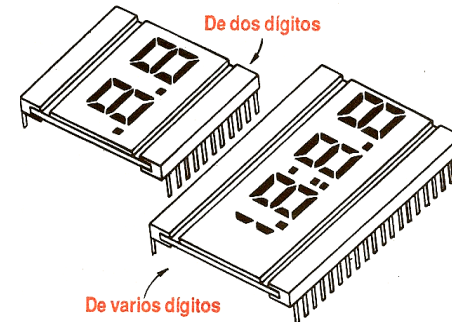
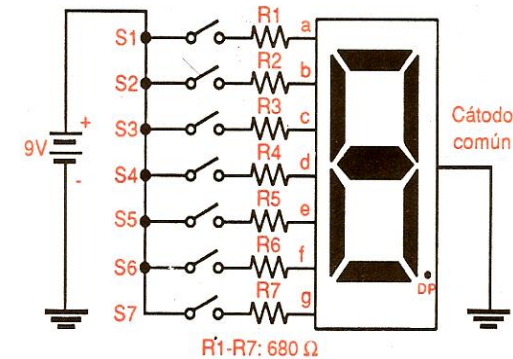


INSPT
UTN

VISUALIZADOR

Los segmentos se organizan y se designan como se muestra en la figura. Para visualizar un número cualquiera, por ejemplo el cinco, deben iluminarse los segmentos a f g c y d, mientras que b y e deben permanecer apagados. La única excepción es el número 8, que exige la iluminación de todos los segmentos.

Con un display de siete segmentos también es posible generar algunas letras y algunos caracteres no numéricos. Para representar la letra E, por ejemplo, se necesita que todos los segmentos estén iluminados, con excepción de b y c.





INSPT
UTN

CONVERSOR A/D

El conversor de corriente alterna a corriente continua, convierte la señal alterna aplicada a su entrada en una señal de CC compatible con la entrada del conversor Analógico a Digital (A/D). Este conversor CA/CC puede ser uno de valor medio o de valor eficaz. Uno de los valores que caracterizan a una señal alterna es el valor eficaz o RMS. Este es el valor de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes alternas y continuas. Físicamente equivale al valor de corriente continua que produce la misma cantidad de calor sobre un resistor que la señal de alterna. De acuerdo a la forma de hacer la conversión de corriente alterna en continua, las lecturas de los instrumentos serán distintas entre ellos para distintas señales alternas, cuando no son señales alternas.



INSPT
UTN

CONVERSOR A/D

Conversor de Valor Promedio: El conversor que genera un valor medio de la señal alterna a medir es un circuito rectificador de media onda y filtro de precisión compuesto por un circuito integrado y dos diodos colocados en el lazo de realimentación. Este tipo de conversor es simple de diseñar y es el más comúnmente usado en los multímetros digitales.

El factor de escala se obtiene en base a que:

$$\begin{array}{ll} \text{Tensión eficaz (RMS) es} & V_{RMS} = 0,707 V_{\text{máx}} \text{ (Valor de amplitud en la cresta)} \\ \text{Tensión media es} & V_{med} = 0,637 V_{\text{máx}} \end{array}$$

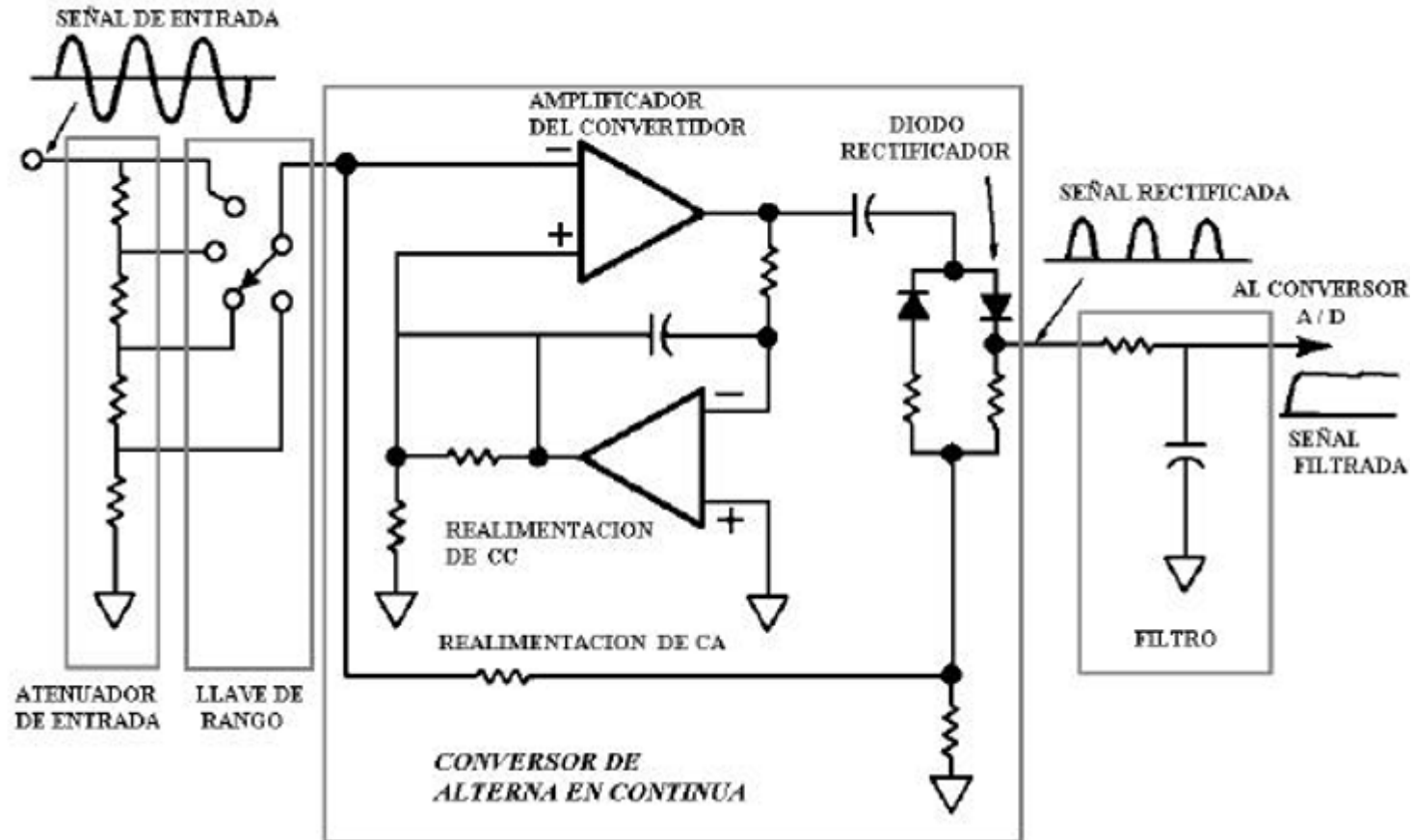
La relación entre ellas da:

$$\text{Factor de escala} = \frac{V_{RMS}}{V_{med}} = \frac{0,707 V_{\text{máx}}}{0,637 V_{\text{máx}}} = 1,11$$



INSPT
UTN

CONVERSOR A/D





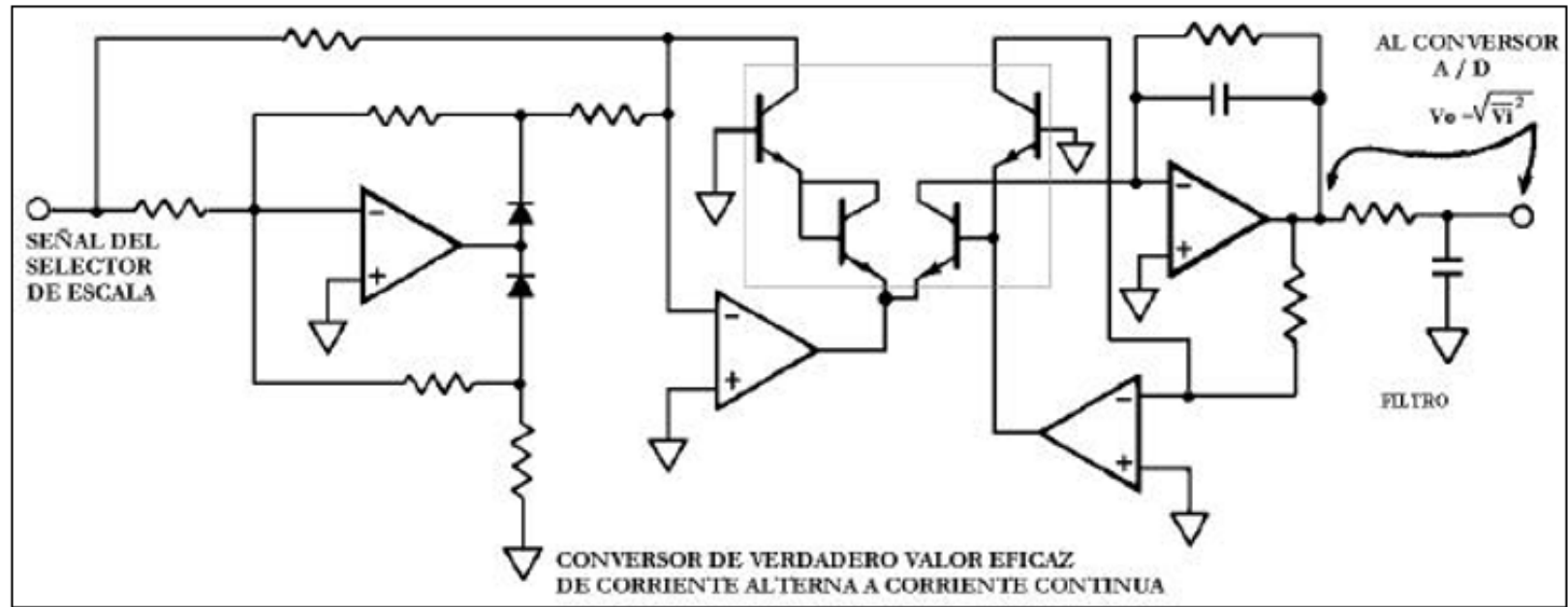
INSPT
UTN

CONVERSOR A/D

Conversor de Verdadero Valor Eficaz: Un amplitud eficaz (RMS) de una señal alterna es aquel valor de tensión o corriente alterna que produce la misma disipación de potencia sobre una determinada resistencia, que la producida por una tensión o corriente continua de igual valor numérico. O sea, el valor eficaz es una medida del efecto térmico que produce la corriente alterna. Matemáticamente se expresa como el valor de la raíz cuadrada del cuadrado del valor absoluto instantáneo



INSPT
UTN





INSPT
UTN

A diferencia de los conversores de promedio, estos circuitos conversores RMS son mucho mas complejos y costosos pero son mas precisos y permiten leer el verdadero valor eficaz de cualquier tipo de señal alterna ya sea senoidal pura, cuadrada, triangular o distorsionada. El valor indicado de tensión o corriente alterna, es el verdadero valor eficaz, a diferencia del mostrado en los multímetros con conversores promedio, que indican un valor calibrado no real.



INSPT
UTN

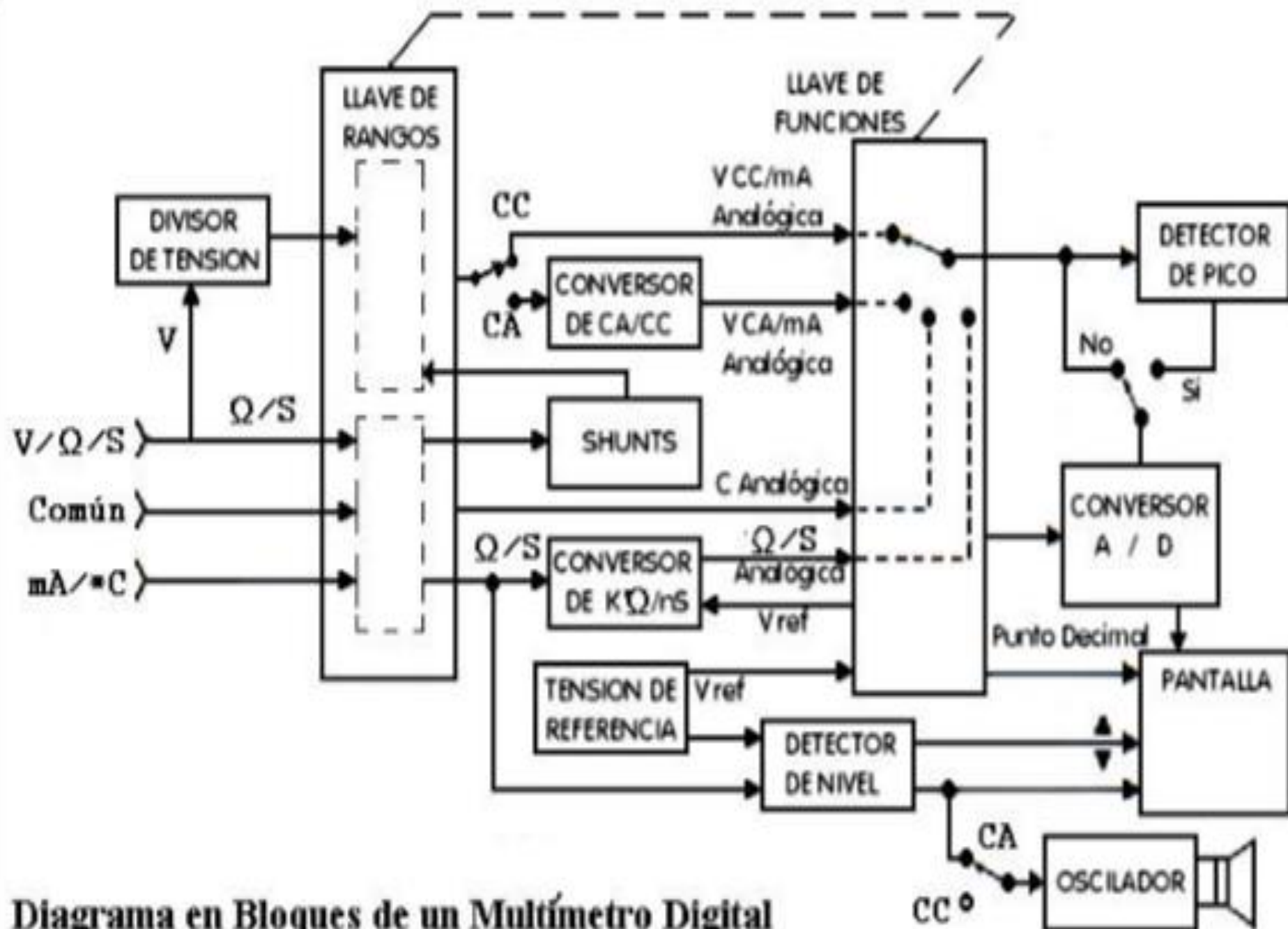


Diagrama en Bloques de un Multímetro Digital



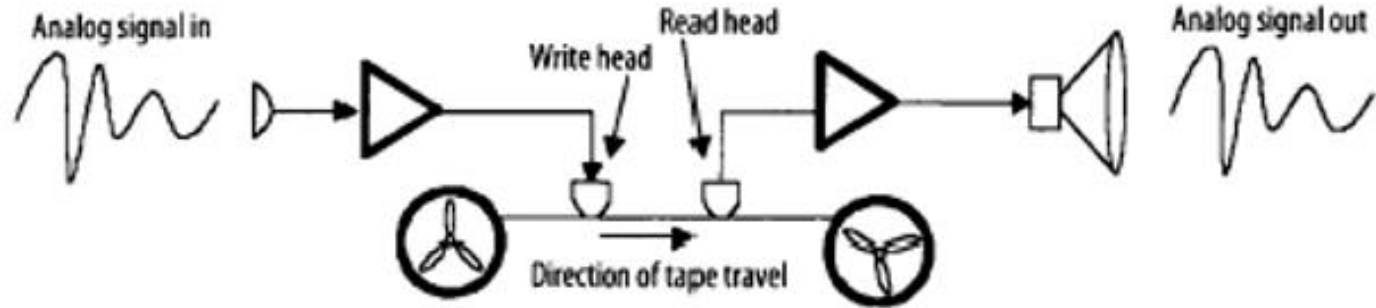
Las señales que representan **fenómenos físicos** aparecen en la naturaleza de forma analógica.

- Los sensores de presión, temperatura, humedad, gases, etc, entregan una señal que varía en forma continua que es función del valor medido.
- Las señales son amplificadas, acondicionadas y filtradas por componentes analógicos y presentadas en un instrumento de medición (instrumento con índice de aguja).
- Si se desea almacenar, procesar y/o transmitir estas señales la forma más sencilla es convertirlas al formato digital. •Es posible realizar el procesamiento en forma analógica, sin embargo las funciones disponibles están muy acotadas.

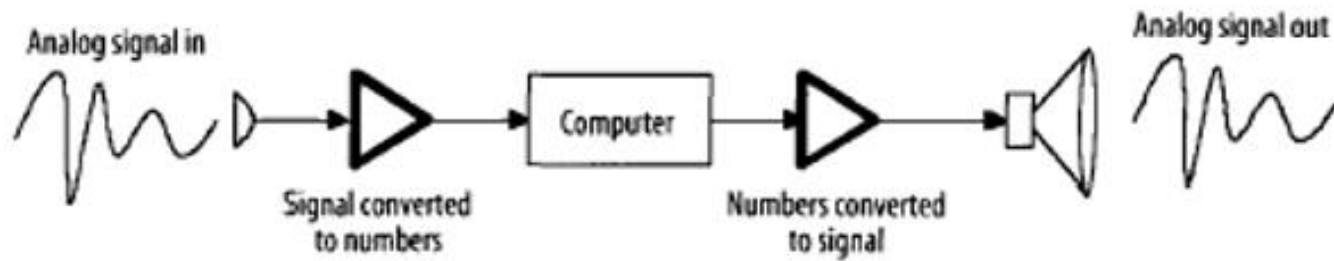


INSPT
UTN

Digitalización



(a) Analog signal recording.





INSPT
UTN

PROCESAMIENTO DIGITAL

Las señales en formato digital pueden ser procesadas utilizando técnicas numéricas implementadas en microprocesadores o DSPs (Digital Signal Processor):

- Filtrado

- Operaciones aritméticas

- Linealización

- Transmisión

- Representación en un display digital.

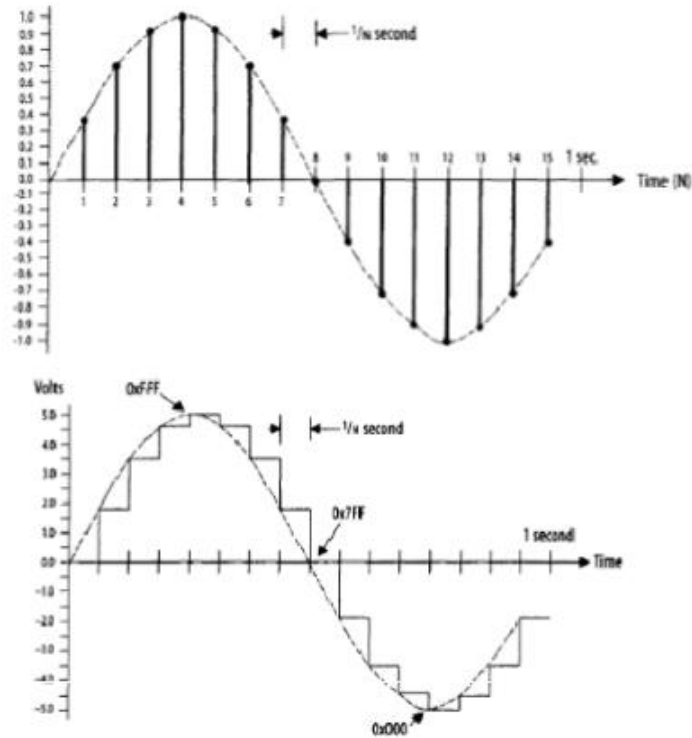
- Remoción de interferencias

- Compresión



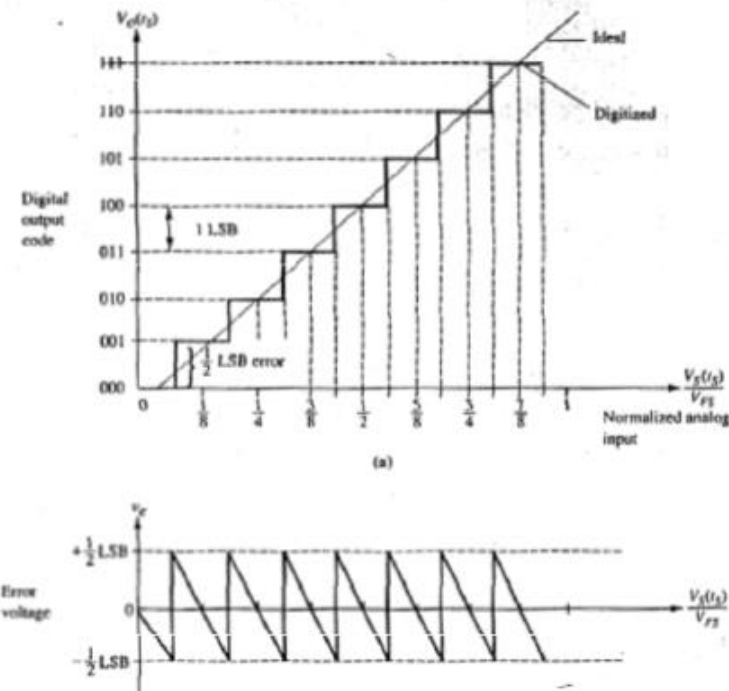
Digitalización

1) Muestreo



3) Reconstrucción

2) Cuantización

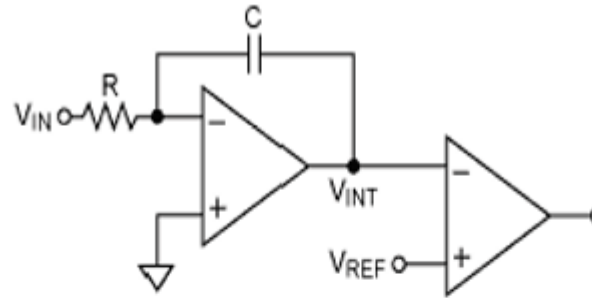




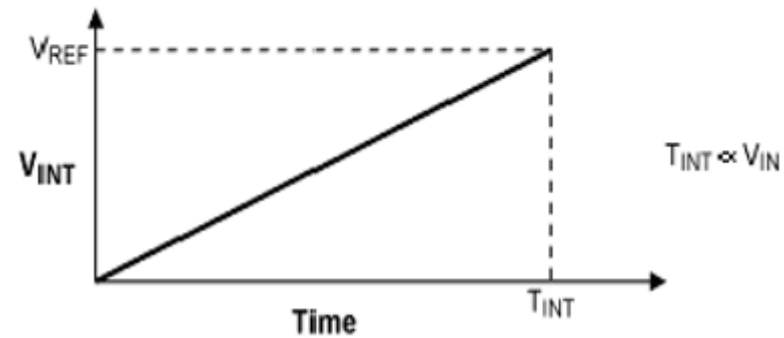
INSPT
UTN

Conversor A/D Simple Rampa

- Baja velocidad de conversión
- Poca precisión
- Utiliza una base de tiempo para contar la cantidad de ciclos transcurridos hasta que se igualan ambas señales



a.



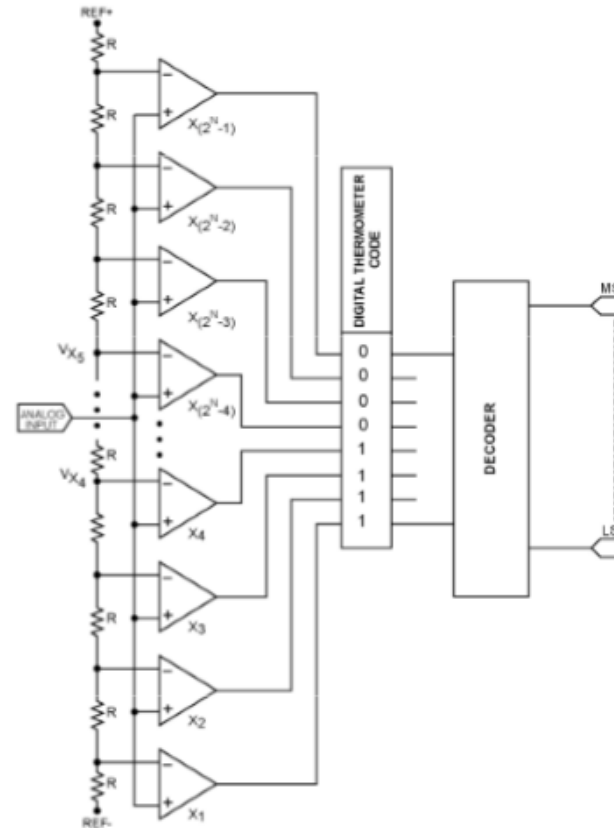
b.



INSPT
UTN

Conversor A/D Flash

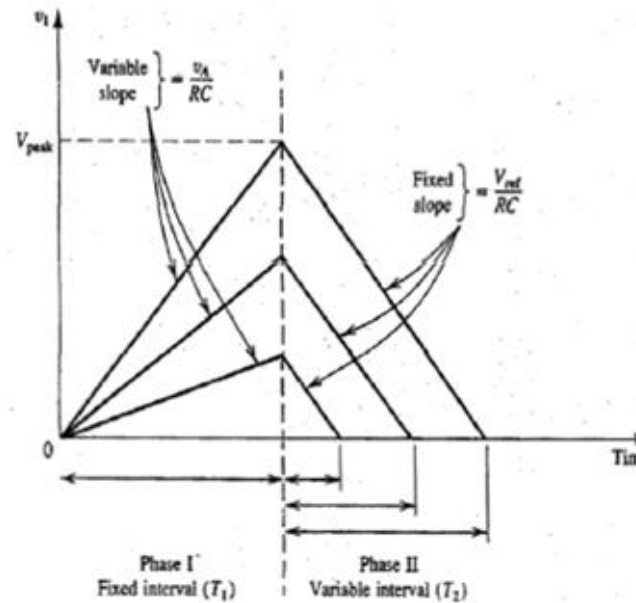
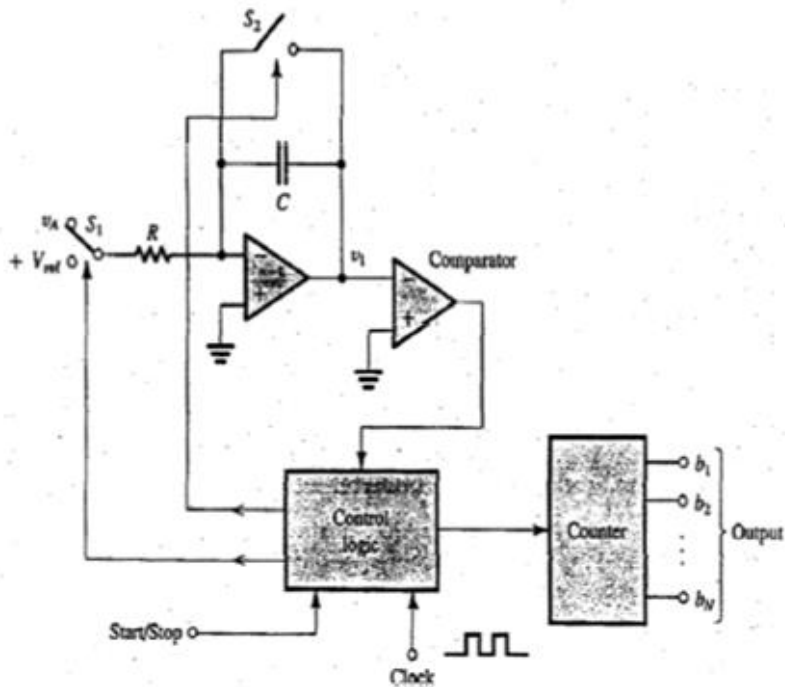
- Son los de mayor velocidad de conversión
- Suelen ser de pocos bits (8 a 10) por problemas de integración.
- Comúnmente empleados en osciloscopios digitales





INSPT
UTN

Conversor A/D Doble Rampa



La conversión es independiente de R y C
 $V_a = V_{ref} * T_2 / T_1$



Bibliografía

Defrance, R. (2008) Apuntes de Electrónica Digital ET N°19 – A. Volta GCBA

Pérez, P. (1999) Curso de capacitación en Medidas Electrónicas

Empresa Ternium (s/a)– Mediciones para principiantes.

LABORATORIO DE MEDICIONES ©2020

UTN-INSPT

LIC. PROF. RICARDO DEFRANCE

ricardo.defrance@inspt.utn.edu.ar



INSPT
UTN

INSTRUMENTOS DIGITALES

PARTE II

APLICACIONES Y CONSIDERACIONES NORMATIVAS



INSPT
UTN

RESUMEN DE LA PARTE I

Los instrumentos digitales requieren de una cuantificación de los valores de medición, que en general, se presentan de forma analógica.

Cuenta la cantidad de valores discretos que representan el valor analógico, con un error de cuantificación de ± 1 *unidad*.



INSPT
UTN

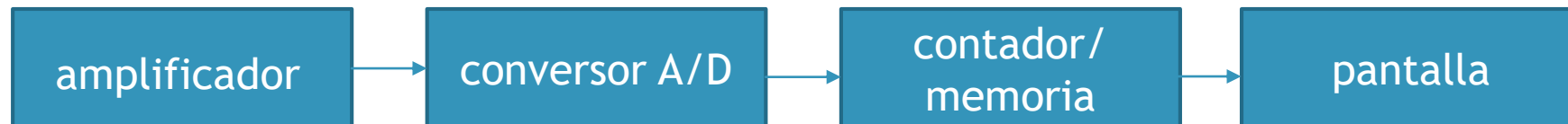
DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN INSTRUMENTO DIGITAL

Existen dos tipos de conversores A/D

1- Valor promedio

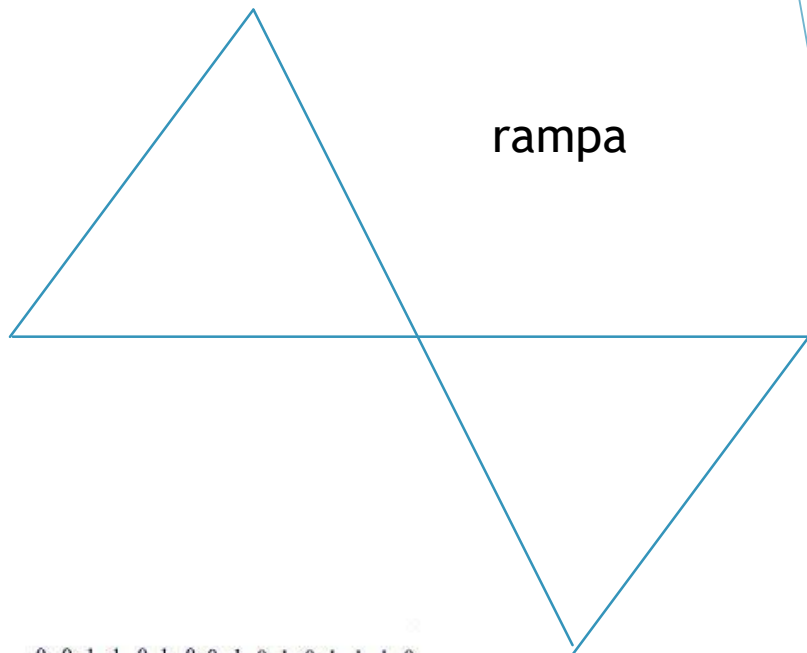
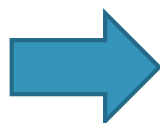
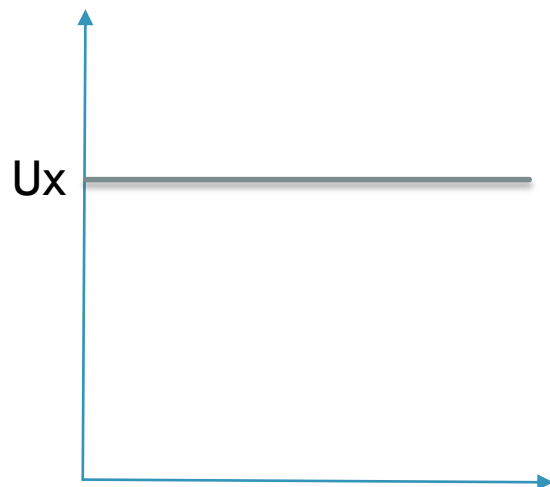
2- Valor eficaz

EL CONVERSOR A/D
CONVIERTE UNA SEÑAL DE
TENSIÓN ANALÓGICA EN
LA ENTRADA, EN LA
COMBINACIÓN BINARIA DE
n BIT A LA SALIDA

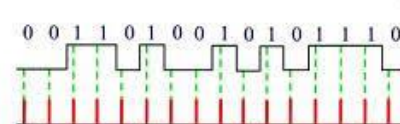
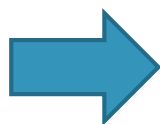
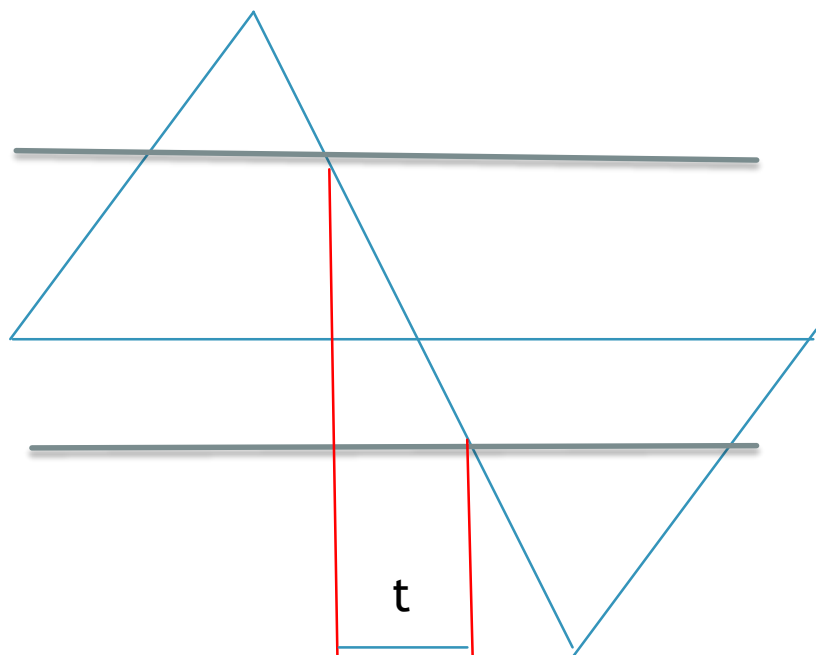




INSPT
UTN

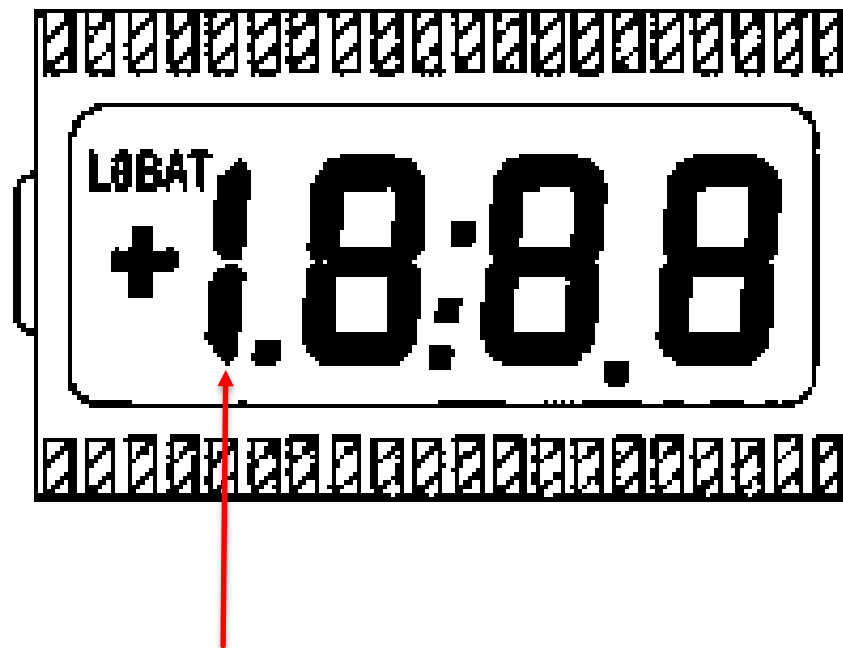


rampa

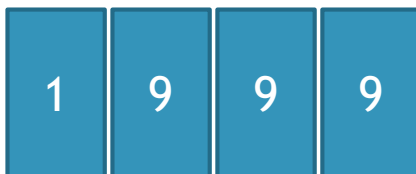




INSPT
UTN



El ½ dígito puede valer 0 o 1



EL ÚLTIMO DIGITO NO SE
PUEDE ASEGURAR NUNCA



INSPT
UTN

NORMAS ASOCIADAS

IEC 61010-0-1

DISTANCIA A LA CUAL ESTÁ EL EQUIPO DE MEDICIÓN
CON RESPECTO A LA FUENTE DE TENSIÓN

POR EJEMPLO LA CATEGORÍA **CAT III 600 V** – Se
ensaya con transitorios de 6000 V



INSPT
UTN

3 CRITERIOS

TENSIÓN ESTABLE

TENSIÓN TRANSITORIA PICO

Z DE LA FUENTE



INSPT
UTN

CATEGORIAS

CAT 0 – EQUIPO ELECTRÓNICO

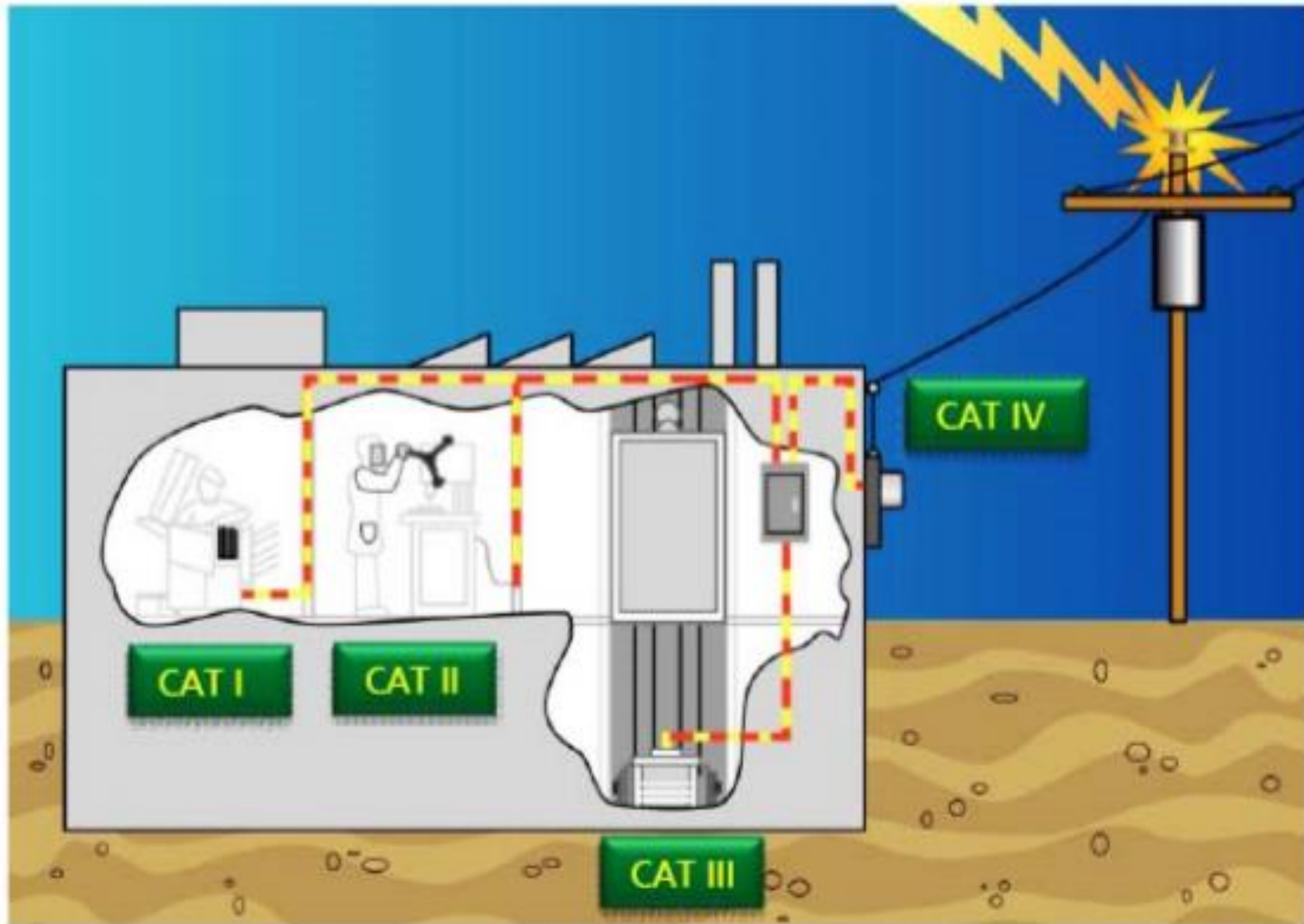
CAT II – CARGAS MONOFÁSICAS

CAT III – DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICA

CAT IV - INSTALACIONES TRIFÁSICAS - ACOMETIDA



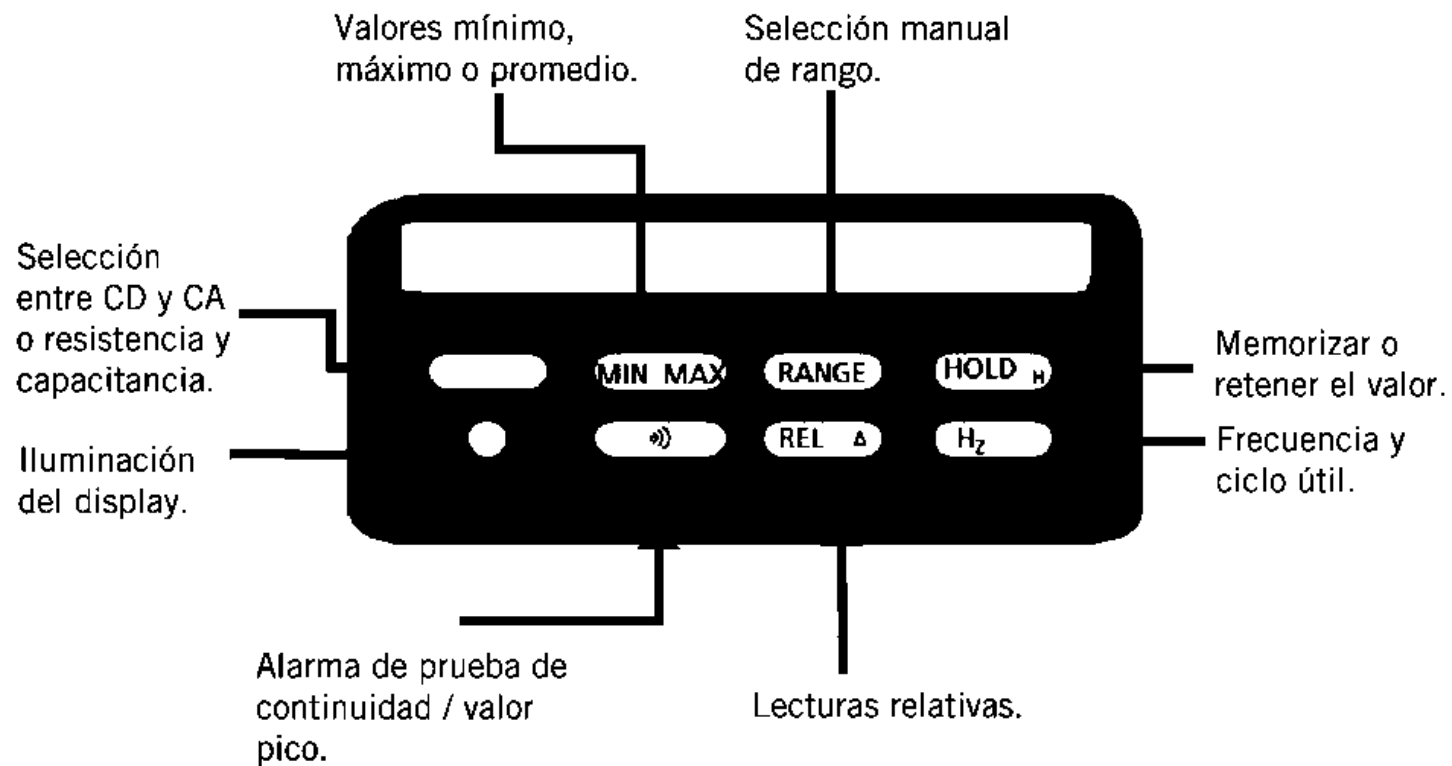
INSPT
UTN





INSPT
UTN

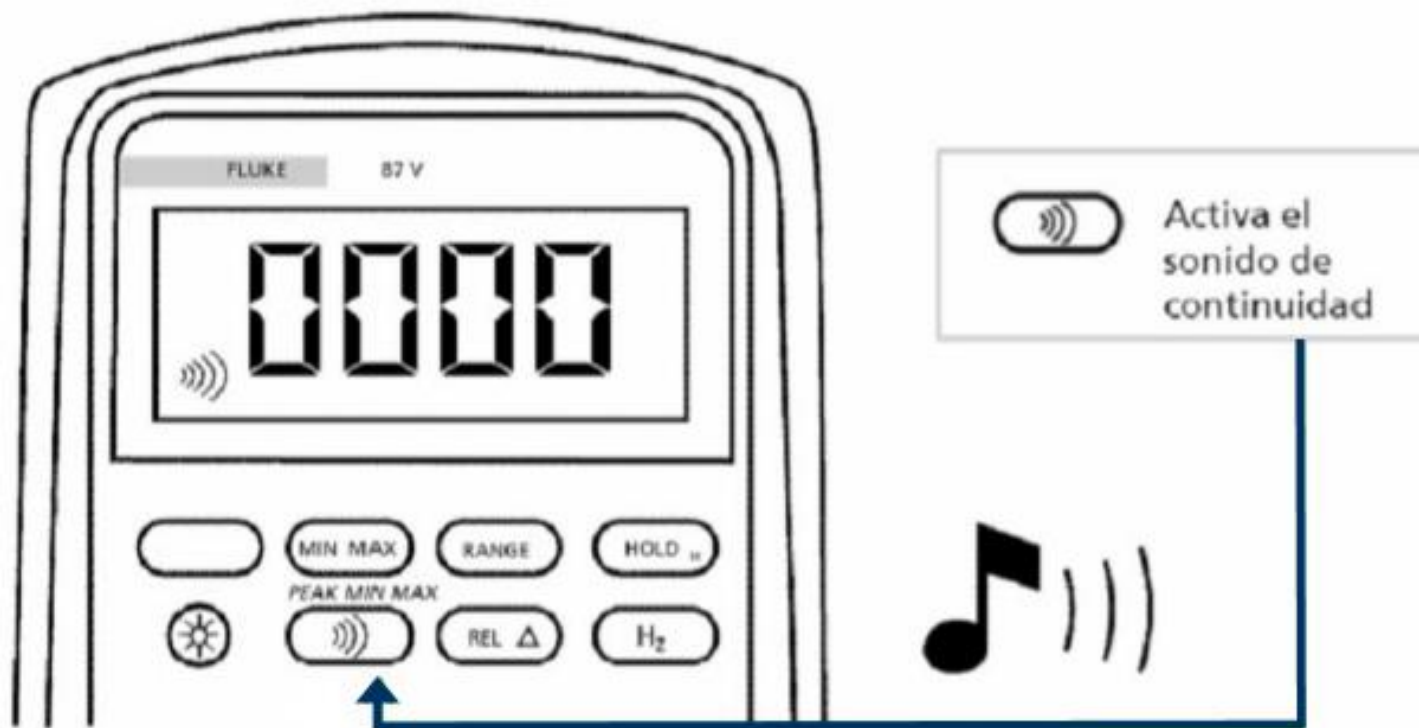
SELECCIÓN DE FUNCIONES





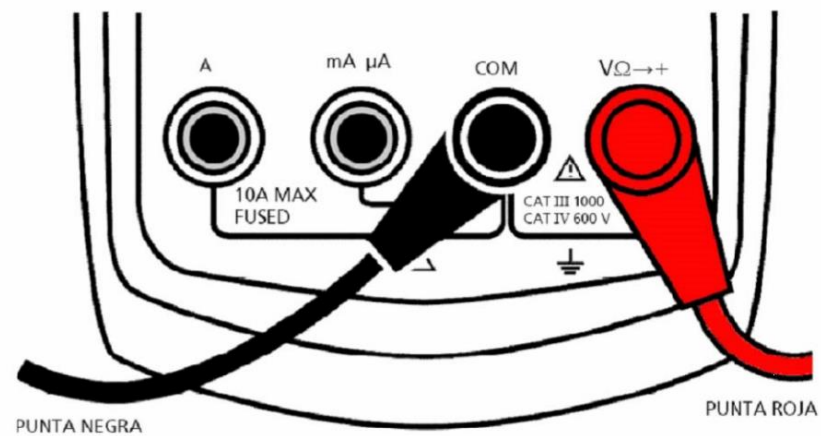
INSPT
UTN

SELECCIÓN DE FUNCIONES





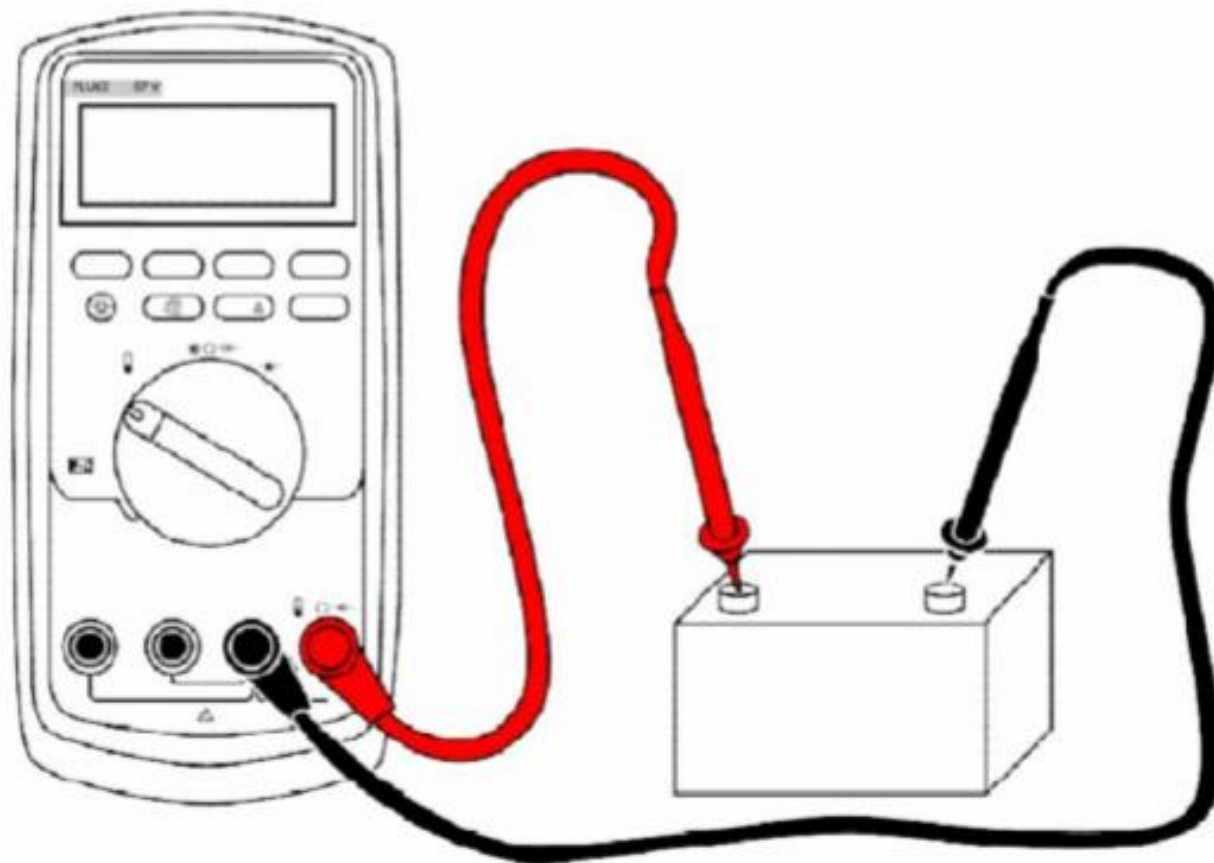
INSPT
UTN





INSPT
UTN

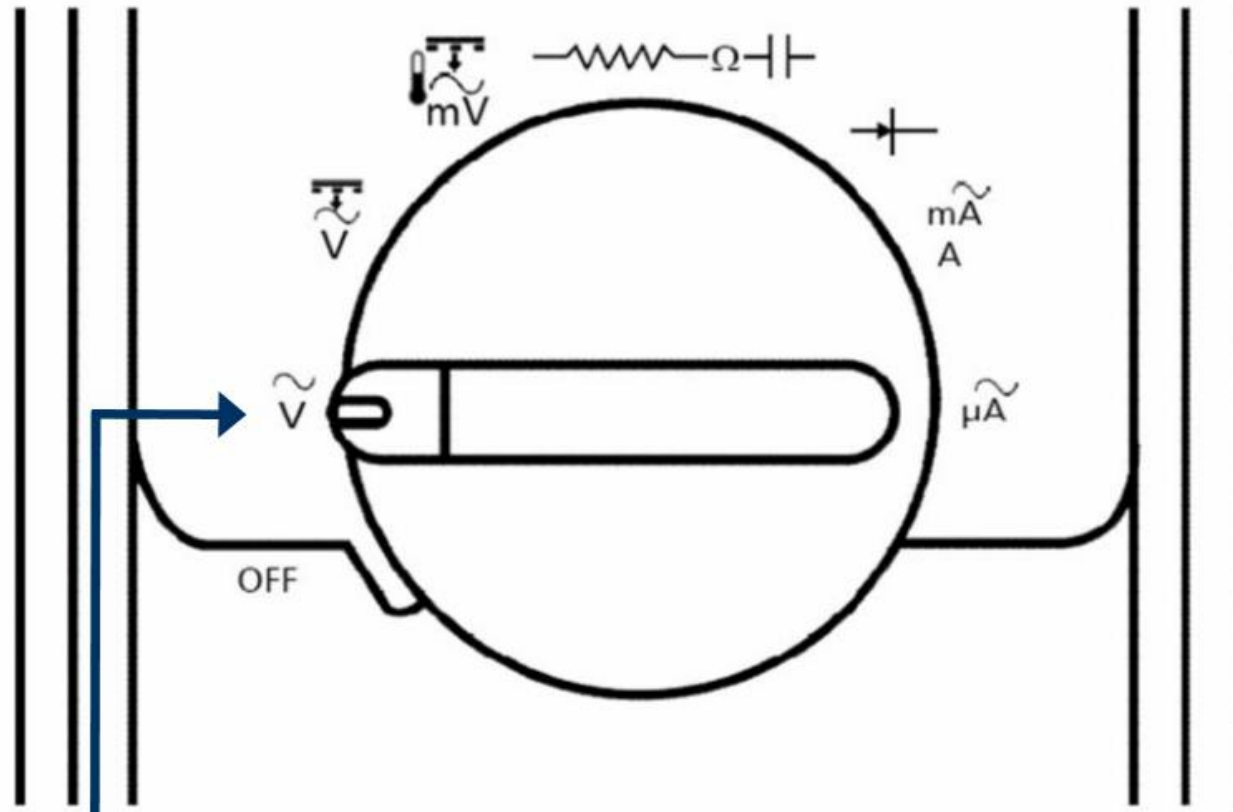
AUTORANGO (AUTORANGE)





INSPT
UTN

AUTORANGO (AUTORANGE)



Selector con AUTORANGO



INSPT
UTN

USO EN ÁMBITOS ESPECIALES

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolla normas internacionales de carácter general para la seguridad en la medida, control y uso de equipos eléctricos.

La norma **IEC 61010 – 1** se utiliza como base para las siguientes normas nacionales:

- ANSI/ISA- S82.01-94 de EE.UU.
- CAN C22.2 N° 1010.1-92 de Canadá.
- EN61010 – 1:2001 de Europa.



INSPT
UTN

ÁMBITOS ESPECIALES



ATENCIÓN

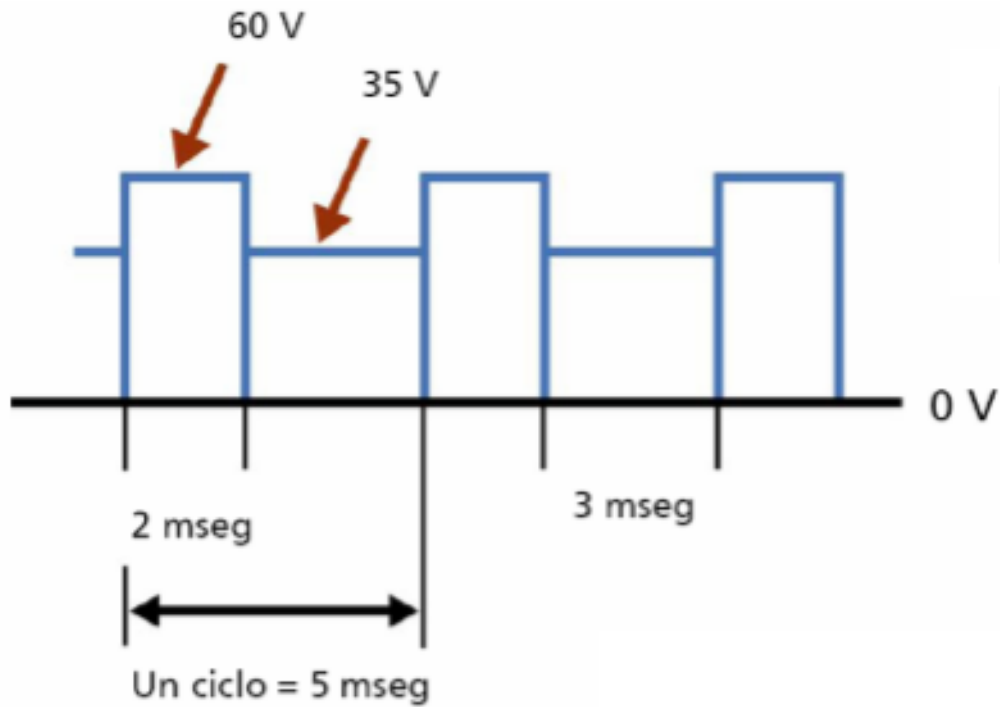
Los multímetros fabricados para ambientes con peligro de exposición llevan la palabra “Ex” en el nombre del modelo e impreso el símbolo:





INSPT
UTN

EJEMPLO CÁLCULO VALOR PROMEDIO

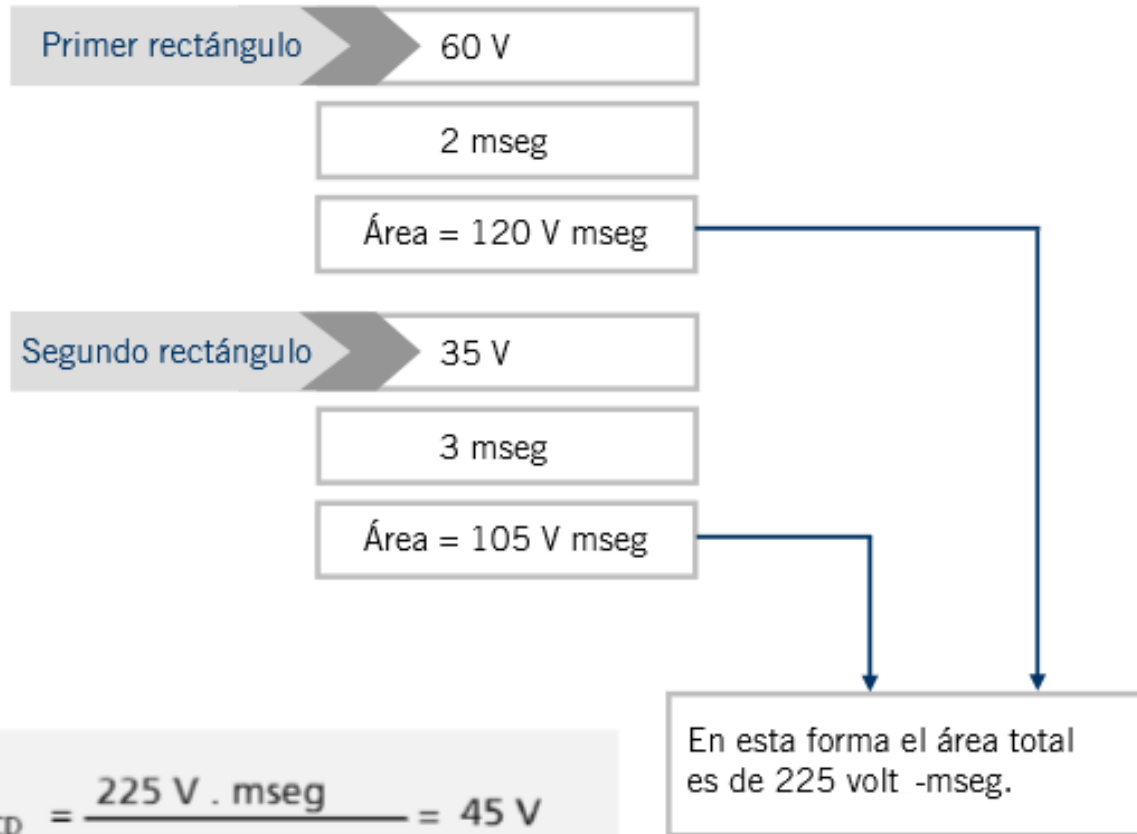


$$f = \frac{1}{0.005 \text{ seg}} = 200 \text{ Hz} = 200 \text{ cps}$$



INSPT
UTN

EJEMPLO CÁLCULO VALOR PROMEDIO



$$V_{\text{PROMEDIO}} = V_{\text{CD}} = \frac{225 \text{ V} \cdot \text{mseg}}{5 \text{ mseg}} = 45 \text{ V}$$



INSPT
UTN

EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DE CAMPO





INSPT
UTN

ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA

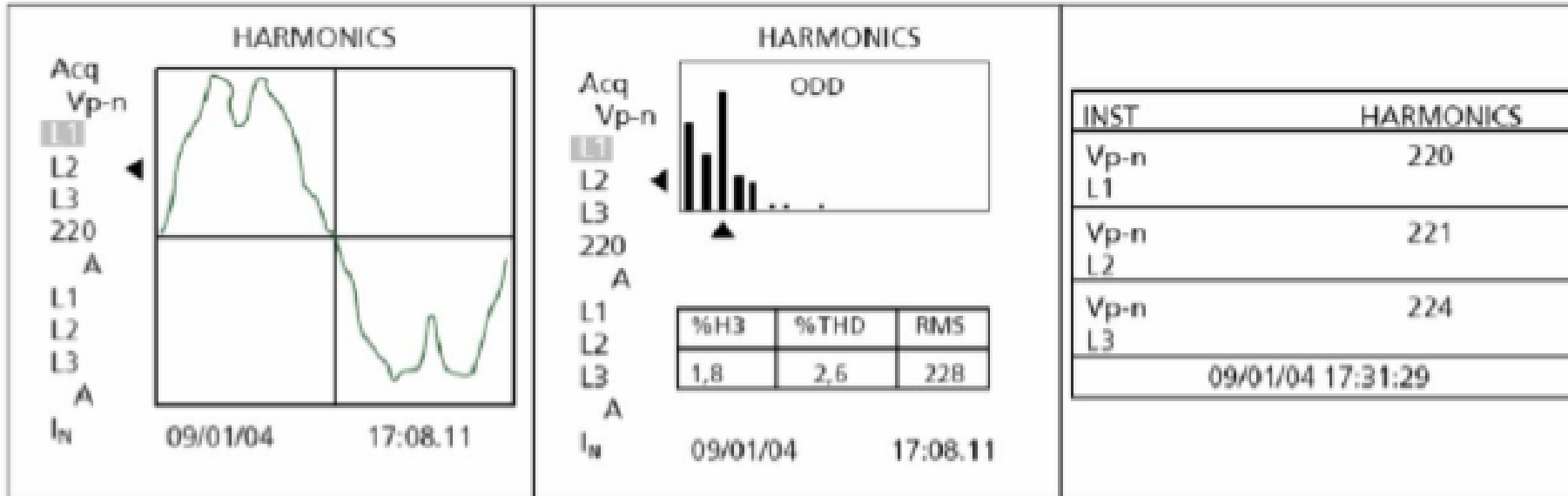
- Analiza todas la magnitudes eléctricas del sistema.
- Tiene 4 canales
- Autodisparador con la opción de reconfigurar de acuerdo a la magnitud requerida.
- Archivos individuales para cada parámetro de medición.
- Programable en campo.
- Capaz de grabar armónicos, disturbios, transitorios, flicker, contador de energía, etc.
- Comunicación con PC.
- Autodetección de la pinza de corriente
- Memoria lineal o rotativa.
- Autoselección de parámetros a ser grabados.





INSPT
UTN

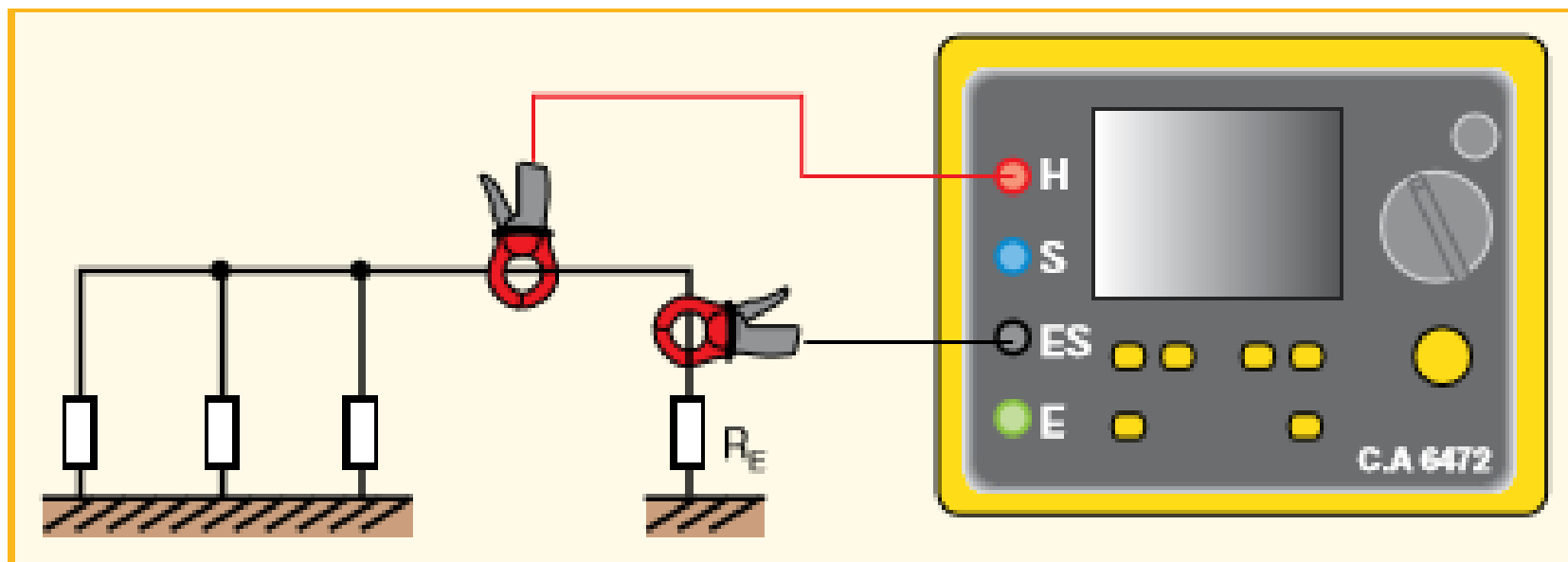
ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA





INSPT
UTN

MEDICIÓN DEL LAZO DE PUESTA A TIERRA





INSPT
UTN

MEDICIÓN DEL LAZO DE PUESTA A TIERRA

Este método se basa en el mismo principio que el de la pinza de tierra. En efecto, el método consiste en colocar 2 pinzas alrededor del conductor de tierra probado y de conectar ambas al instrumento. Una pinza inyecta una señal conocida ($32\text{ V} / 1.367\text{ Hz}$) mientras que la otra pinza mide la corriente que circula en el bucle.

En vez de disponer de una única pinza que incluye el circuito generador y el circuito receptor, se utilizan dos pinzas sirviendo una de generador y la otra de receptor. El interés de disponer de una pinza por función radica en realizar medidas en conductores donde la pinza de tierra no es a veces apropiada a causa de su diámetro para abrazar o de su espesor.



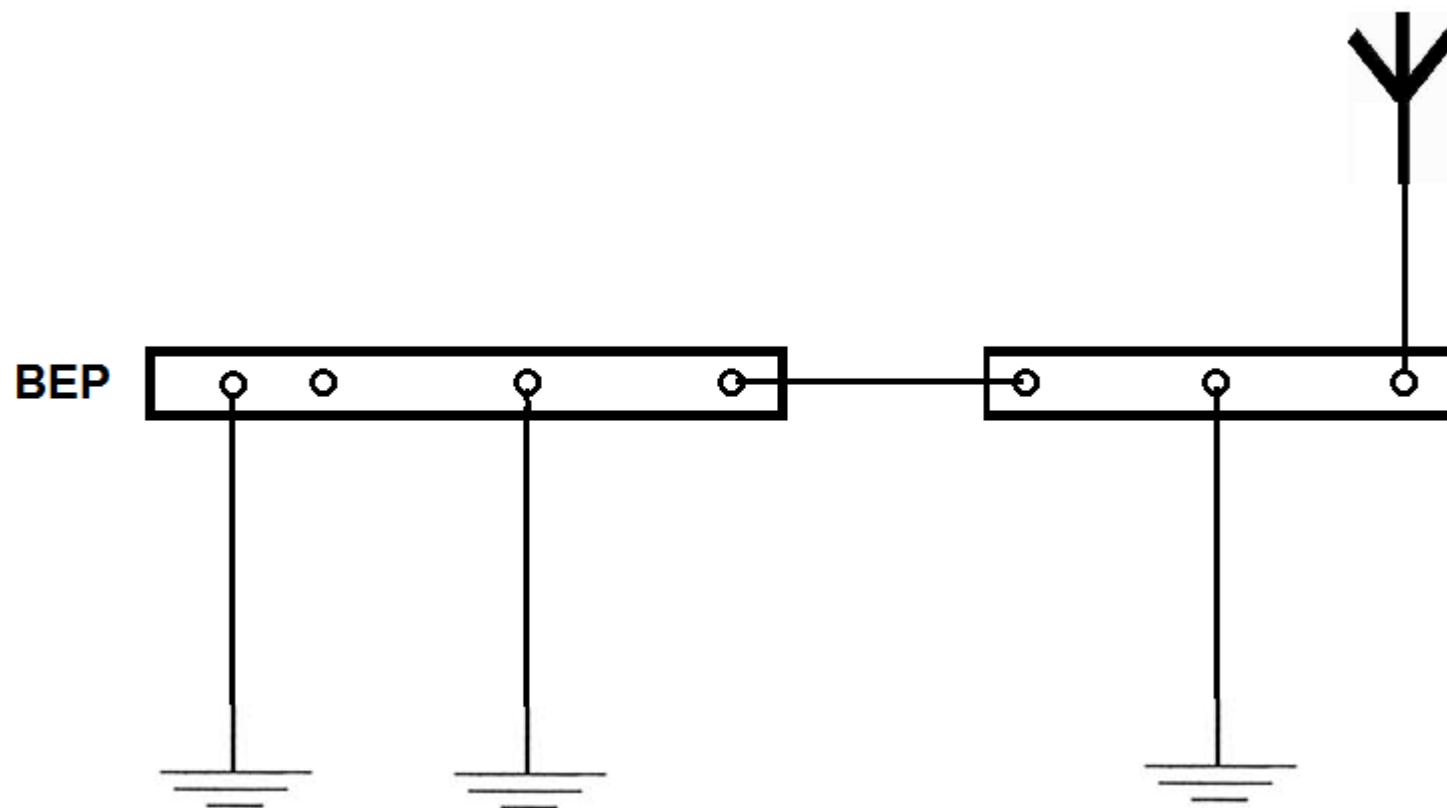
INSPT
UTN

APÉNDICE - COMPLEMENTO



INSPT
UTN

VINCULACIÓN EQUIPOTENCIAL DE LA BAJADA DEL PARARRAYO





INSPT
UTN

CERTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO

En el Certificado de Verificación Periódica constarán los siguientes datos:

- a) Marca y nombre del fabricante.
- b) Modelo del instrumento aprobado.
- c) Características metrológicas del mismo.
- d) Número y fecha de la aprobación.
- e) Código de aprobación de modelo.
- f) Fecha de emisión.
- g) Fecha de vencimiento.
- h) Identificación del organismo y funcionario responsable.
- i) Número de precinto o sello utilizado en el instrumento.



Bibliografía

Defrance, R. (2008) Apuntes de Electrónica Digital ET N°19 – A. Volta GCBA

Catálogo Chauvin Arnoux

LABORATORIO DE MEDICIONES ©2020

UTN-INSPT

LIC. PROF. RICARDO DEFRANCE

ricardo.defrance@inspt.utn.edu.ar