



ESCALAMIENTO EN TENSIÓN ELÉCTRICA CONTINUA A NIVEL DE mV USANDO UN DIVISOR KELVIN VARLEY

Dionisio Hernández Villaseñor*

Carlos David Avilés Castro*

Enrique Navarrete García*

Luis Aimer Velasco González**

***Centro Nacional de Metrología**

***Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez**

dhernand@cenam.mx; caviles@cenam.mx ; enavarre@cenam.mx

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.

Contenido

- **Bloque 1**
- *Motivaciones y Objetivo del Proyecto*
- *Niveles de Incertidumbre de medición en mV de algunos equipos*
- *Algunos Patrones de Relación en el Escalamiento de la Magnitud de Tensión*
- **Bloque 2**
- *Características del Divisor Kelvin Varley Modelo 720A de Fluke*
- *Definición del mensurando y Método de Calibración Utilizado*
- *Elementos del Sistema de Calibración y Cuidados*
- *Técnica de Inversión de Polaridad*
- **Bloque 3**
- *Circuito de Calibración de la relación*
- *Resultados de la Calibración*
- *Incertidumbre Estimada al Generar Tensiones de Referencia en 1 y 10 mV*
- *Evaluación de Efectos Térmicos del 720A*
- *Resultados de la Caracterización en Temperatura del Divisor*
- *Conclusiones*

Necesidad

Mediciones y calibraciones de tensión eléctrica continua de bajos nivel son necesarias en áreas como:

- Medición de Temperatura : - Termopares
- Mediciones Eléctrica: - Transferencia ca/cc
 - Sensores de alta frecuencia
 - Pruebas y caracterización
- Otras magnitudes físicas como calibración de sensores de :
 - Fuerza,
 - Presión,
 - Medidores de PH, etc.

Motivación

El Divisor de Tensión Kelvin Varley ha sido un patrón de relación muy utilizado por los laboratorios de mediciones eléctricas para realizar escalamientos de la magnitud de tensión eléctrica continua debido a su alta linealidad y resolución. En este trabajo se busca estudiar sus limitaciones y los niveles de incertidumbre para escalar hacia bajos valores de la magnitud en el orden de mV.

Objetivo

Determinar los niveles de incertidumbre que se pueden alcanzar del escalamiento de tensión eléctrica continua desde **10 V** a niveles de **10 mV** y **1mV** utilizando como patrón de relación un **Divisor Kelvin Varley** modelo **720A**.

Algunos modelos de Instrumentos de medición de alta exactitud usados para medir en el nivel de mV

❖ **Multímetros de 8 ½ dígitos (MM)**

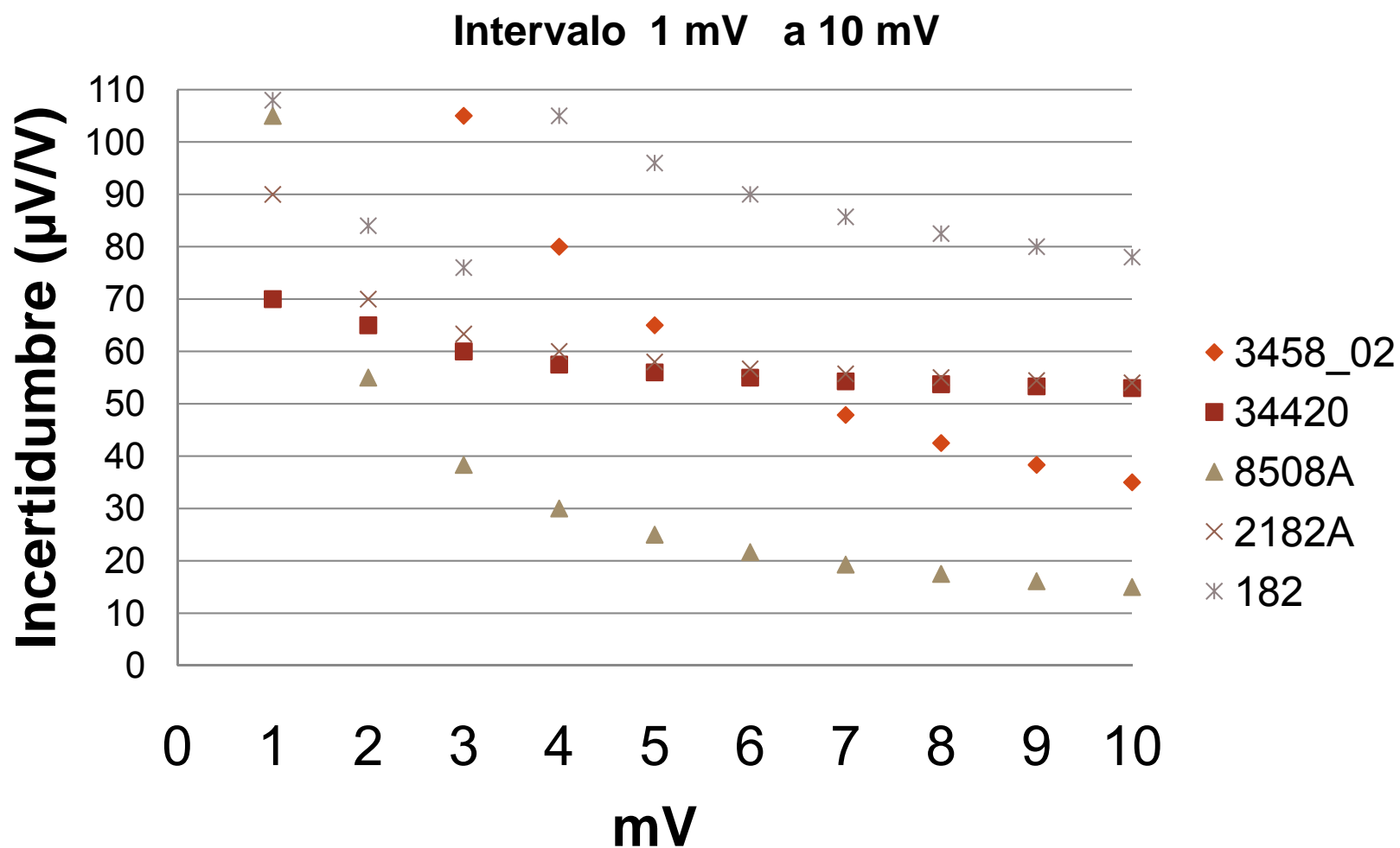
- Agilent (HP) Modelo 3458
- Fluke Modelo 8508

❖ **Vóltmetros y Nanovóltmetros (nV)**

- Keithley Modelo 182 y 2182
- Agilent Modelo 34420

❖ Otras marcas.

Gráfica comparativa de los niveles de incertidumbre de algunos modelos en la medición de bajos niveles de tensión (Información de la hoja de especificaciones a 1 año)



Requerimientos de incertidumbre de medición más exigentes

Modelos	3458 (MM)	34420 (nV)	8508 (MM)	2182 (nV)	182 (V)
Nivel	Especificaciones de exactitud a 1 año en ($\mu\text{V}/\text{V}$)				
10 mV	35	53	54	15 (150 nV)	78
1 mV	305	70 (70 nV)	90	105	108

Escalamiento

El uso de técnicas de medición de la relación para escalar desde una década a otra es una práctica común realizada en los laboratorios de mediciones y calibraciones eléctricas. Éstas requieren del uso adecuado de equipo, condiciones ambientales apropiadas y de personal con sólidos conocimientos en mediciones eléctricas.

Divisores resistivos de laboratorio usados en la medición de la relación de tensión

□ Patrones de relación de tensión

- Divisor Kelvin Varley (DKV) Modelo Fluke 720A)
- Divisor de referencia (Fluke 752A) 100:1, 10:1
- “Low thermal voltage divider” (Keithley 262) (Descontinuado)

Relaciones: 100:1, 1000:1, 10 000:1, 100 000:1

Diseñado para medir bajos valores de tensión en el nivel de mV)

Divisor Kelvin-Varley Modelo 720A

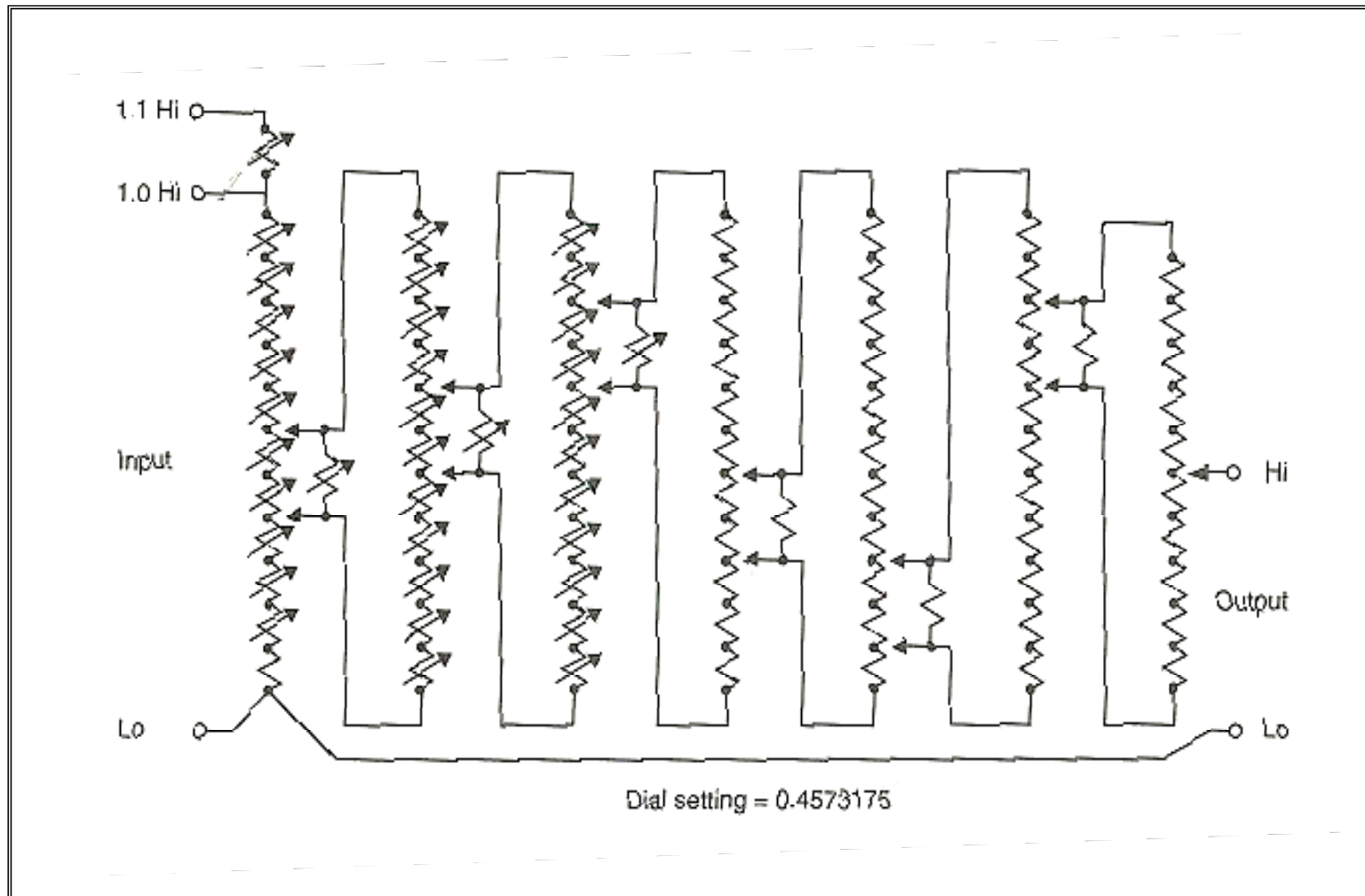


Características del Kelvin-Varley Fluke 720A

- ❑ Principal aplicación es la “ fina subdivisión” de una tensión de entrada conocida .

- ❑ Especificaciones
 - Linealidad absoluta $\pm 0,1 \mu\text{V}/\text{V}$ de la entrada
 - Resolución $0,1 \mu\text{V}/\text{V}$ de la entrada (7 Décadas)
 - Autocalibración (Puente de Wheatstone interno)
 - FEM Térmicas : $\pm 0,5 \mu\text{V}$
 - Relación: 0-1
 - Estabilidad $\pm 1 \text{ ppm}$

Diagrama Simplificado del DKV



Definición de la metodología de calibración

❑ Definición del Mensurando

•DKV usado para generación de bajos niveles de tensión :10 mV y 1 mV
con una tensión de entrada de : 10 V

$S = V_{sal} / V_{ent}$; **S**: relación de división ajustada en los diales del DKV

Se requiere conocer el error de relación del DKV, el cual es definido como:

Relación medida – Relación ajustada en los diales del DKV

❑ Definición del Método de calibración

Para obtener el error de relación y la incertidumbre asociada es necesaria la medición de la tensión de entrada (V_{ent}) y la tensión de salida (V_{sal}) con baja incertidumbre.

Elementos del Sistema de Calibración

Uso de :

Patrón de referencia Zener en la salida de 10V :

Por sus características de alta estabilidad, bajo ruido, baja resistencia de salida para alimentar el DKV.

Sistema de tensión Josephson :

Para las mediciones de las tensiones de entrada y salida con baja incertidumbre.

Elementos utilizados en el sistema de calibración de las relaciones

1000: 1

10 000:1

del DKV 720A

Ajuste de los diales del DKV



Salida de
10 mV
Relación
1000:1



Salida de
1 mV
Relación
10000:1

Referencia Zener Fluke Modelo 732B



Sistema de Tensión Josephson



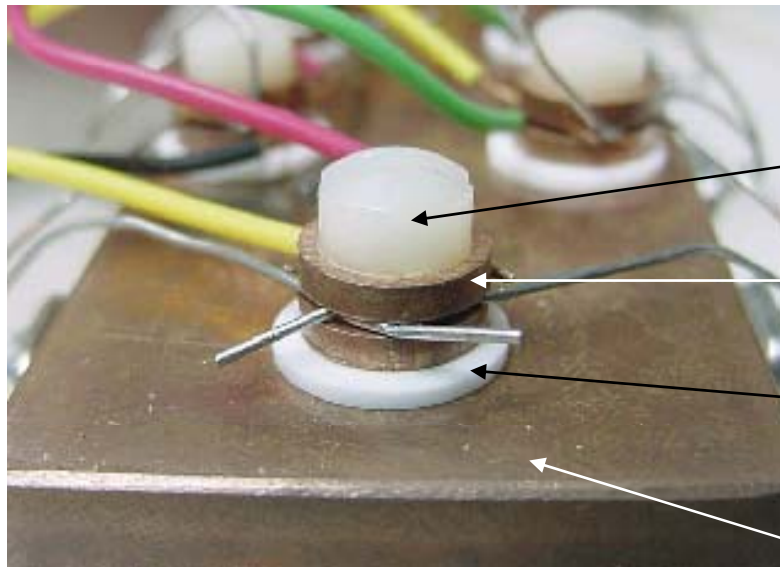
Nanovóltmetro Agilent Modelo 34420 como Detector de Nulos



Conmutador de bajas FEM térmicas para Inversor de polaridad



Ancla térmica



Tornillo de nylon

Rondanas de cobre

Rondanas de Oxido de Berilio
(cuidado Tóxico)

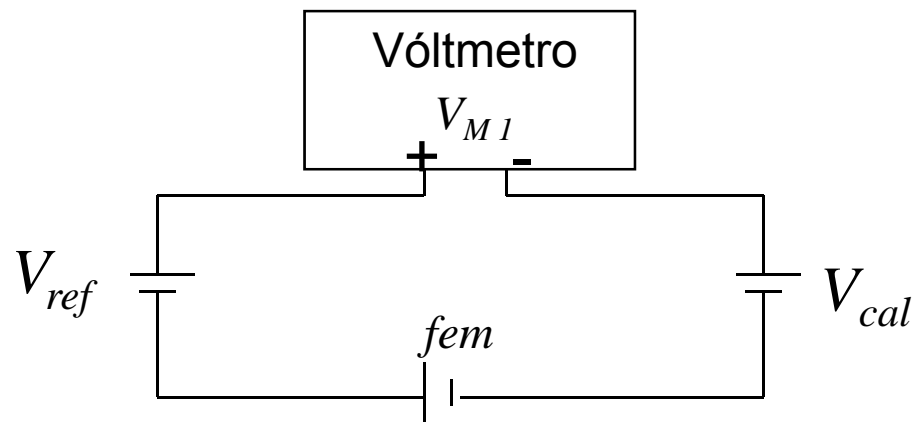
Bloque de cobre

**Bloque de cobre para conexiones de bajas fems
térmicas**

Cuidados en la Calibración

- ✓ Previa auto calibración del DKV
- ✓ Reducción de fuentes de ruido: FEM térmicas, campos magnéticos, línea de alimentación, etc.
- ✓ Empleo del Método diferencial en la medición
- ✓ Uso de la técnicas de medición de inversión de polaridad para la compensación de FEM térmicas y “offset” del multímetro
- ✓ Uso apropiado de cables y conexiones
- ✓ Uso apropiado de blindajes y guardas
- ✓ Limpieza de cables y conectores
- ✓ Minimización de gradientes de temperatura y periodos de
- ✓ estabilización: instrumentos y mediciones
- ✓ Automatización de las mediciones

Aplicación de la técnica de inversión de polaridad para cancelar FEM térmicas y “offset” del multímetro en medición de bajos valores



$$V_{M1} = V_{ref} - V_{cal} + fem + offset$$

$$V_{M2} = -V_{ref} + V_{cal} + fem + offset$$

$$V_M = (V_{M1} - V_{M2}) / 2 = V_{ref} - V_{cal}$$

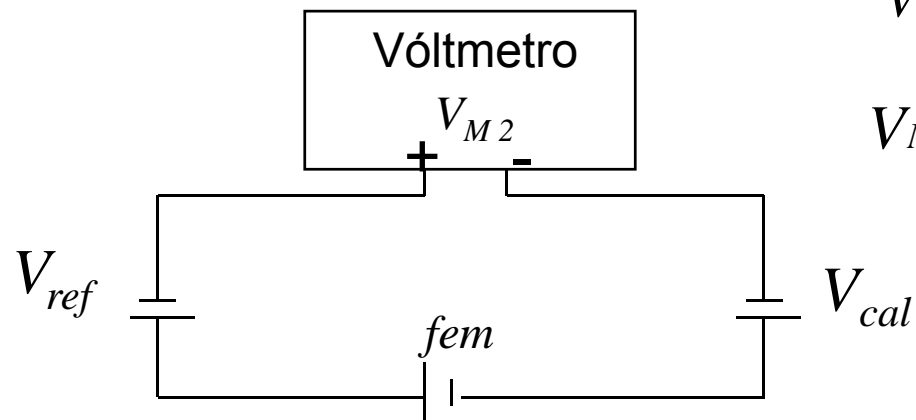
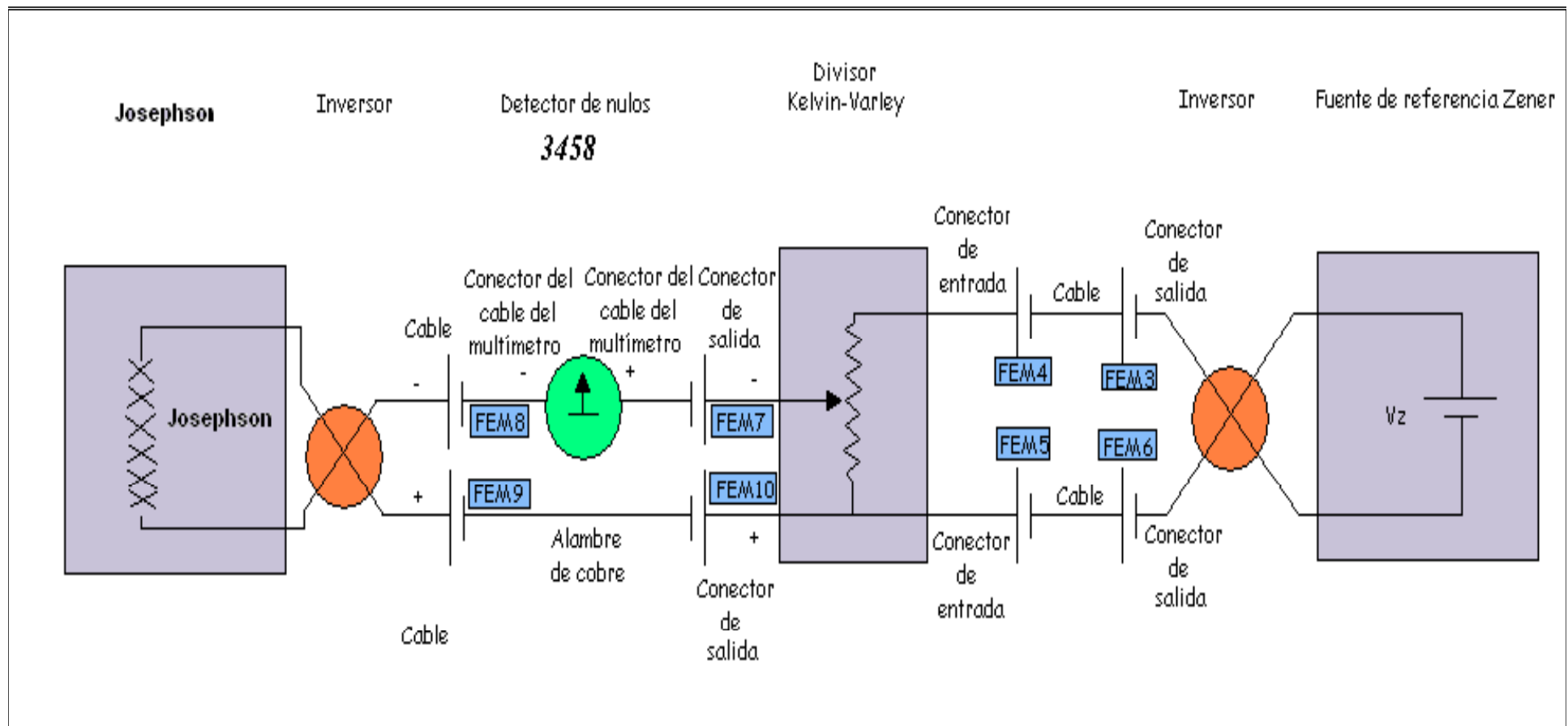


Diagrama de bloques de las conexiones de calibración con el Sistema de medición de tensión Josephson



Resultado de la Calibración del Error de Relación del Divisor para $V_{ent} = 10\text{ V}$

$V_{sal} = 10\text{ mV}$

Detector de nulos Agilent 34420

FECHAS ERROR DE RELACIÓN
RELATIVO EN $\mu\text{V/V}$

2008-11-12	-1,38
2008-11-19	- 0,17
2008-11-26	-2,13
2008-11-28	0,345
2008-12-02	-2,22

FINAL = $-1,25 \pm 0,9\ \mu\text{V/V}$

$k=1$

$V_{sal} = 1\text{ mV}$

Detector de nulos Agilent 34420

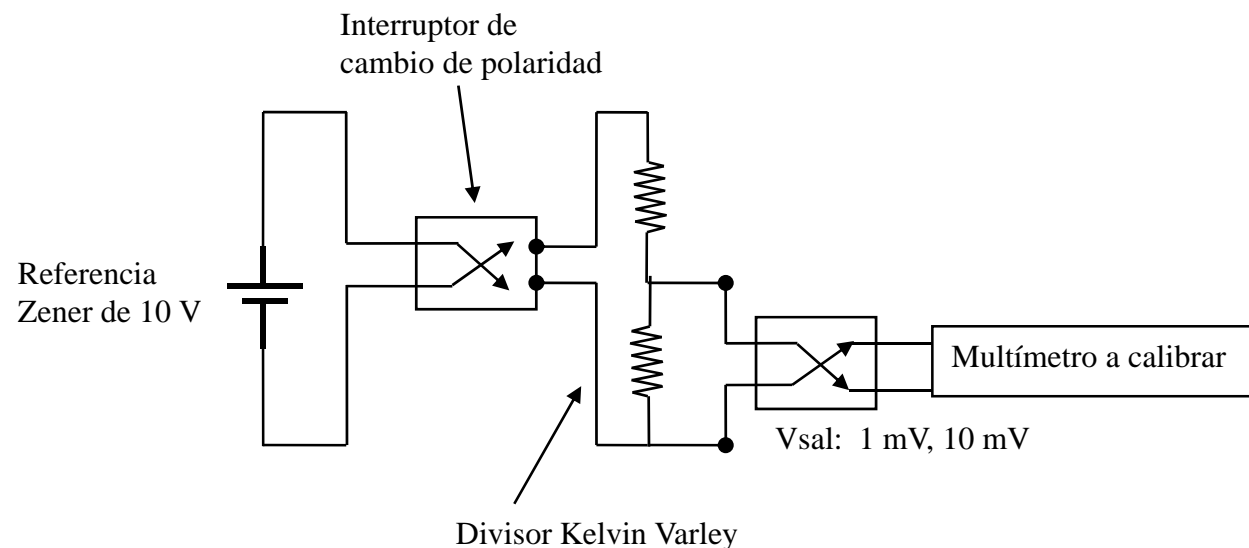
FECHAS ERROR DE RELACIÓN
RELATIVO EN $\mu\text{V/V}$

2008-11-12	152,5
2008-11-19	128,9
2008-11-26	415
2008-11-28	20,3
2008-12-02	3,9

FINAL = $144 \pm 74\ \mu\text{V/V}$

$k=1$

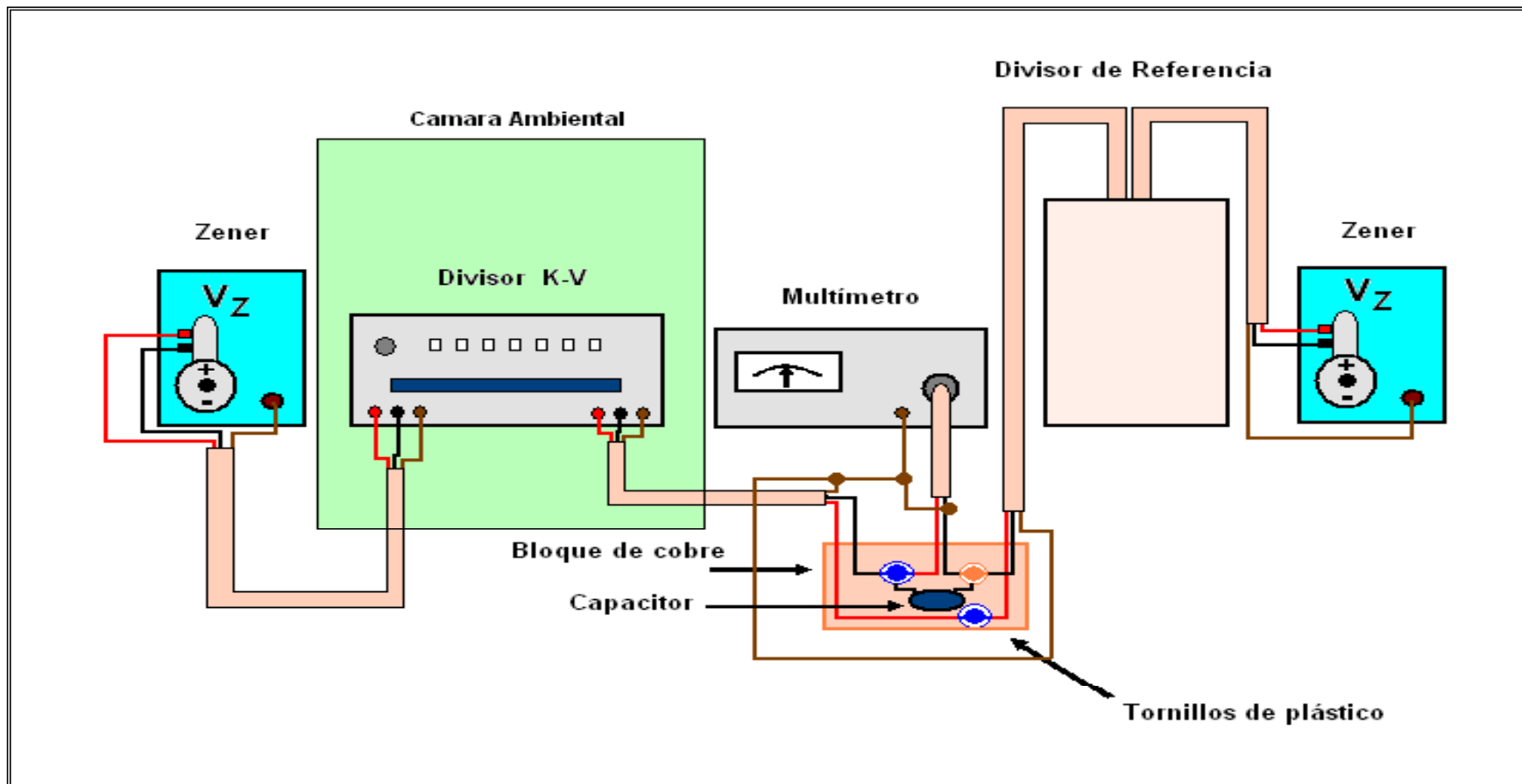
Incertidumbre estimada al generar tensiones de referencia con el Divisor KV y un Zener calibrado.



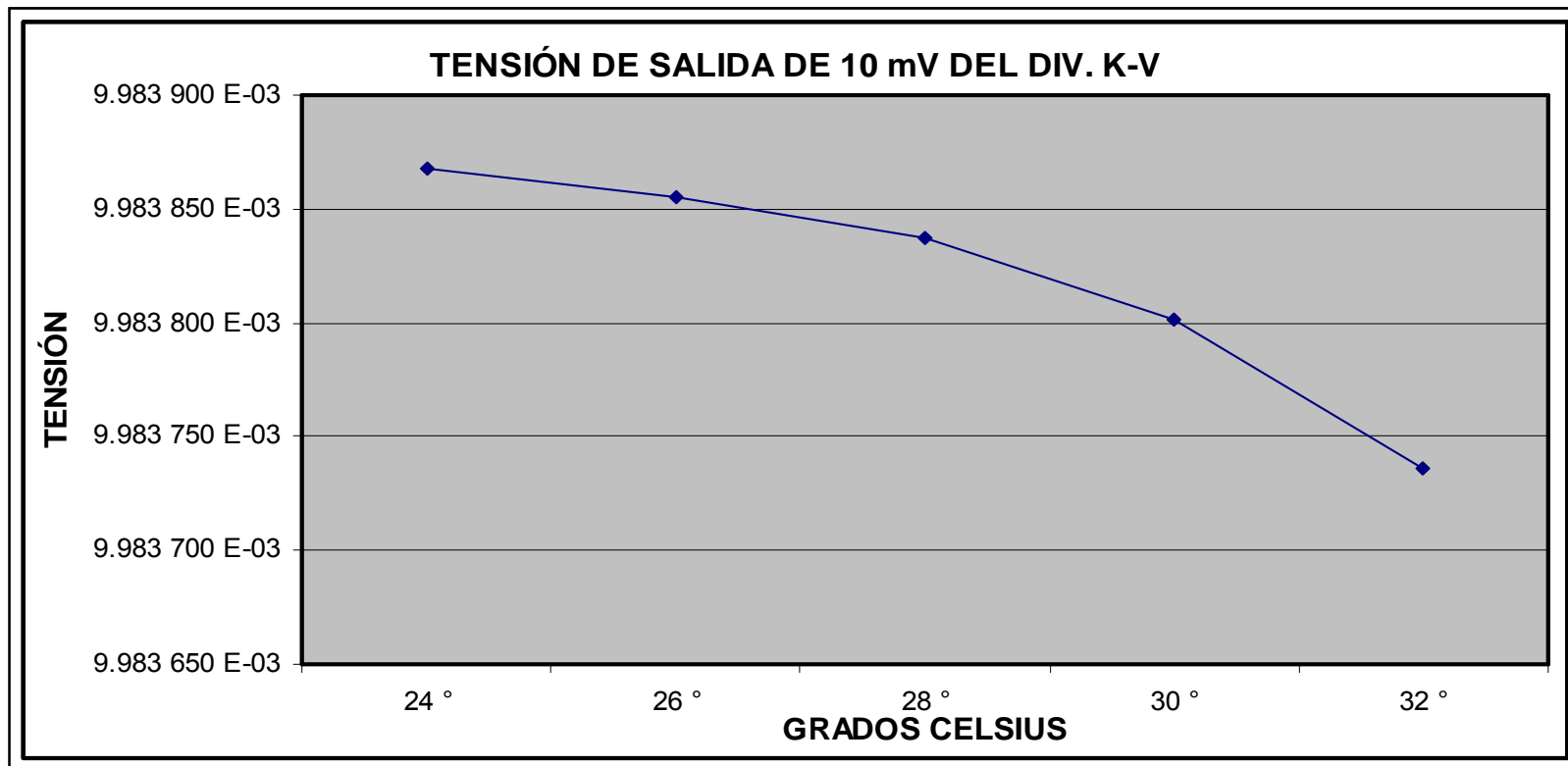
❑ Fuentes de incertidumbre a considerar en la calibración de un 34420:

- Incertidumbre de calibración de la referencia Zener considerando el efecto de carga $\approx 0,5 \mu\text{V/V}$
- Estabilidad de la referencia Zener $\approx 2 \mu\text{V/V}$
- Incertidumbre de relación de divisor KV $\approx 2 \mu\text{V/V}$ (salida de 10 mV), $144 \mu\text{V/V}$ (salida de 1 mV)
- Estabilidad de la relación del Divisor Kelvin Varley $1 \mu\text{V/V}$
- Incertidumbre tipo A $\approx 3 \mu\text{V/V}$ (10 mV), $30 \mu\text{V/V}$ (1 mV)

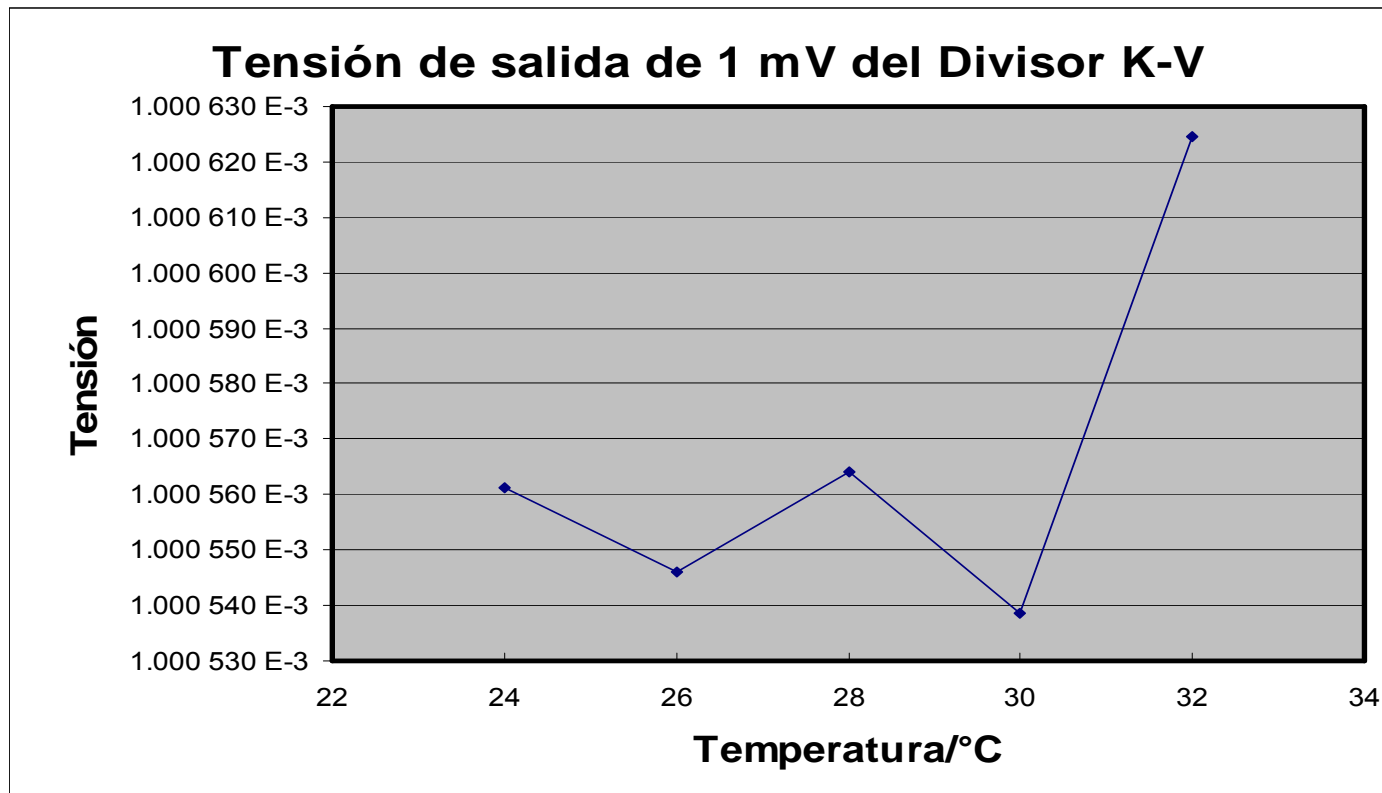
Efectos Térmicos



Caracterización de las variaciones de la tensión de salida (10 mV) en función de la temperatura usando el divisor K-V



Caracterización de las variaciones de la tensión de salida (1 mV) en función de la temperatura usando el divisor K-V



Conclusiones

➤ Los resultados muestran que alimentando el Divisor Kelvin Varley 720A con una referencia Zener de **10 V**, éste puede ser utilizado para **generar tensiones de referencia** de **10 mV** y **1 mV** con incertidumbres del orden de **100 nV** lo que corresponde a **10 μ V/V** en la salida de **10 mV** y **100 μ V/V** en la salida de **1 mV**. Los resultados anteriores se pueden obtener **previo ajuste del Divisor** (realizando el procedimiento de auto calibración).

Conclusiones (cont. 1)

- Los resultados de este trabajo muestran que **no es posible calibrar algunos modelos de voltímetros, nanovoltímetros y multímetros de alta exactitud** a niveles de **10 mV** y **1 mV** manteniendo una **relación de 4:1** entre la incertidumbre del instrumento especificada a **un año** y la incertidumbre de calibración con esta técnica.

Conclusiones (cont. 2)

- Existe un **efecto importante de la temperatura** sobre la relación del Divisor KV que produce variaciones del orden de $2\mu\text{V/V}/^\circ\text{C}$ entre (24°C y 32°C) en la salida de 10 mV cuando se alimenta con un Zener de 10 V .
- Cuando se conecta una referencia Zener a un divisor Kelvin Varley se produce un **efecto de carga** que afecta el valor de la tensión de salida del Zener este efecto puede ser evaluado midiendo la tensión de salida con carga usando otro Zener calibrado.

Observación

Los resultados mostrados son válidos en particular para el Divisor Kelvin Varley calibrado y no pueden ser generalizados a todos los instrumentos de este tipo, sin embargo, dan una idea de lo que es posible obtener con estos instrumentos.

Reconocimientos

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Tensión Eléctrica Continua de la División de Mediciones Electromagnéticas de la Dirección de Metrología Eléctrica del CENAM y la colaboración de:

Dr. David Avilés, coordinador científico de la división

Dr. Enrique Navarrete, colaborador del laboratorio de Tensión Eléctrica Continua

Luis Aimer Velasco G., estudiante de licenciatura (tesista) del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Fin de la presentación

POR SU ATENCIÓN, ¡GRACIAS !