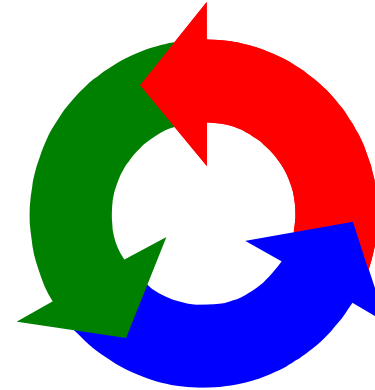


# Comparaciones



# de

# Patrones



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

**Dr. Carlos David Avilés Castro**

# TEMARIO

- Introducción
- Diseño
- Organización
- Ejecución
- Análisis de resultados
- Publicación de resultados
- Un ejemplo



# Introducción

## Definiciones:

### Comparación:

Acción de determinar las diferencias entre las mediciones de dos o más laboratorios en una magnitud y en valores acordados mediante la medición sucesiva del mismo patrón viajero.

### Prueba de aptitud:

Determinación del desempeño en pruebas de laboratorio por medio de una comparación

### Laboratorio Piloto:

Laboratorio que organiza, supervisa y participa en una comparación.

### Patrón viajero:

Patrón, algunas veces de construcción especial destinado a ser transportado a diferentes lugares.

## Un objetivo común de los laboratorios de metrología

*Buscar la confiabilidad y equivalencia nacional e internacional de las mediciones.*

¿Cómo?

Haciéndolas trazables al SI

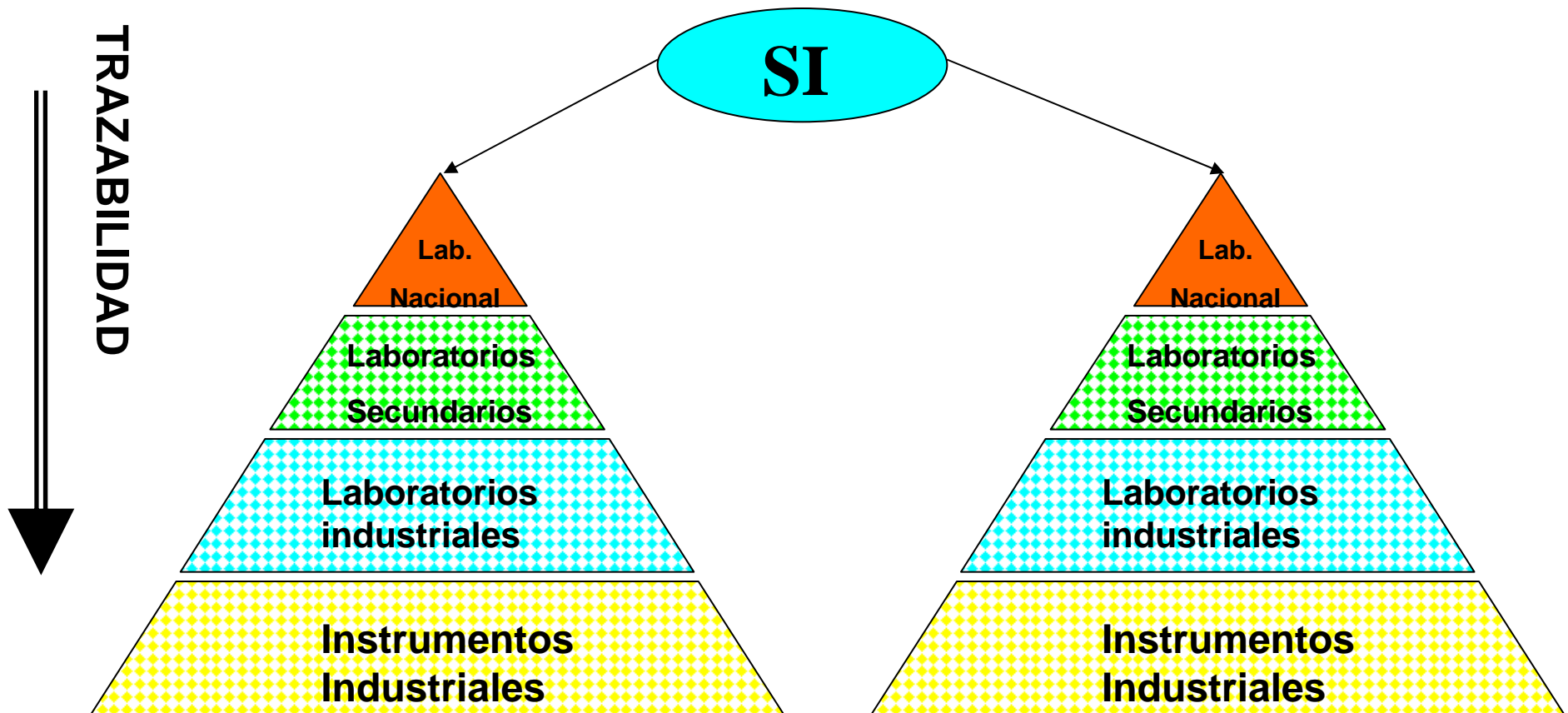
¿Cómo verificar que la trazabilidad al SI se ha hecho de manera adecuada y que las mediciones son confiables y equivalentes

Con comparaciones entre laboratorios.

# Trazabilidad al SI

## Trazabilidad:

Propiedad de un resultado de medición consistente en poder relacionarlo con los patrones apropiados, generalmente internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones con incertidumbres conocidas.



## Objetivos de una comparación

- Pruebas de aptitud para fines de acreditación de laboratorios
- Determinar las diferencias entre las mediciones de uno o mas laboratorios.
- Detectar errores sistemáticos y corregirlos (armonización de las mediciones a nivel nacional e internacional).
- Dar soporte a los servicios de calibración y medición.
- Probar la equivalencia de un nuevo método de medición o patrón.
- Dar confianza a los usuarios de los servicios de un laboratorio

# Diseño de comparaciones entre laboratorios

## Bibliografía:

- **CIPM (Comité internacional de Pesas y Medidas)**  
“Guidelines for CIPM key comparisons” (<http://www.bipm.fr>)
- **Bureau International des Poids et Measures**  
“International comparisons” ([http://www.bipm.fr/enus/4\\_BIPM/comparisons.html](http://www.bipm.fr/enus/4_BIPM/comparisons.html)),  
“Documentation of international comparisons”
- **Sistema Interamericano de Metrología (SIM)**  
“Procedures for SIM Comparisons” (<http://www.sim-metrologia.org.br>)  
“SIM procedure for registration of comparisons and pilot studies”  
(<http://www.sim-metrologia.org.br>)
- **ISO International Organization for Standardization/IEC (International Electrotechnical Commission)**  
“Proficiency testing by interlaboratory comparisons  
Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes. Guide 43-1  
Part 2: Selection and use of proficiency testing schemes by laboratory accreditation bodies. Guide 43-2”
- **North American Calibration Cooperation (NACC)**  
“NACC Interlaboratory comparisons”

## Aspectos generales a considerar en el diseño de una comparación

- Las comparaciones deben incluir las principales técnicas en la especialidad y los valores de mayor interés para los participantes.
- Los resultados deben ser claros e inequívocos
- Las comparaciones deben ser suficientes en cuanto al intervalo de valores y frecuencia de realización para demostrar y mantener la equivalencia entre los laboratorios participantes.

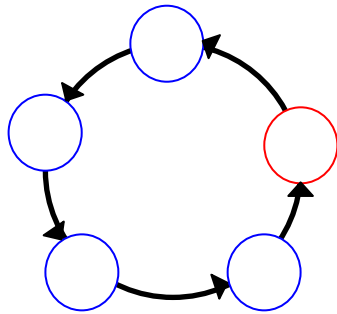


## Aspectos particulares a decidir

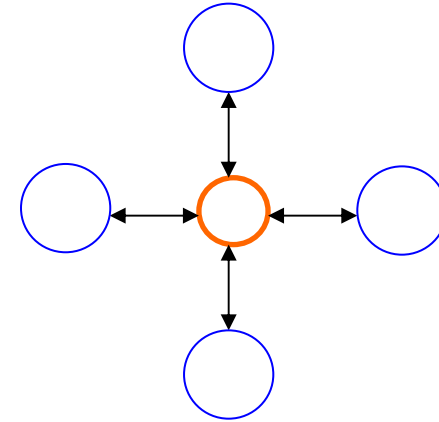
- La lista de participantes
- El patrón o los patrones viajeros
- Los valores a medir
- La pertinencia de realizar un estudio piloto
- Calendario de la comparación
- Procedimiento en caso de falla del patrón
- Procedimiento en caso de retraso excesivo de un laboratorio
- El esquema de la comparación



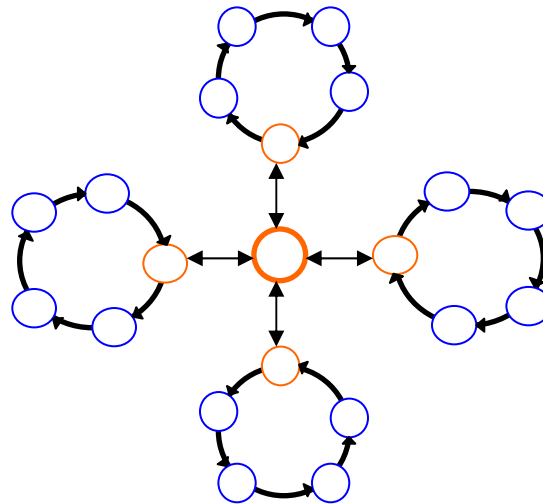
## El esquema de la comparación



Circular



Estrella

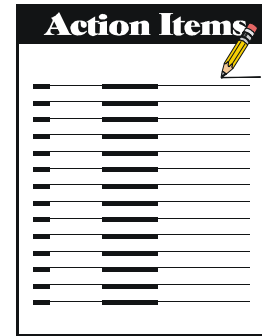


Combinado

Otros ...

## Aspectos a considerar en la elaboración del protocolo de la comparación:

- ◆ Descripción detallada del patrón viajero
- ◆ Datos técnicos necesarios para su operación
- ◆ Recomendaciones de manejo del patrón viajero
- ◆ Incluir manuales de operación
- ◆ Acciones a realizar al recibir el patrón viajero
- ◆ Pruebas a realizar antes de medir
- ◆ Formato e instrucciones para informar los resultados de medición





Cont...

## Aspectos a considerar en la elaboración del protocolo de la comparación:

- ◆ Instrucciones para la determinación de la incertidumbre de medición (no aplica para pruebas de aptitud)
- ◆ Definición del tiempo límite para enviar los resultados del la medición.
- ◆ Aspectos financieros de la comparación
- ◆ Aseguramiento del patrón viajero



## Aspectos a considerar en la elaboración del protocolo de la comparación:

- Estabilidad del patrón viajero y efectos ambientales
- Medio de Transporte 
- Problemas con las aduanas 
- Seguimiento
- Procedimiento en caso de resultados aberrantes
- Confidencialidad de resultados
- Procedimiento en caso de desacuerdos

## Organización previa



- Elaboración de la propuesta.
- Discutir la propuesta con los laboratorios interesados
- Informar al CENAM y a la Entidad Acreditadora, (definir si los resultados de la comparación servirán para una prueba de aptitud)
- Se invita al resto de los posibles participantes
- Definir el esquema de la comparación
- Elaboración del protocolo
- Revisión del protocolo

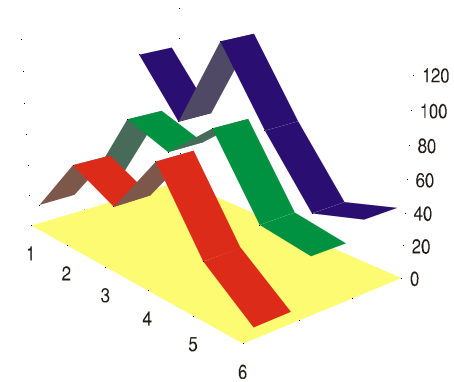
## Ejecución



- ▶ Realización de acuerdo al calendario establecido
- ▶ El Laboratorio piloto supervisa la comparación e informa a sobre el desempeño de la comparación
- ▶ Envío de resultados al laboratorio piloto
- ▶ El laboratorio piloto elabora un informe de la comparación
- ▶ En caso de que los resultados sirvan para una prueba de aptitud el laboratorio piloto informa por escrito a la entidad acreditadora.

## Análisis de resultados

Los resultados de una comparación son:



- Mediciones de cada laboratorio y su incertidumbre asociada.
- Valor de referencia y su incertidumbre + diferencias respecto a este valor y sus incertidumbres asociadas
- Error normalizado (opcional )
- Otros



## Análisis de resultados

### El error normalizado

$$E_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sqrt{U_i^2 + U_{\bar{x}}^2}}$$

Donde:

$E_i$  es el error normalizado

$x_i$  es la medición del laboratorio  $i$

$\bar{x}$  es el valor de referencia de la comparación

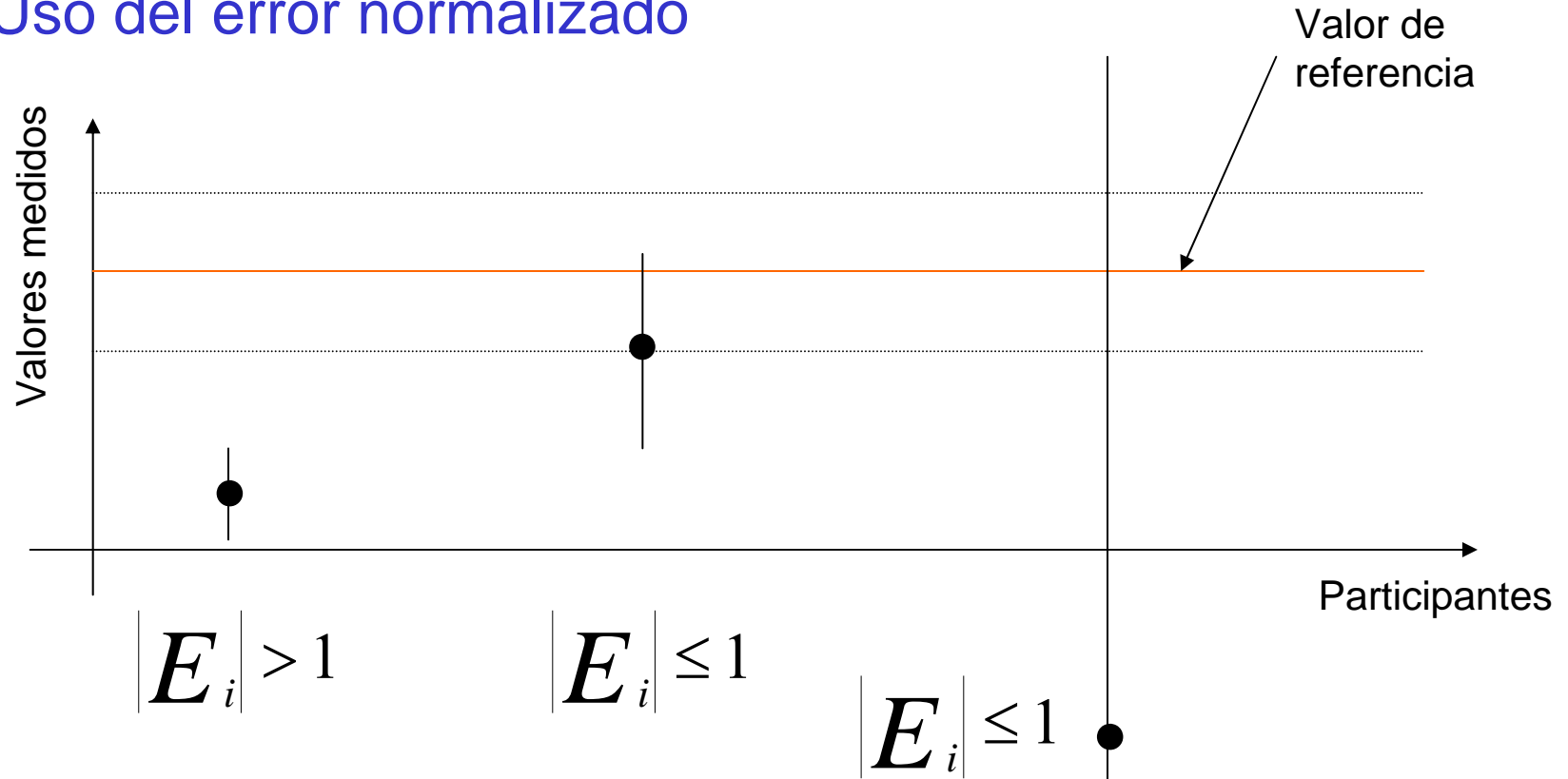
$U_i$  es la incertidumbre de la medición del lab.

$U_{\bar{x}}$  es la incertidumbre del valor de referencia.

$$\left| E_i \right| \leq 1 = \textit{satisfactorio} \quad \left| E_i \right| > 1 = \textit{insatisfactorio}$$

# Análisis de resultados

## Uso del error normalizado



## El valor de referencia

Si participa el laboratorio nacional normalmente su valor es el de referencia, si no es el caso, entonces el valor de referencia es calculado generalmente usando la media ponderada:

$$\delta_{\text{valor-de-referencia}} = \frac{\sum_{i=1}^2 \delta_i / U_{\delta_i}^2}{\sum_{i=1}^2 1 / U_{\delta_i}^2}$$

Donde:

$U_{\delta_i}$  es la incertidumbre expandida asociada con los  $\delta_i$  valores usados para calcular el valor de referencia reportados con un nivel de confianza del 95%.

## Otras formas de determinar el valor de referencia:

- El valor de un laboratorio
- El promedio
- La mediana

## Grado de equivalencia:

El grado de equivalencia ( $D_i$ ) entre el i-esimo laboratorio participante con respecto al valor de referencia:

$$D_i = \delta_i - \delta_{\text{valor de referencia}}$$

Para los laboratorios participantes que no contribuyen al cálculo del valor de referencia y sus valores son independientes, la incertidumbre expandida del grado de equivalencia es calculado como:

$$U_{D_i} = \sqrt{U_{\delta_i}^2 + U^2_{\delta \text{ valor-de-referencia}}}$$

Para los laboratorios cuyos valores son independientes pero contribuyeron al cálculo del valor de referencia la incertidumbre expandida del grado de equivalencia es calculado como:

$$U_{D_i} = \sqrt{U_{\delta_i}^2 - U^2_{\delta \text{ valor-de-referencia}}}$$

## Publicación de resultados



- Memorias del Simposio de Metrología organizado por CENAM (página Web de CENAM)
- Memorias de los encuentros de Metrología Eléctrica (Página Web del CENAM)
- Espacio especial sobre resultados de comparaciones nacionales en la página Web de CENAM

Nota: En el caso de los resultados de un laboratorio sirva para una prueba de aptitud técnica los resultados no se publican, solo se envían a la entidad acreditadora.

# Acciones correctivas

- Es deseable después de encontrar errores sistemáticos o problemas de evaluación de incertidumbres tomar acciones para corregirlos.

# Conclusiones

- El resultado en una comparación da información puntual sobre los resultados de un laboratorio.
- Las comparaciones deben ser hechas periódicamente
- Las comparaciones deben seguir reglas establecidas
- El objetivo buscado es que nuestras mediciones sean confiables, dentro de los límites de incertidumbre estimados.