

Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

# Automatización del Sistema Secundario de Medición de Conductividad Electrolítica del INM

Ronald Crstancho – Andrés Castillo  
Subdirección de Metrología Química y Biomedicina

 MINCOMERCIO  
INDUSTRIA Y TURISMO

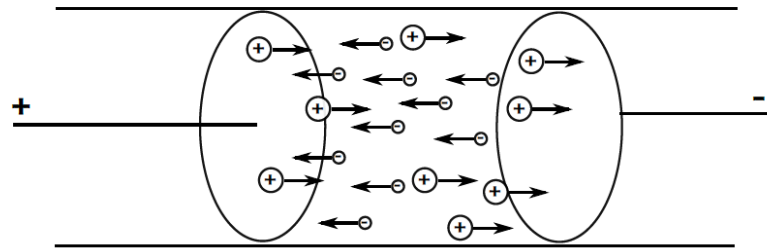




# Introducción

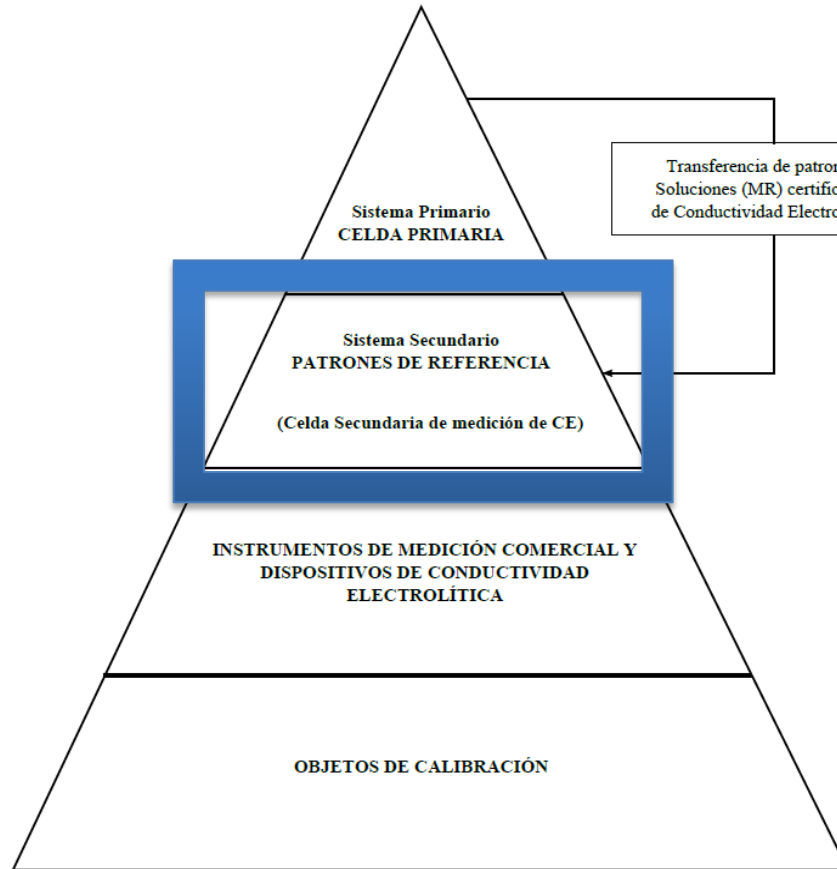
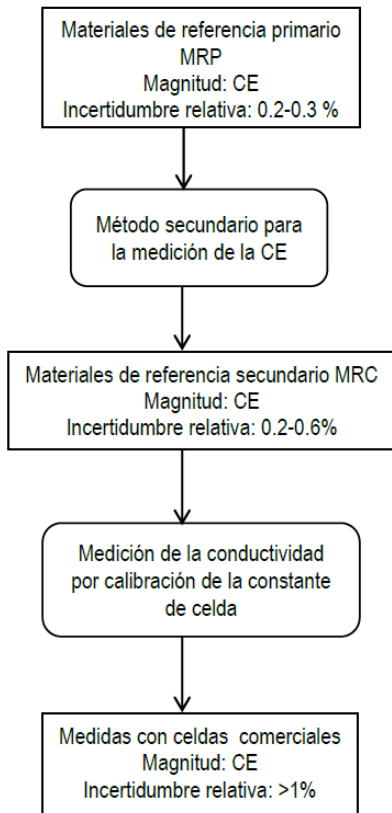
**Conductividad:** Es la medida de la capacidad de un material o sustancia de conducir.

**Conductividad Electrolítica,  $\kappa$  ( $S \cdot m^{-1}$ ):** Relación de la densidad de corriente y la intensidad del campo eléctrico aplicado (FEM del transporte de la carga)\*.

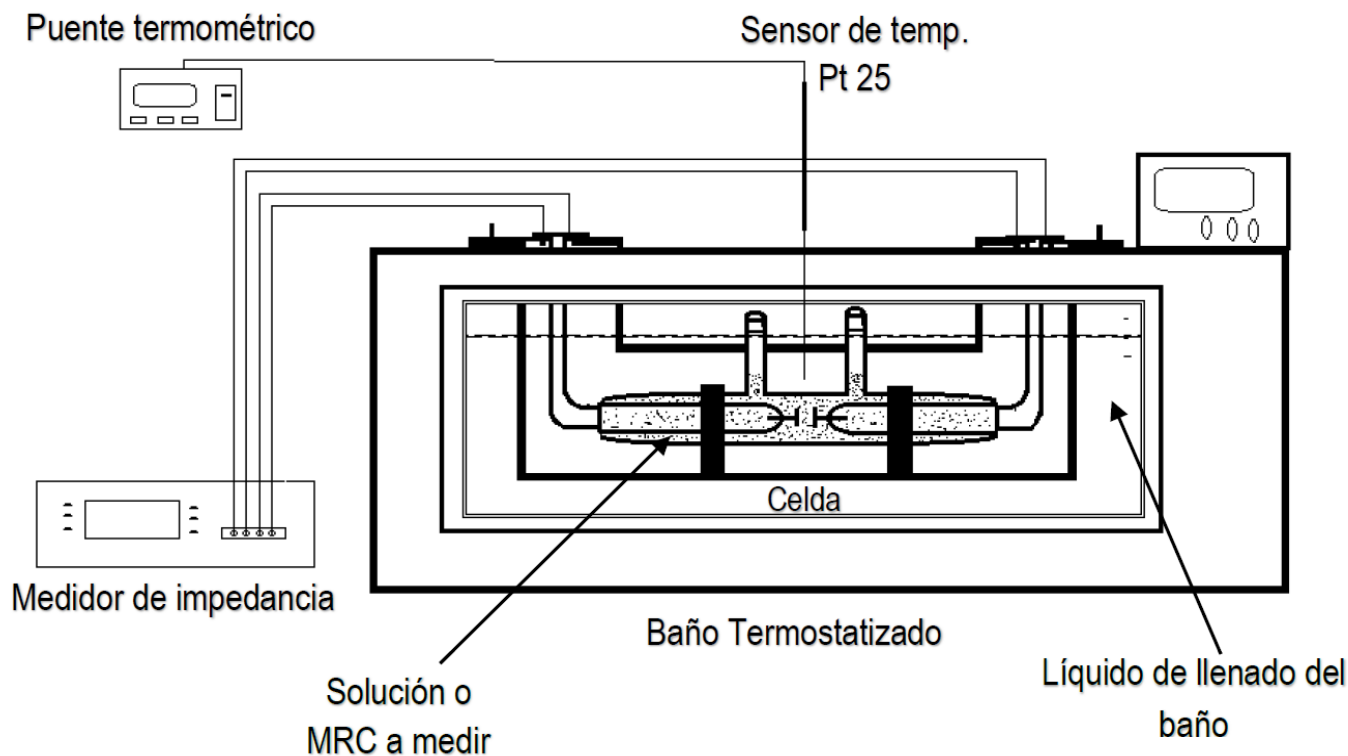


\*Brinkmann F, et al..  
Accredit Qual Assur.  
2003; 8:346–53.

# Trazabilidad de las mediciones de CE

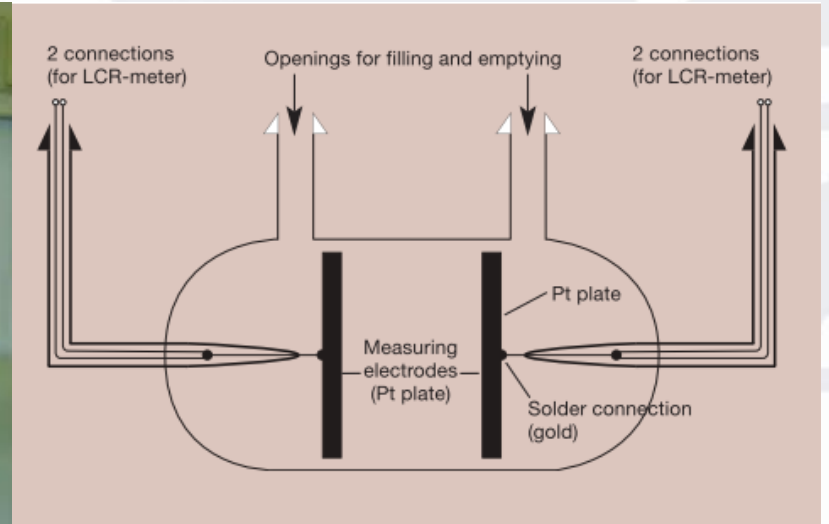


## Sistema secundario de medición

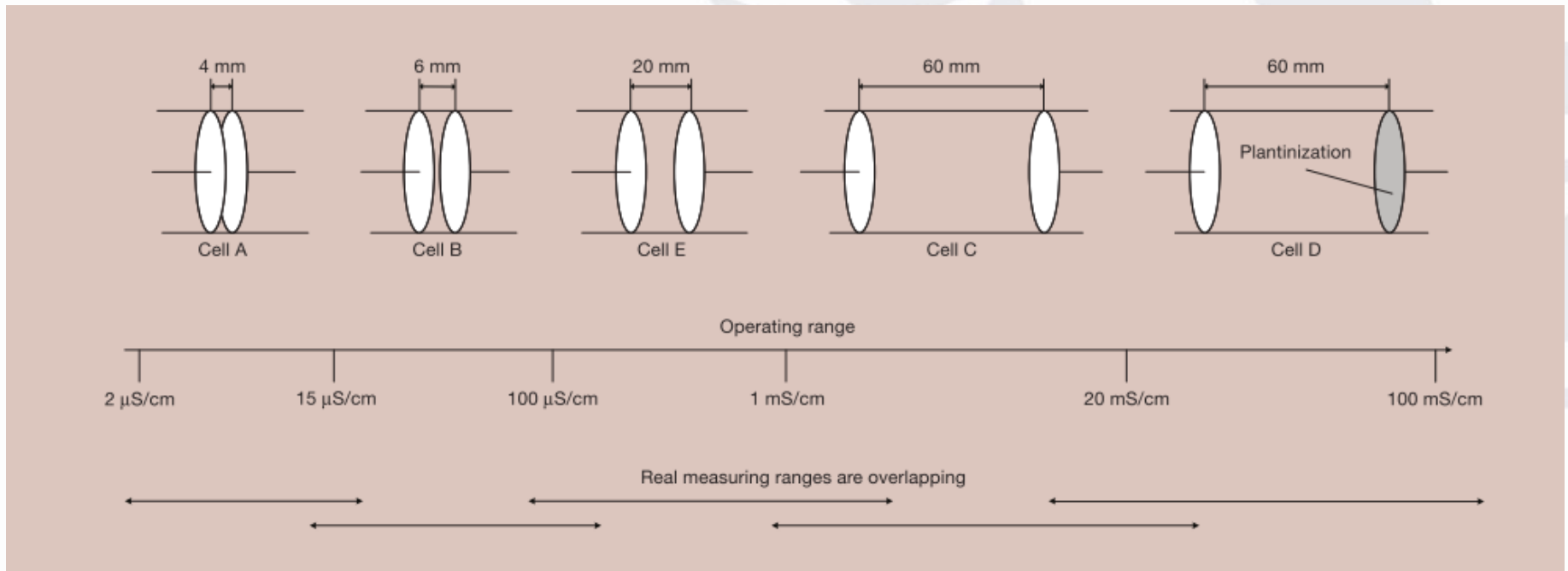


# Sistema secundario de medición

## Celda de medición



# Celdas de medición



# PRINCIPIO DE MEDICIÓN

Impedancia

$$Z = \underbrace{R}_{\text{Real}} + \underbrace{jX}_{\text{Imaginario}}$$

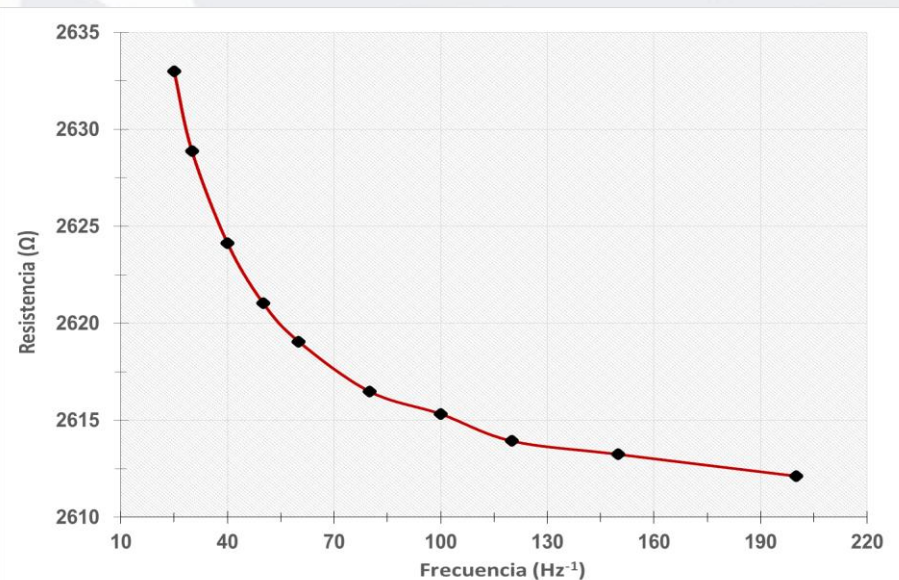
Componente  
imaginaria

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

A frecuencia infinita  
*Xc tiende a cero*

$$Z = R$$

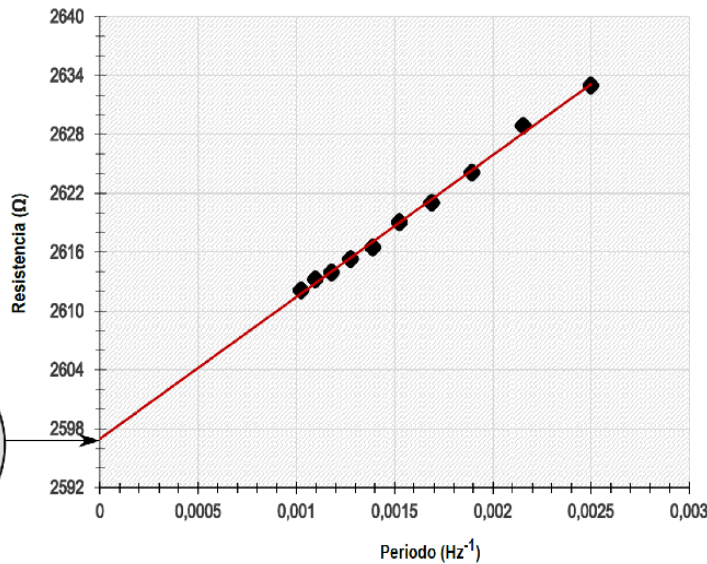
Toma de datos de Resistencia en la  
solución.





# PRINCIPIO DE MEDICIÓN

Determinación de la impedancia a frecuencia infinita



(CALIBRACIÓN) Determinación  $K_{celda}$

$$K_{celda} = K_{MRC} * R_{oMRC}$$

Determinación de la conductividad electrolítica

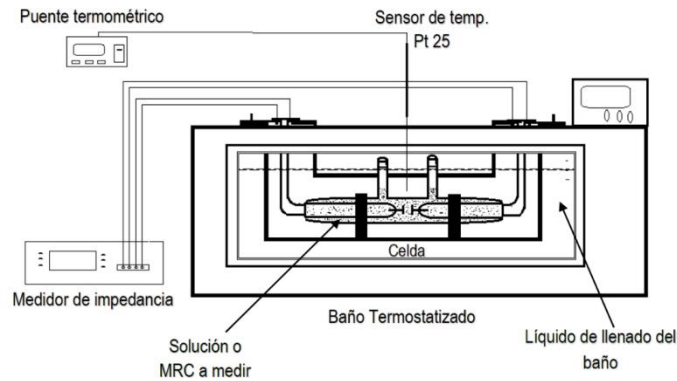
$$K = \frac{K_{celda}}{R_o}$$



Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

# AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

# Automatización del sistema

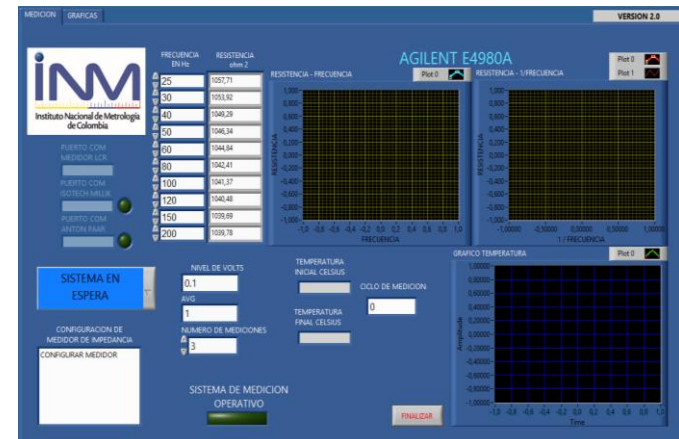
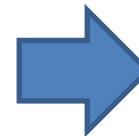


**Sistema secundario de medición**



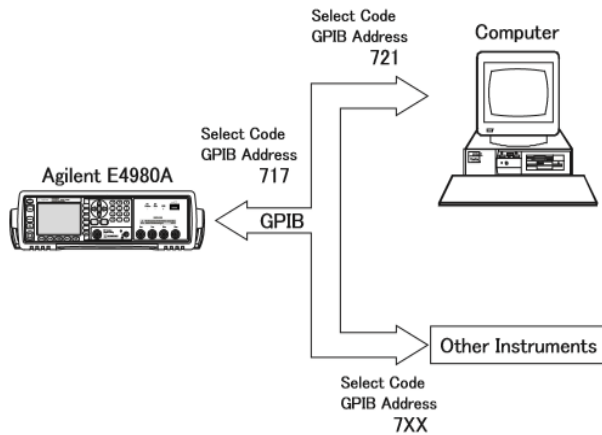
## ESTABLECIMIENTO DE ALGORITMO DE MEDICIÓN

1. Preparar sistema
2. Configurar parámetros de equipos
3. Medir temperatura inicial (Puente Ter.)
4. Medir resistencia eléctrica (Puente LRC)
5. Medir temperatura final (Puente Ter.)
6. Ordenar y Exportar datos

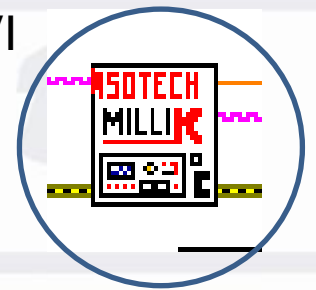


## Automatización del sistema: Etapas importantes

### COMANDO DE INSTRUMENTOS



1. Análisis y pruebas con conexiones y protocolos utilizados
2. Análisis y pruebas con comandos utilizados
3. Otras pruebas en particular, (tiempos de respuesta, recolección de datos)
4. Integración de los instrumentos. SubVI

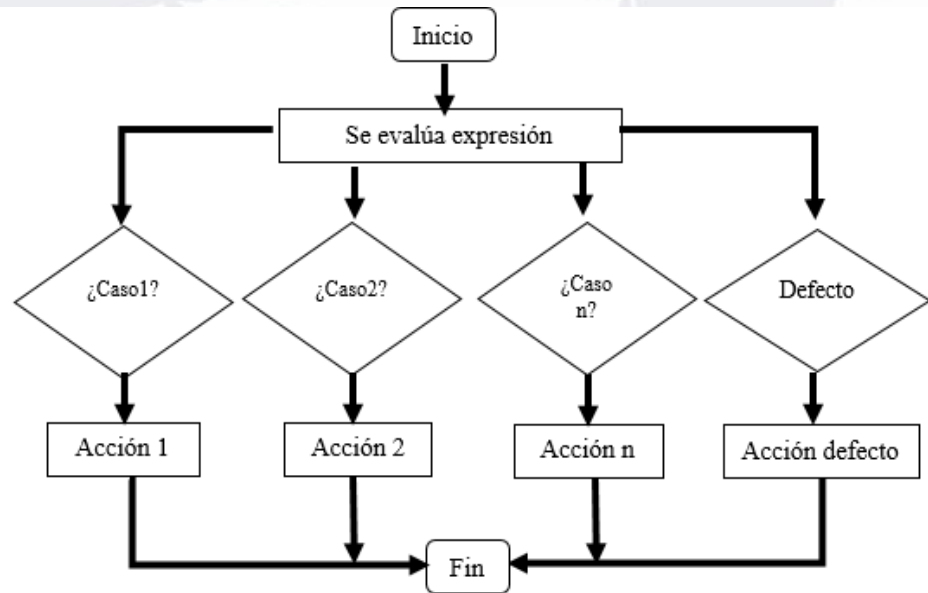


## Automatización del sistema: Etapas importantes

### MODO DE PROGRAMACION ESTRUCTURA TIPO “CASE”

Un solo botón de comando en el cual se selecciona el caso de uso a realizar

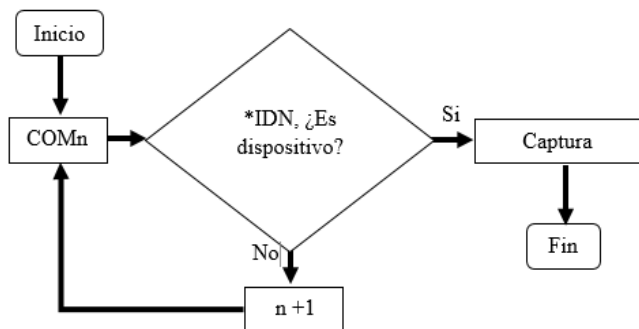
un caso por defecto que deja el sistema en espera.



## Automatización del sistema: Etapas importantes

### Ejemplo CASE: Auto-detección

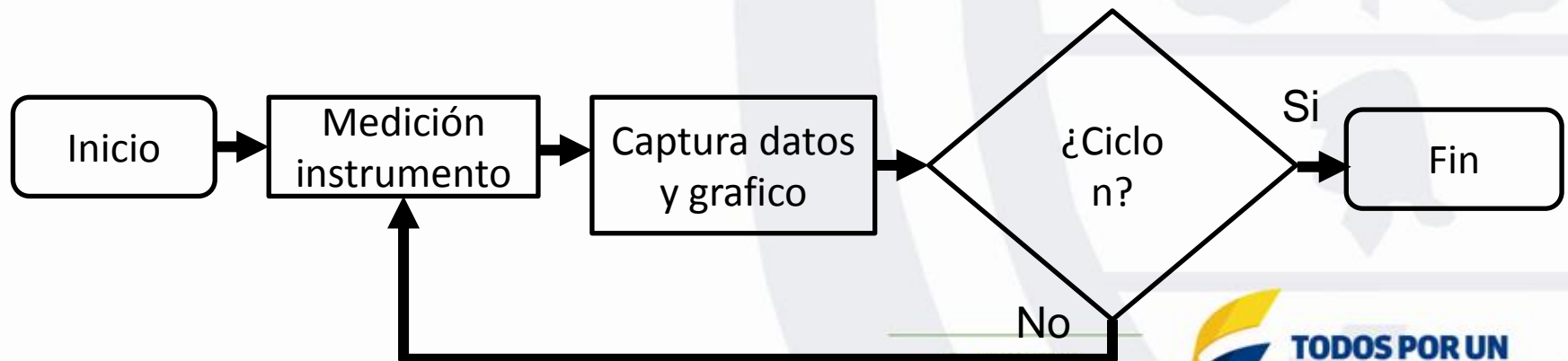
- El algoritmo busca e identifica los instrumentos a través de puertos
- Se captura la respuesta afirmativa de cada puerto
- A una respuesta negativa, se alerta al usuario sobre conexión y no se continua



## Automatización del sistema: Etapas importantes

### Ejemplo CASE: Medición

- El algoritmo recibe datos de puentes LCR y Térmico
- Los datos se grafican
- Se hace “n” ciclos
- Los datos se organizan en un archivo plano para análisis.





Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

# VALIDACIÓN DE SOFTWARE





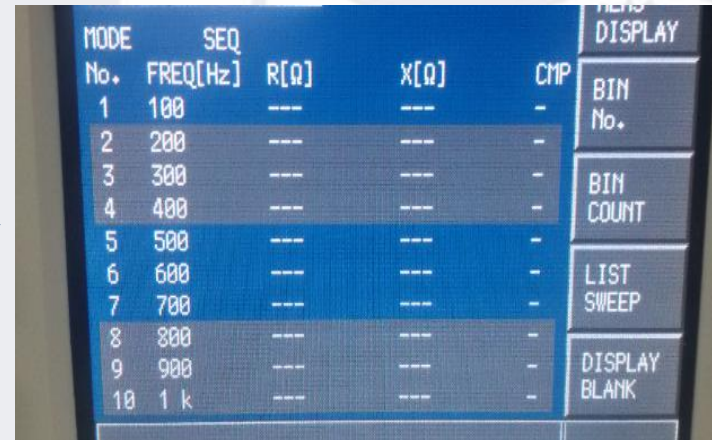
## Validación de software

1. Validación de software frente a la configuración de instrumentos



Software

Escritura



The instrument display shows a table with the following columns: 'MODE No.', 'SEQ FREQ[Hz]', 'R[Ω]', 'X[Ω]', 'CMP', and 'MENU DISPLAY'. The table contains 10 rows of data, each with a mode number (1-10), a frequency value (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1 k), and a resolution value (---). The 'MENU DISPLAY' column shows various options: 'BIN No.', 'BIN COUNT', 'LIST SWEEP', and 'DISPLAY BLANK'.

Instrumento

## Validación de software

### 2. Validación software frente a valores medidos

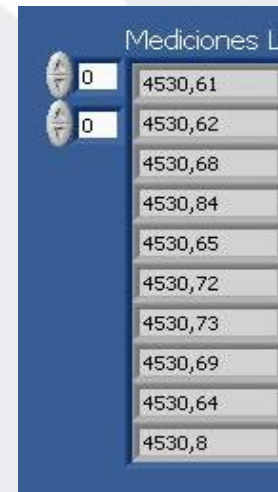


DISPLAY>

R[Q]	X
4.53061 k	-1
4.53062 k	-2
4.53068 k	-3
4.53084 k	-4
4.53065 k	-5
4.53072 k	-6
4.53073 k	-7
4.53069 k	-8
4.53064 k	-9
4.53080 k	-0

**Instrumento**

**Lectura**



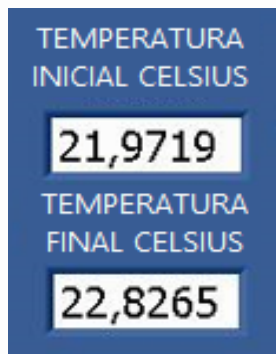
Mediciones LC

0	4530,61
0	4530,62
	4530,68
	4530,84
	4530,65
	4530,72
	4530,73
	4530,69
	4530,64
	4530,8

**Software**

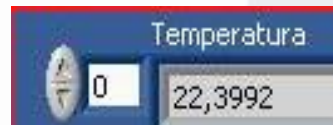
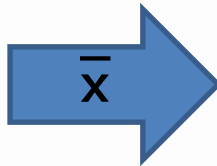
## Validación de software

### 3. Validación de cálculos realizados por el software.



Software

Calculo



Software

Temp. inicial = 21.9719 °C

Temp. final = 22.8265 °C

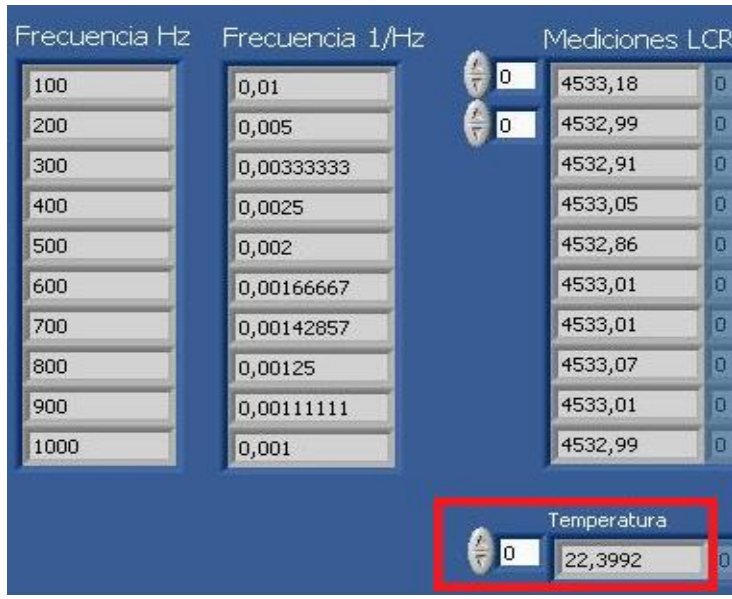
Suma, inicial + final = 44.7984 °C

= 44.7984 °C / 2 = 22.3992 °C

Prueba de escritorio

## Validación de software

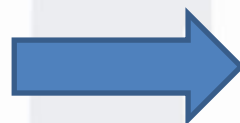
### 4. Validación de datos exportados por el software.



Frecuencia Hz	Frecuencia 1/Hz	Mediciones LCR
100	0,01	4533,18
200	0,005	4532,99
300	0,00333333	4532,91
400	0,0025	4533,05
500	0,002	4532,86
600	0,00166667	4533,01
700	0,00142857	4533,01
800	0,00125	4533,07
900	0,00111111	4533,01
1000	0,001	4532,99

Temperatura: 22,3992

Software



Exportar

	A	B
1		MEDICION 1
2	100,000000	4533,180000
3	200,000000	4532,990000
4	300,000000	4532,910000
5	400,000000	4533,050000
6	500,000000	4532,860000
7	600,000000	4533,010000
8	700,000000	4533,010000
9	800,000000	4533,070000
10	900,000000	4533,010000
11	1000,000000	4532,990000
12	Temperatura	22,399200

Archivo salida



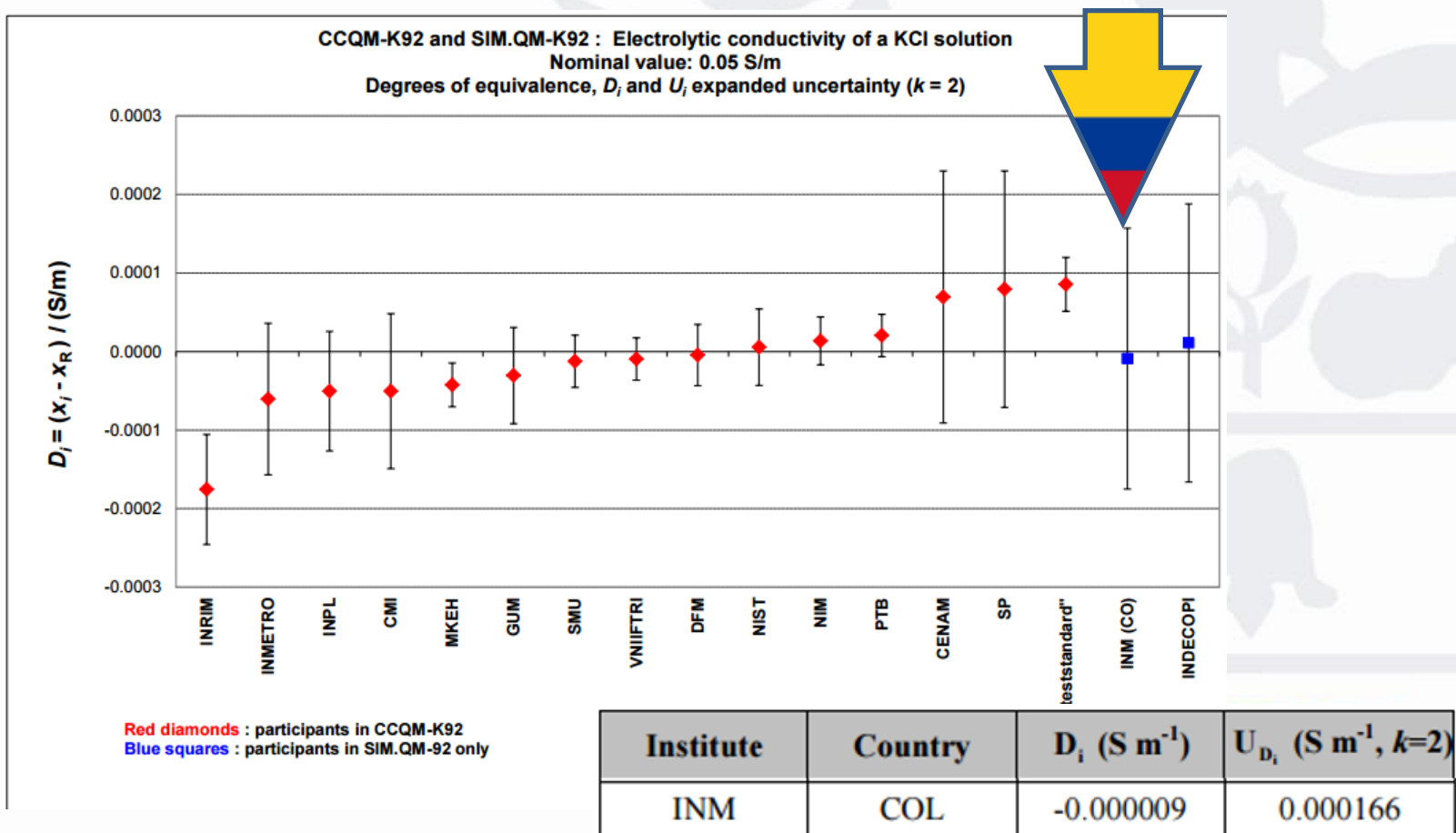
Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

## Conclusiones

- La automatización del sistema secundario de medición de conductividad electrolítica hace posible que las mediciones se realicen de manera sencilla
- El sistema está diseñado con programación tipo sub-VI (Virtual Instrument) lo cual hace posible un fácil rediseño o extrapolarlo a otros sistemas de medición
- El sistema diseñado con algoritmo tipo “case” es de fácil modificación posibilitando añadir o suprimir casos.

# Logros

- El sistema fue el utilizado para la participación SIM.QM-K92, resultados satisfactorios



## Logros

- Elaboración y certificación de 3 (tres) MR de nivel secundario de la magnitud de pH.
- Certificación de 3 (tres) MR de nivel secundario de la magnitud de Conductividad Electrolítica.





Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

# Gracias

**Ronald Orlando Cristancho Amaya**

Correo electrónico: [rcristancho@inm.gov.co](mailto:rcristancho@inm.gov.co)

**Andres Mauricio Castillo Forero**

Correo electrónico: [acastillo@inm.gov.co](mailto:acastillo@inm.gov.co)





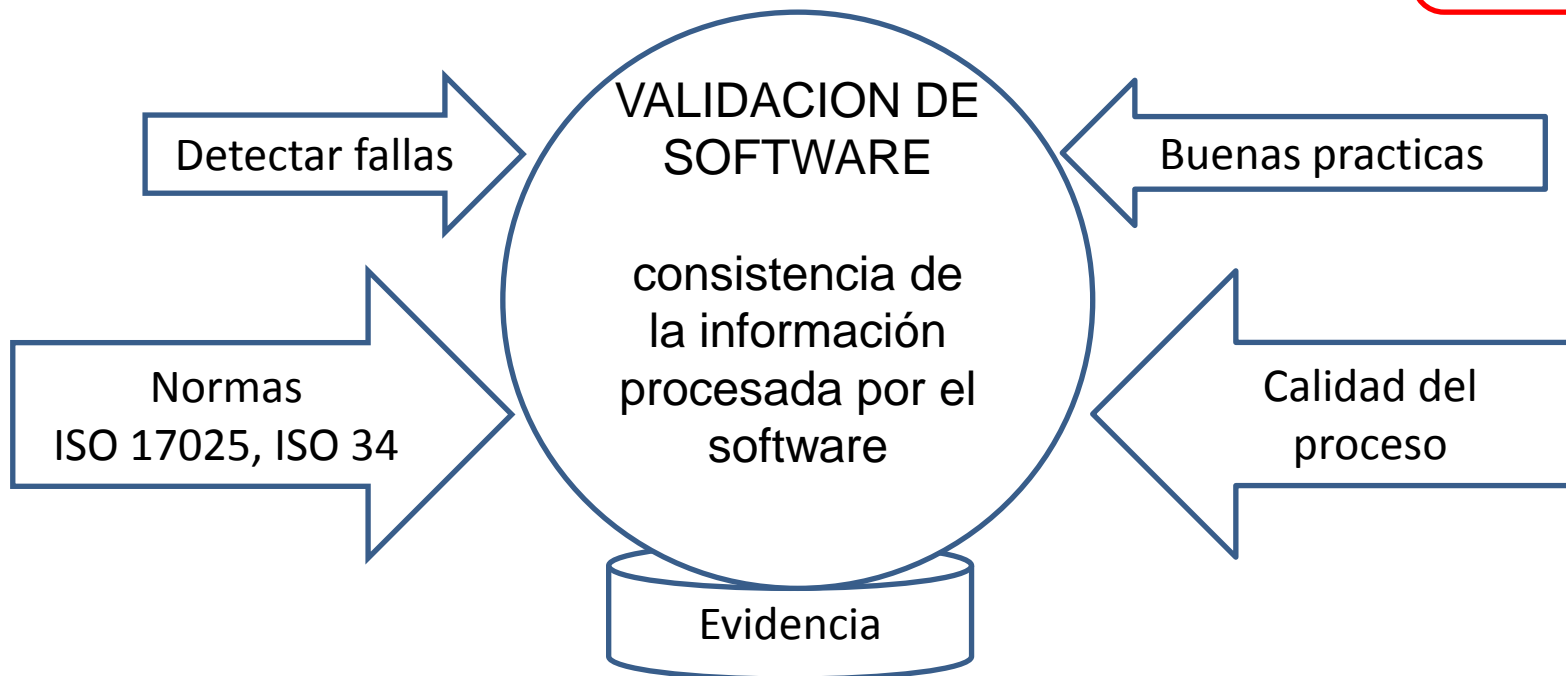
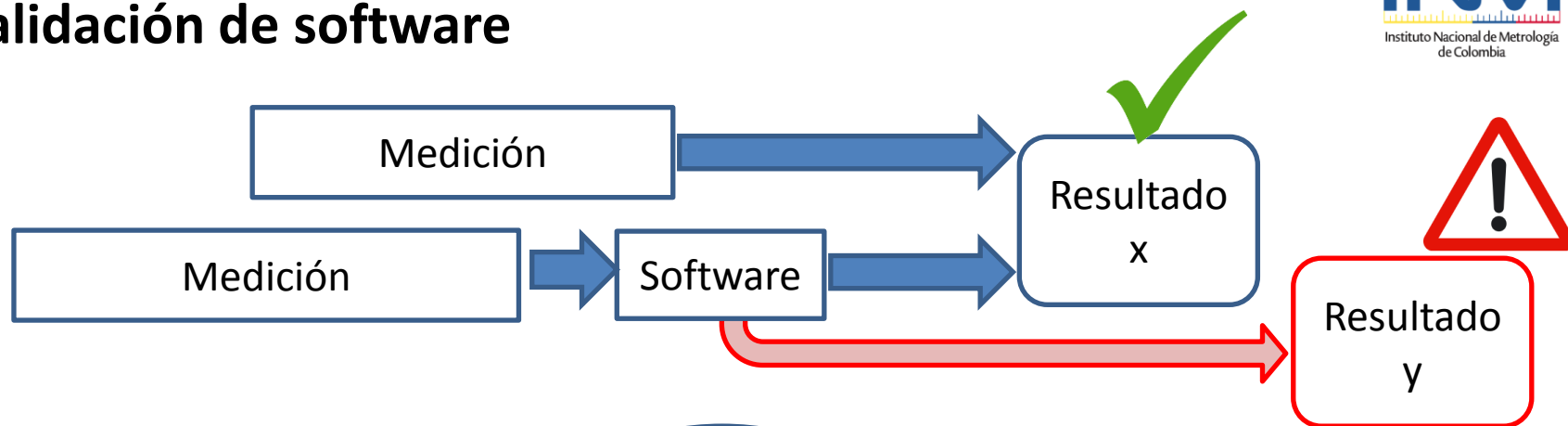


Instituto Nacional de Metrología  
de Colombia

## Bibliografía

- Brinkmann F, Dam NE, Deák E, Durbiano F, Ferrara E, Fükö J, et al. Primary methods for the measurement of electrolytic conductivity. *Accredit Qual Assur.* 2003; 8(7-8):346–53.
- Taylor BN, Thompson A, Cd Mol Kg AK, Si S. The International System of Units (SI) NIST Special Publicación 330 2008 Edición. 2008.
- Kaarls R. Consultative Committee for Amount of Substance Metrology in Chemistry - CCQM Demanding Metrological Traceability. 2011; (Octubre):17–21.
- Bièvre P De, Kaarls R, Peiser HS, Raspberry SD, Reed WP. Measurement principles for traceability in chemical analysis. *Accredit Qual Assur* [Internet]. 1996 Jan 16 [citado el 25 de agosto de 2016]; 1(1):3–13. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s007690050026>
- Seitz S, Manzin a., Jensen HD, Jakobsen PT, Spitzer P. Traceability of electrolytic conductivity measurements to the International System of Units in the sub mS·m<sup>-1</sup> region and review of models of electrolytic conductivity cells. *Electrochim Acta* [Internet]. Elsevier Ltd; 2010;55(22):6323–31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2010.06.08>
- Milton MJT, Quinn TJ. Primary methods for the measurement of amount of substance. *Metrologia* [Internet]. 2001; 38(4):289–96. Disponible en: <Go to ISI>://000173112100001
- Organizacion Internacional de Normalizacion. GTC-ISO/IEC 99 (2009): Vocabulario Internacional de Metrología (VIM). Conceptos Fundamentales, Generales y Términos Asociados. 2009;(VIM):1–88.
- Máriássy M, Pratt KW, Spitzer P. Major applications of electrochemical techniques at national metrology institutes. *Metrologia.* 2009; 46(3):199–213. Breuel U, Werner B, Spitzer P, Jensen HD, Breuel U, Spitzer P, et al. Experiences with Novel Secondary Conductivity Sensors within the German Calibration Service (DKD). *NCSL Int Meas.* 2008; 3(2):32–6.
- Levine IN. mica. 5 ed. McGraw-Hill; 2004. p. 636–8.
- Barron JJ, Ashton C. The Effect of Temperature on Conductivity Measurement. *Water.* 2007; 1–5.
- Joint Committee For Guides In Metrology (JCGM). ISO/IEC Guide 98-3: 2008 - Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995) [Internet]. ISO International Organization for Standardization Geneva: BIPM; 2008 p. 134. Disponible en: <http://www.bipm.org/en/Publicacions/guides/gum.htm>

# Validación de software



Software desarrollado por la entidad