

Interpretación de los resultados de calibración

Guía sencilla para interpretar el certificado emitido por los laboratorios de calibración



Autor

Manual creado por profesionales con amplia experiencia en la industria de la metrología

Marcela Botero Arbeláez

Ingeniera Electricista (2002) y Magíster en Instrumentación Física (2009), docente del departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira desde enero de 2003.

Desde el año 2010 directora del Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Financiación

Y agradecimientos



Este manual fue desarrollado dentro del marco de la Convocatoria Interna para la financiación de procesos de apropiación social de conocimiento año 2023 de la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira

Calibración

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Certificado de Calibración

Documento en donde se reportan los resultados de calibración de un instrumento de medición.

Error de Medida

Es la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$E=A_i-A_r$$

donde A_i es el valor medido o generado y el A_r es el valor de referencia.

Definiciones

Conceptos básicos que se debe tener en cuenta para entender correctamente el certificado de calibración y tomar las decisiones adecuadas

Incertidumbre

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Error Máximo Permitido (EMP)

Para un instrumento de medida, la máxima diferencia permitida, por las especificaciones o reglamentaciones, entre la indicación del instrumento y la magnitud que se mide.

Límite de Aceptación

Límite superior o inferior especificado de valores de cantidad medida permitidos.

Intervalo de Aceptación

Intervalo de valores de cantidad medida permitidos.

Intervalo de Rechazo

Intervalo de valores de cantidad medida no permitidos .

Zona de seguridad (Banda de guarda)

Intervalo entre un límite de especificación y un límite de aceptación correspondiente. La zona de seguridad incluye los límites.

Regla de Decisión

Regla que describe cómo se tiene en cuenta la incertidumbre de medición cuando se declara la conformidad con un requisito especificado.

Evaluación de conformidad

Actividad para determinar si se cumplen los requisitos específicos relacionados con un producto, proceso, sistema, persona u organismo.

Riesgo Específico

Es la probabilidad de que se acepte un ítem cuando es no conforme, o que sea rechazado un ítem que es conforme. Este riesgo está basado en las mediciones de un ítem único.

Declaración de Conformidad

Es una declaración que indica si se cumplen los requisitos específicos relacionados con un producto, proceso, sistema, persona u organismo, existen diferentes tipos de declaración de conformidad tales como: "CUMPLE", "NO CUMPLE", "PASA", "NO PASA", "CONFORME", "NO CONFORME", "SATISFACTORIO", "NO SATISFACTORIO", entre otros.

Reglas de decisión y Declaración de Conformidad

02

REGLA DE
ACEPTACIÓN
CON ZONA DE
SEGURIDAD
(ACEPTACIÓN
CONSERVADORA)
Y DECLARACIÓN
BINARIA

03

REGLA DE
ACEPTACIÓN CON
ZONA DE
SEGURIDAD
(RECHAZO
CONSERVADOR) Y
DECLARACIÓN
BINARIA

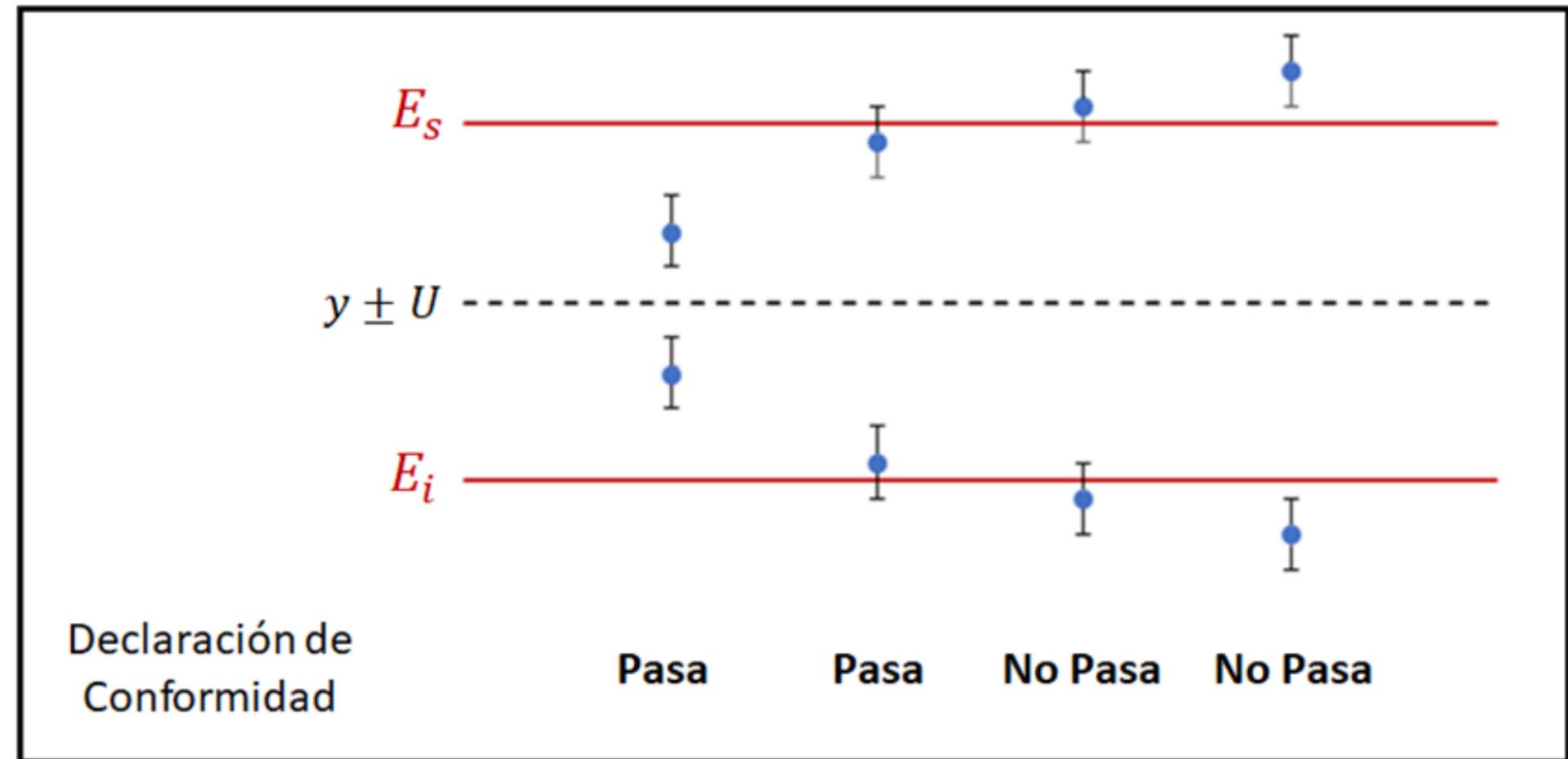
01

REGLA DE
ACEPTACIÓN
SIMPLE CON
DECLARACIÓN
BINARIA

01

Regla de Aceptación Simple con Declaración Binaria

Esta regla de decisión sólo se recomienda aplicar cuando la relación entre el error máximo permitido y la incertidumbre de medición es aproximadamente igual a 10 o mayor. En la siguiente imagen se muestra la aplicación de esta Regla de Decisión.



Los parámetros mostrados en la imagen son:

- $y \pm U$ es el valor del error más o menos la incertidumbre expandida (con $k = 2$)
- E_s y E_i son los límites superior e inferior del error máximo permitido (EMP)

01

**Regla de
Aceptación
Simple con
Declaración
Binaria**

De la Figura se puede observar que la Declaración de Conformidad es:

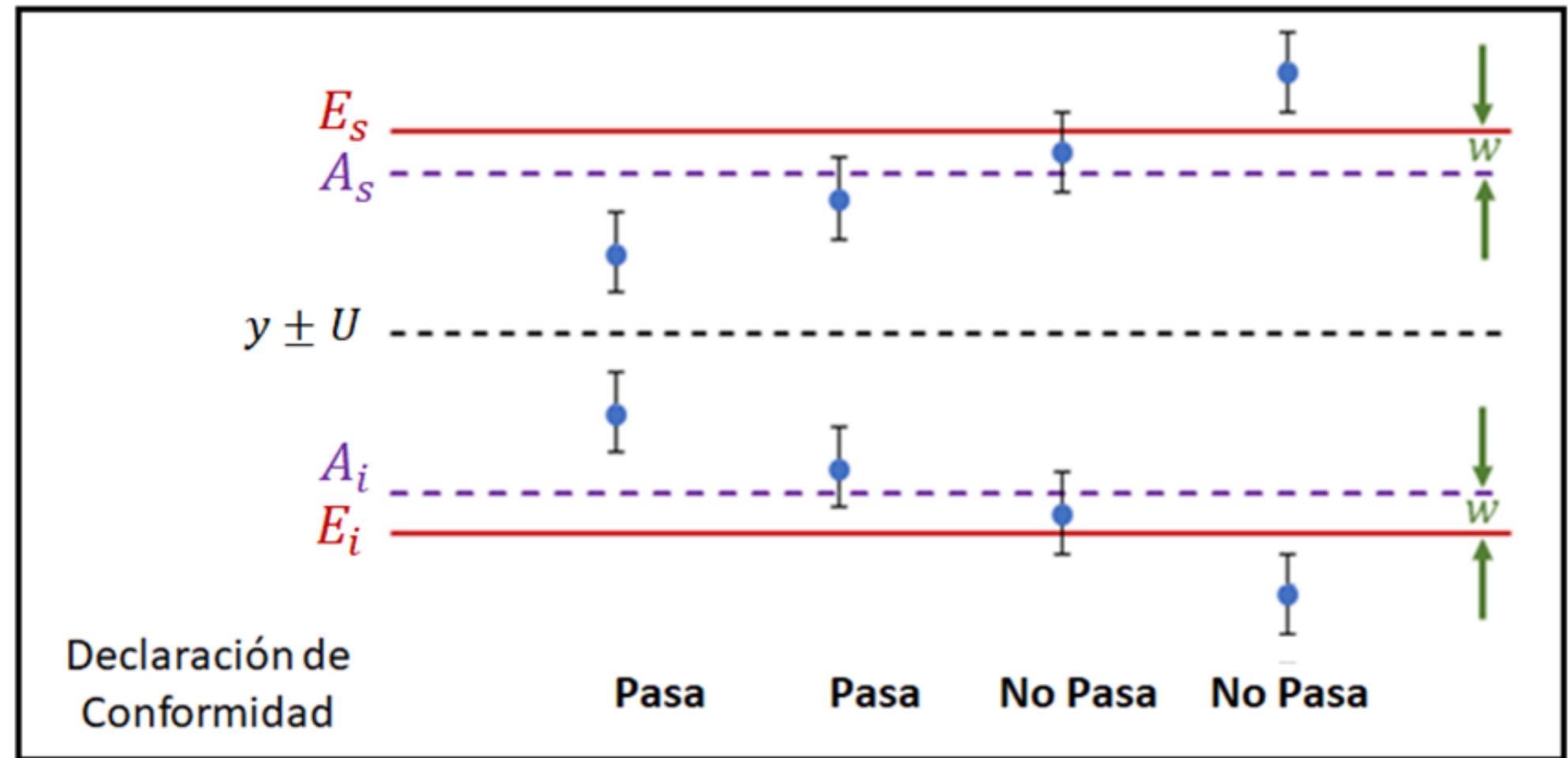
“Pasa” si el error se encuentra dentro del error máximo permitido (EMP)

“No Pasa” si el error se encuentra fuera del error máximo permitido (EMP)

02

Regla de
Aceptación con
Zona de Seguridad
(Aceptación
Conservadora) y
Declaración Binaria

Esta regla de decisión se utiliza para reducir el riesgo de aceptar un resultado No Conforme, la aplicación de dicha regla se muestra en la siguiente Figura.



Los parámetros mostrados en la Figura son:

$y \pm U$ es el valor del error más o menos la incertidumbre expandida (con $k = 2$)

E_s y E_i son los límites superior e inferior del error máximo permitido (EMP)

A_s y A_i son los límites superior e inferior del intervalo de aceptación

w es la longitud de la zona de seguridad.

02

**Regla de
Aceptación con
Zona de Seguridad
(Aceptación
Conservadora) y
Declaración Binaria**

La longitud de la zona de seguridad se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$w = r * U$$

donde:

r es un factor multiplicador de la incertidumbre, el cual determina el nivel de riesgo
U es la incertidumbre expandida (con k=2)

Los límites superior e inferior del intervalo de aceptación se calculan por medio de la ecuación:

$$A_s = E_s - w$$

$$A_i = E_i + w$$

De la Figura anterior se puede observar que la Declaración de Conformidad es:

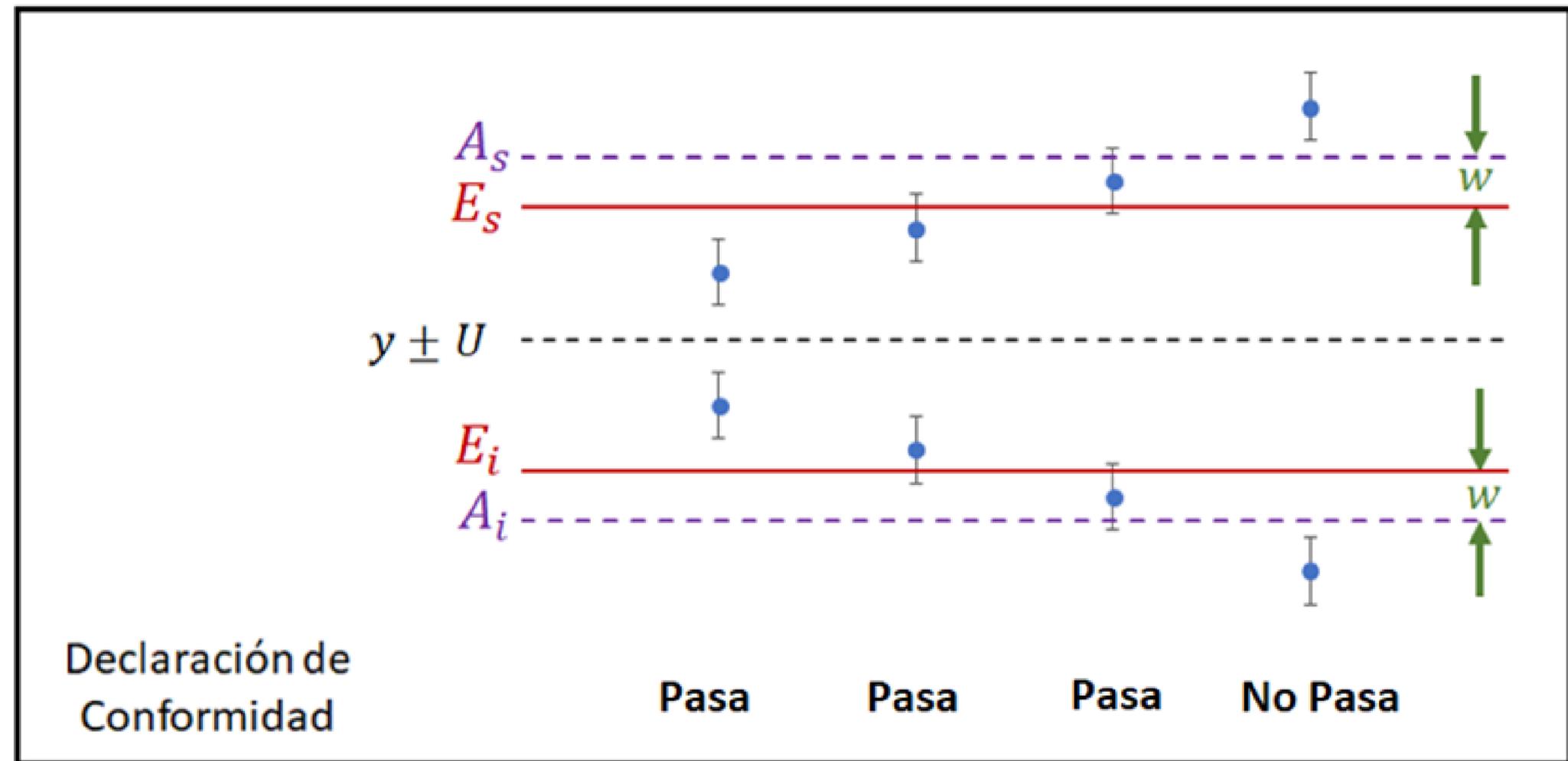
“Pasa” si el error se encuentra por dentro del intervalo de aceptación

“No Pasa” si el error se encuentra fuera del intervalo de aceptación

03

Regla de
Aceptación con
zona de seguridad
(Rechazo
Conservador) y
declaración binaria

Esta regla de decisión se usa para disminuir el riesgo de rechazar un resultado que es Conforme, en este caso la zona de seguridad se establece por fuera del error máximo permitido como se muestra en la imagen



03

**Regla de
Aceptación con
zona de seguridad
(Rechazo
Conservador) y
declaración binaria**

Los parámetros mostrados en la imagen son:

$y \pm U$ es el valor del error más o menos la incertidumbre expandida (con $k = 2$)

E_s y E_i son los límites superior e inferior del error máximo permitido (EMP)}

A_s y A_i son los límites superior e inferior del intervalo de aceptación

w es la longitud de la zona de seguridad y se calcula aplicando la ecuación 1

Los límites superior e inferior del intervalo de aceptación se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$A_s = E_s + w$$

$$A_i = E_i - w$$



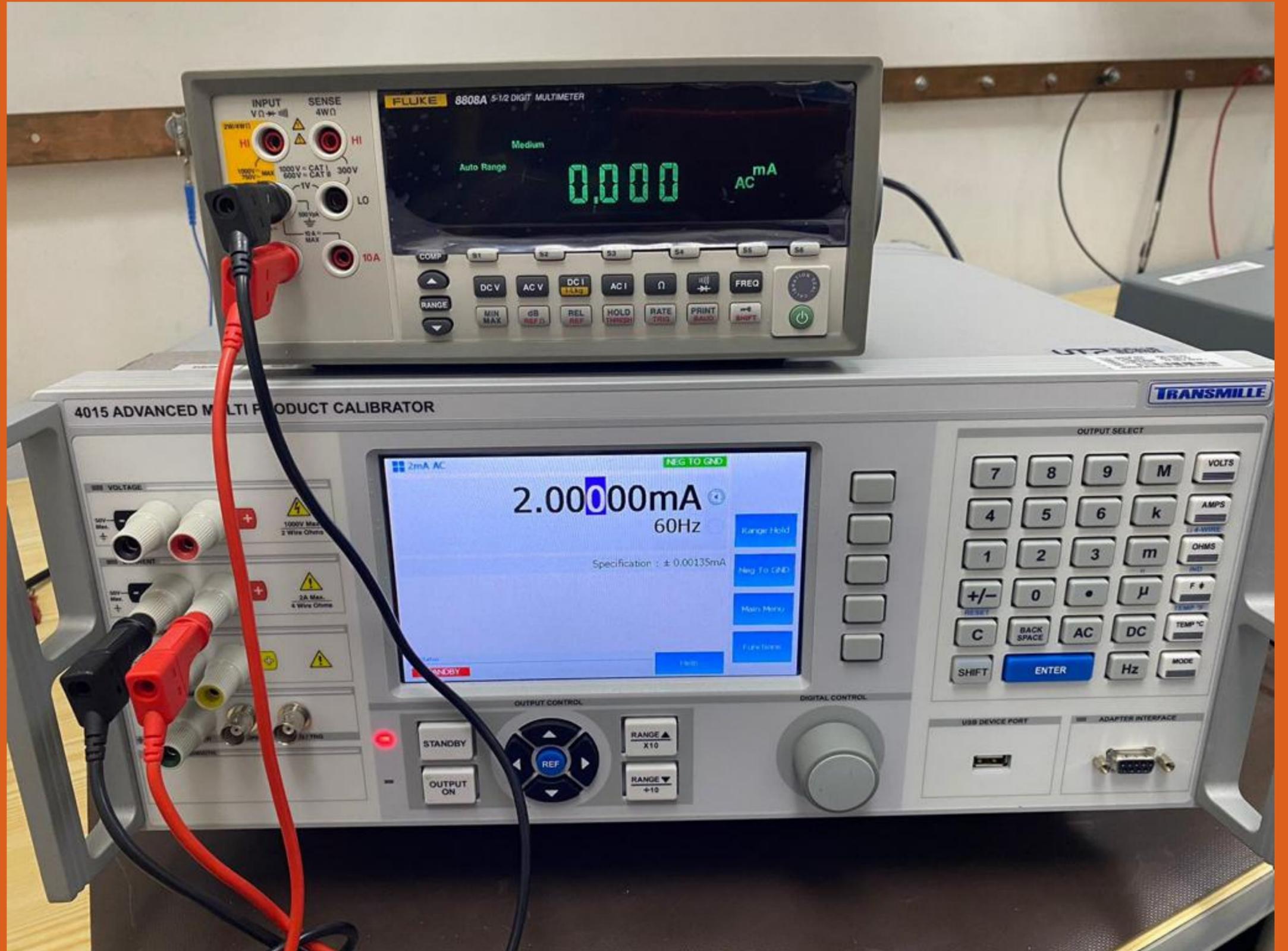
RIESGO ESPECÍFICO

Dependiendo de la zona de seguridad que utilice la regla de decisión seleccionada, el riesgo específico es diferente y en la siguiente Tabla se muestran algunos ejemplos de riesgos específicos asumiendo que la incertidumbre expandida se obtiene utilizando un factor de cobertura de $k = 2$.

Regla de Decisión	Zona de Seguridad w	Documento Normativo	Riesgo Específico
6 sigma	3 U	ISO 9001:2015	< 1 ppm PFA
3 sigma	1,5 U		< 0,16 % PFA
Regla ILAC	U	ILAC G8: 2009	< 2,5 % PFA
Regla ISO	0,83 U	ISO 14253-1:2017	< 5 % PFA
Regla ILAC	- U	ILAC G8: 2009	< 2,5 PFR
Aceptación Simple	0	ILAC G8: 2009	< 50 % PFA
Definida por el cliente	rU	El cliente define el valor de r	No se reporta

*PFA es la Probabilidad de Aceptación falsa
 *PFR es la Probabilidad de Rechazo Falso

Ejemplo Práctico



Resultados del valor generado con el calibrador (Applied Value), la tolerancia del calibrador (Tolerance), la Lectura del Patrón (Reading) y la incertidumbre expandida (Uncertainty) obtenidos mediante la calibración de la magnitud “Tensión Eléctrica DC” para el intervalo de indicación de 200 V del patrón de calibración “Calibrador TRANSMILLE 4010”.

TRANSMILLE ADVANCED METROLOGY SYSTEMS		Certificate Number AC-28123 Page 2 of 13		
CERTIFICATE OF CALIBRATION				
<i>AFTER ADJUSTMENT RESULTS</i>				
Test Title	Applied Value	Tolerance	Reading	Uncertainty
Firmware Version : 14.1.1				
UI Version : 3.2.10				
DC Voltage				
200V Range	22.00000V	± 740uV	21.99992V	175.6uV
200V Range	100.00000V	± 2.3mV	99.99997V	0.7mV
200V Range	200.00000V	± 4.3mV	200.00008V	2.8mV
200V Range	-200.00000V	± 4.3mV	-199.99993V	2.8mV
200V Range	-100.00000V	± 2.3mV	-99.99962V	0.8mV
200V Range	-22.00000V	± 740uV	-21.99999V	175.6uV

Factor de cobertura (k) = 2

Comments

This certificate is issued in compliance with ISO/IEC 17025:2017 and our ANAB accredited quality system. Reported measurement uncertainties are stated with a coverage factor $k=2$ corresponding to a coverage probability of 95%. Instrument was allowed to stabilise for at least 12 hours before calibration.
4 Wire kelvin connections were used for ohms measurements below 10kOhms

Error en cada punto de calibración

Ai (V)	Ar (V)	E (V)	U (V)
- 200,00000	- 199,99993	- 0,00007	0,0028
- 100,00000	- 99,99962	- 0,00038	0,0008
- 22,00000	- 21,99999	- 0,00008	0,0001756
22,00000	21,99992	0,00001	0,0001756
100,00000	99,99997	0,00003	0,0007
200,00000	200,00008	- 0,00004	0,0028

Ai es el Valor generado por el calibrador, Ar es el valor medido con el Patrón, E es el error y U es la incertidumbre expandida obtenida del certificado de calibración.

El error se calcula usando la ecuación mencionada anteriormente:

$$E = A_i - A_r$$

Error Máximo Permitido para cada punto de calibración

El Error Máximo Permitido (EMP) se calcula a partir de las especificaciones de exactitud dadas por el fabricante del equipo TRANSMILLE 4015, mostradas a la derecha.

Se calcula entonces el EMP para cada punto de calibración, como se muestra en la tabla.

A partir de este EMP se puede aplicar la Regla de Decisión escogida.

1 year Total Accuracy Specifications at Tcal ±5°C

Range	Resolution	Max. Burden Current	Typical Output Resistance ¹	Overload Protection	1 Year Total ppm set	uV
0-202mV	0.01uV	1mA ²	50 Ohms	20 V	25 +	3
0.2-2.02V	0.1uV	50mA	0.2 Ohms	150V	15 +	3
2-20.2V	1uV	50mA	0.2 Ohms	150V	15 +	30
20-202V	10uV	20mA ³	0.5 Ohms	1200V	20 +	300
200-1025V	100uV	20mA ³	0.7 Ohms	1200V	20 +	3000

Especificaciones de Exactitud	Lectura del Calibrador	Error Máximo Permitido (EMP)
14 ppm set + 336 μV	- 200,00000 V	± 0,0043 V
	- 100,00000 V	± 0,0023 V
	- 22,00000 V	± 0,00074 V
	22,00000 V	± 0,00074 V
	100,00000 V	± 0,0023 V
	200,00000 V	± 0,0043 V

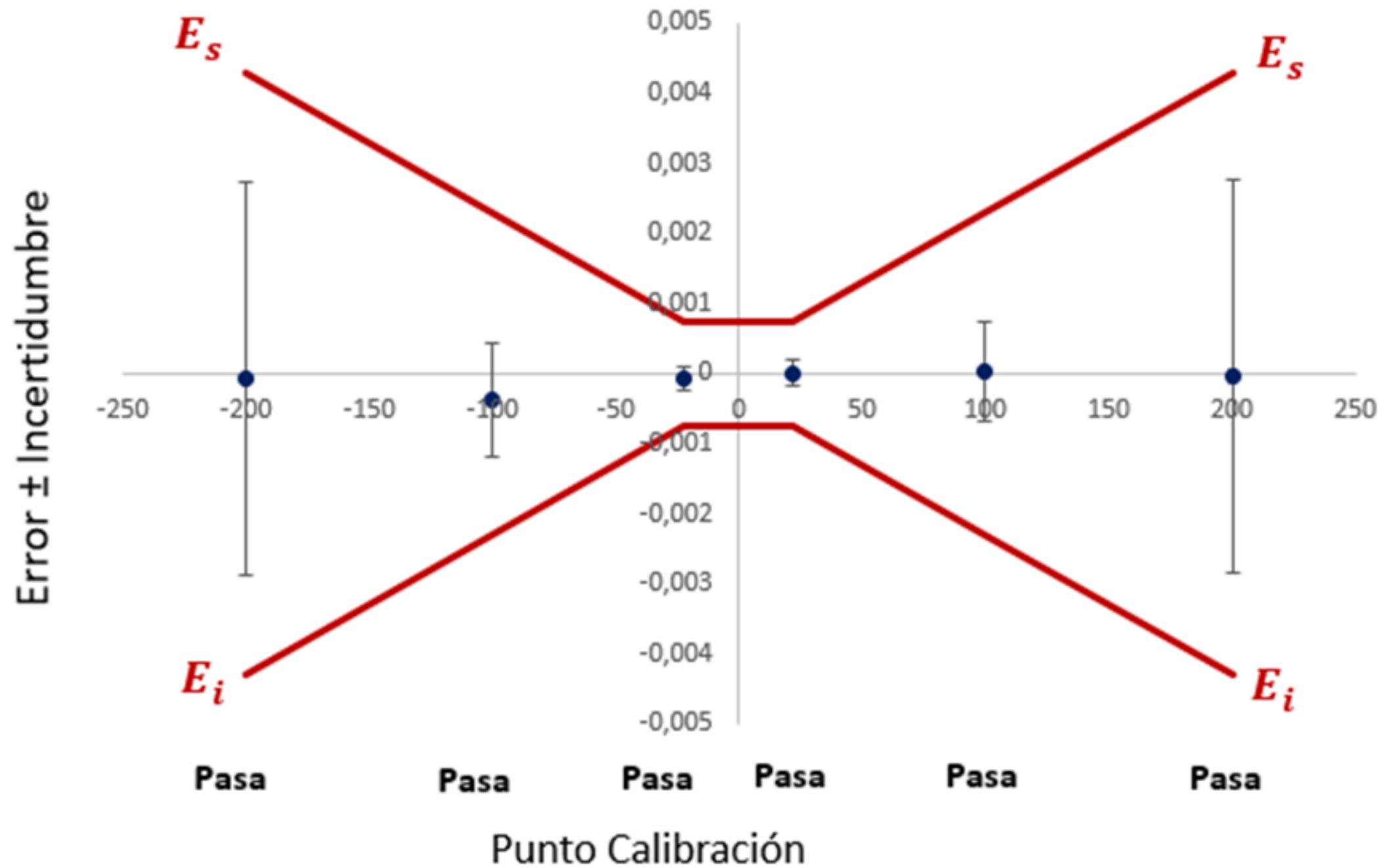
Interpretación de los Resultados de Calibración Aplicando la Regla de Decisión Simple

Recordemos los límites del Error Máximo Permitido Superior e inferior:

$$E_s = \text{EMP} \quad \text{y} \quad E_i = - \text{EMP}$$

Punto de Calibración (V)	E_s (V)	E_i (V)
- 200,00000	0,0043	- 0,0043
- 100,00000	0,0023	- 0,0023
- 22,00000	0,00074	- 0,00074
22,00000	0,00074	- 0,00074
100,00000	0,0023	- 0,0023
200,00000	0,0043	- 0,0043

Al graficar los puntos de calibración con su respectivo error e incertidumbre y los límites superior e inferior del error máximo permitido se obtiene la siguiente gráfica:



Interpretación de los Resultados de Calibración Aplicando la Regla de Aceptación con Zona de Seguridad (Aceptación Conservadora) y Declaración Binaria

Recordemos los límites del Error Máximo Permitido Superior e inferior:

$$E_s = EMP \quad y \quad E_i = -EMP$$

La longitud de la zona de seguridad es:

$$w = r \times U$$

Para un riesgo específico menos a 2,5 %, el factor r es igual a 1, y por tanto, la longitud de la zona de seguridad es:

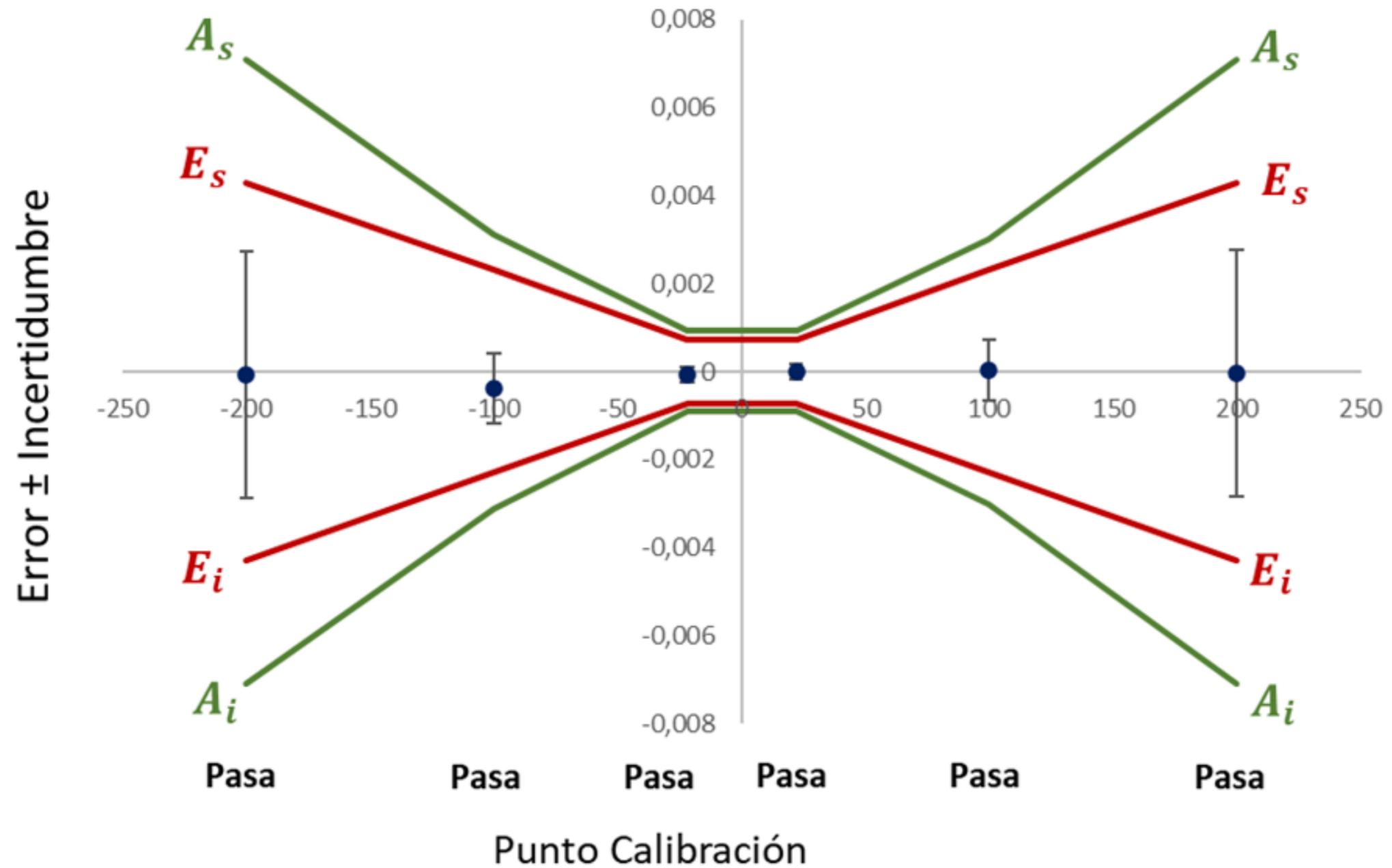
$$w = U$$

Los límites superior e inferior del intervalo de aceptación son:

$$A_s = E_s - w \quad y \quad A_i = -E_i + w$$

Punto de Calibración (V)	Es (V)	Ei (V)	(V)	(V)	(V)
- 200,00000	0,0043	- 0,0043	0,0028	0,0015	- 0,0015
- 100,00000	0,0023	- 0,0023	0,0008	0,0015	- 0,0015
- 22,00000	0,00074	- 0,00074	0,0001756	0,00072244	- 0,00072244
22,00000	0,00074	- 0,00074	0,0001756	0,00072244	- 0,00072244
100,00000	0,0023	- 0,0023	0,0007	0,0015	- 0,0015
200,00000	0,0043	- 0,0043	0,0028	0,0015	- 0,0015

Al graficar los puntos de calibración con su respectivo error e incertidumbre y los límites superior e inferior del error máximo permitido y los límites de aceptación se obtiene la siguiente gráfica:



UNA BUENA
MEDICIÓN
ES UNA
BUENA
DECISIÓN



+57 3041395671



PEREIRA, RISARALDA

Carrera 27 No. 10 - 02, Barrio Álamos
Edificio 1 Oficina 1A- 130
Universidad Tecnológica de Pereira



labcalibracionve@utp.edu.co