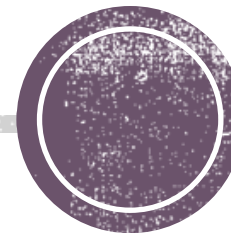


INTRODUCCIÓN

Rodolfo Ortega Acosta



CONCEPTOS METROLÓGICOS

GTC 99: VIM

GUM



GUÍA ISO/IEC 99

2.39(6.11)

calibración,f

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



TRAZABILIDAD : GUÍA ISO/IEC 99

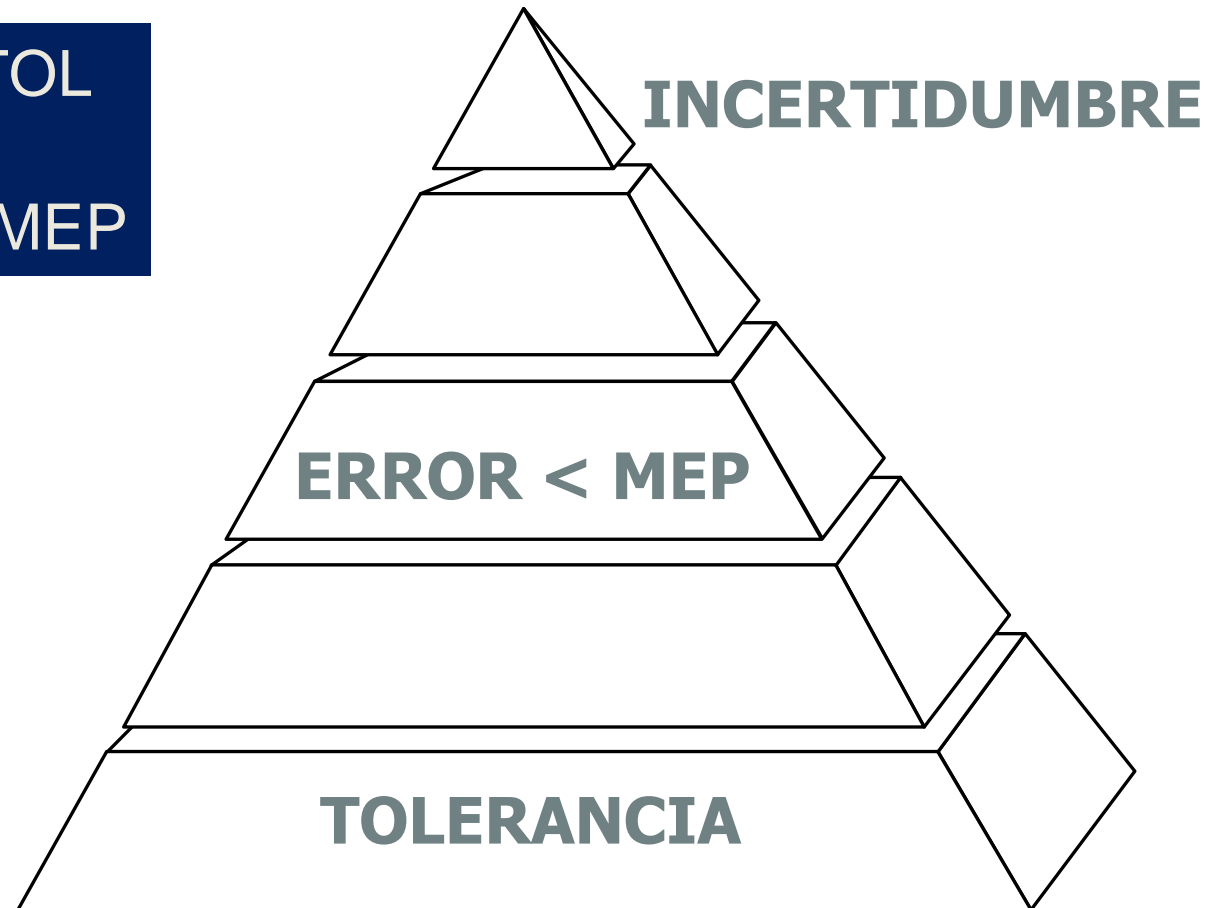
Propiedad de un resultado de medición por la cual el resultado puede relacionar con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición



EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

$$|E| + I \leq TOL$$

$$|E| + I \leq MEP$$



ANSI Z540

TAR: Tolerance Accuracy Ratio

$$3 \leq \frac{\text{TOLERANCIA MEDICIÓN}}{\text{EXACTITUD EQUIPO}} \leq 10$$

TUR: Test Uncertainty Ratio

$$3 \leq \frac{\text{EXACTITUD EQUIPO}}{\text{INCERTIDUMBRE}} \leq 10$$



INCERTIDUMBRE (VIM)

GUÍA ISO/IEC 99

2.27 (3.9) Incertidumbre, f.

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

El propósito de una medición es determinar el valor de una magnitud, llamada el mensurando, que de acuerdo al VIM, es el atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

El resultado de una medición incluye la mejor estimación del valor del mensurando y una estimación de la incertidumbre sobre ese valor.

La incertidumbre se compone de contribuciones de diversas fuentes, algunas de ellas descritas por las magnitudes de entrada respectivas. Algunas contribuciones son inevitables por la definición del propio mensurando, mientras otras pueden depender del principio de medición, del método y del procedimiento seleccionados para la medición.



“En general, el resultado de una medición es sólo una aproximación o estimado de la cantidad específica que se está midiendo. Por lo tanto, el resultado de medición únicamente se considera completo si va acompañado de una expresión cuantitativa de su incertidumbre”.

Nota técnica 1297 del NIST, apartado 2.1



CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

- Es el conjunto de actividades para demostrar que el instrumento cumple los requisitos. Incluye Calibración y verificación de los instrumentos de medida.
- Error máximo permitido EMP: Error máximo que puede tener un instrumento respecto a un valor verdadero. El error es conocido durante la calibración respecto a un patrón de medida.

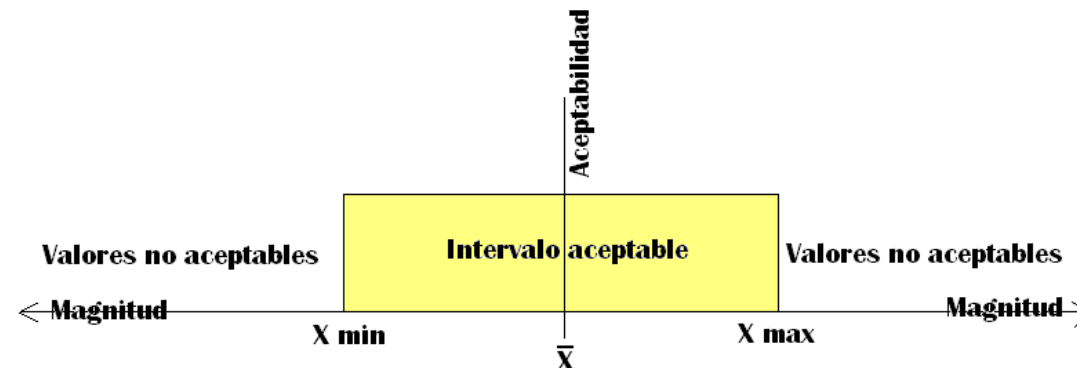
FUENTES DE ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS

- El error máximo permitido establecerse por el fabricante del equipo mediante la especificación de exactitud o clasificación.
- Si se realiza mediante clasificación, el EMP se consulta en la norma que establece dicha clasificación. Estas son propias del tipo de instrumento.
- El EMP puede ser establecido mediante la Tolerancia de Proceso.
- También se puede hacer una combinación de estos.



Tolerancia de Proceso

- es un intervalo de valores en el que debe encontrarse una magnitud para que se acepte como válida, lo que determina la aceptación o el rechazo de los componentes fabricados o las mediciones realizadas en un proceso de producción o servicios, según sus valores queden dentro o fuera de ese intervalo.



Error máximo permitido

Valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado

Gráfico en el eje Y del EMP al rededor del Valor nominal.

Valor Nominal: VN = 20 kg

Error Máximo Permitido: EMP = ± 1 g

+EMP = + 1 g

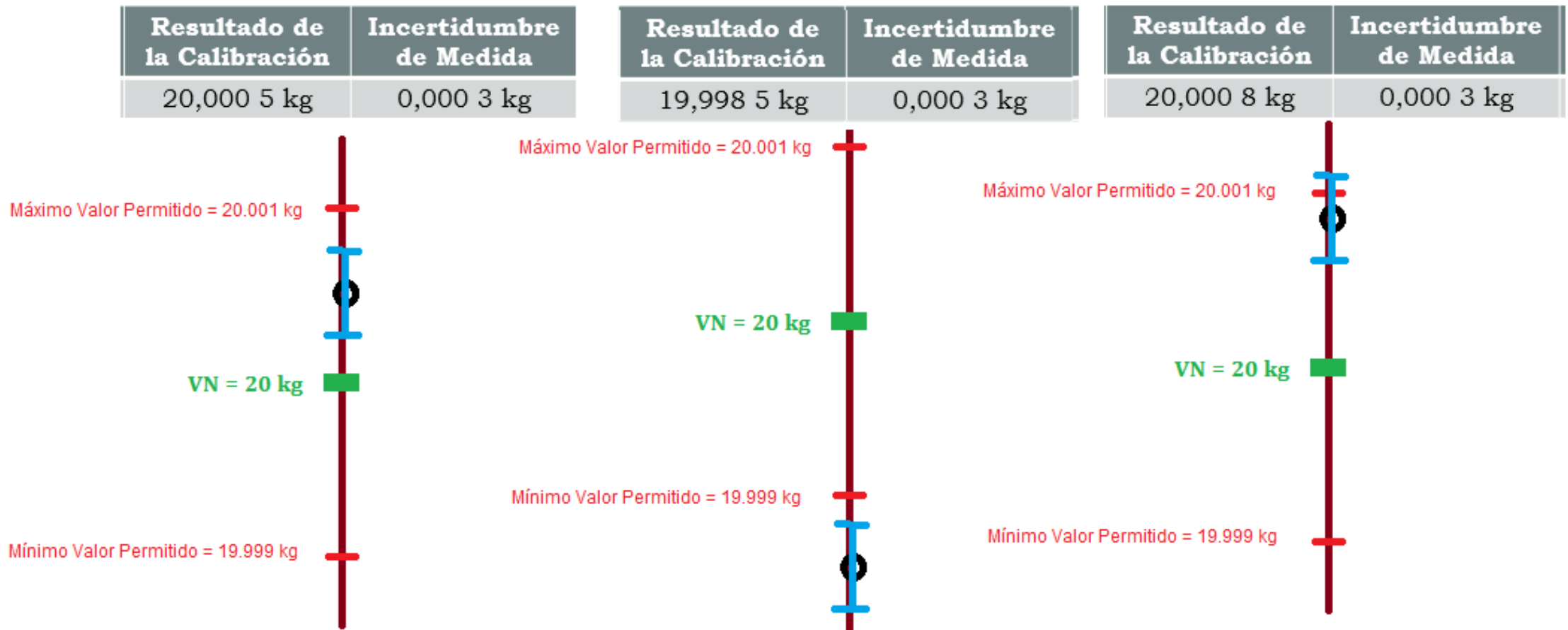
VN = 20 kg

-EMP = - 1 g

Valor Nominal	errores máximos permitidos en mg						
	Clase E1	Clase E2	Clase F1	Clase F2	Clase M1	Clase M2	Clase M3
50 kg	25	75	250	750	2500	7500	25000
20 kg	10	30	100	300	1000	3000	10000
10 kg	5	15	50	150	500	1500	5000
5 kg	2,5	7,5	25	75	250	750	2500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100	300	1000
1 kg	0,5	1,5	5	15	50	150	500
500 g	0,25	0,75	2,5	7,5	25	75	250
200 g	0,1	0,3	1,0	3,0	10	30	100
100 g	0,05	0,15	0,5	1,5	5	15	50
50 g	0,030	0,10	0,30	1,0	3,0	10	30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,8	2,5	8	25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,6	2	6	20
5 g	0,015	0,050	0,15	0,5	1,5	5	15
2 g	0,012	0,040	0,12	0,4	1,2	4	12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,3	1,0	3	10

Diferentes Resultados de calibración con su incertidumbre de medida

Verificar que los errores y las incertidumbres de medición están dentro de los requisitos metrológicos (EMP).



Especificación de exactitud

- Este concepto se asocia al Error Máximo Permitido EMP Ya que con esta se determinas el valor numérico dentro del cual se acepta como conforme una medida de un instrumento.
- La Especificación de exactitud de un instrumento está determinada por el fabricante del mismo y puede ser dada en términos de Clase o grado o en términos como Accuracy, “Precisión”, etc., dependiendo del tipo de instrumento.
- En el caso de manómetros de carátula, voltímetros o amperímetros análogos, pesas, balanzas, etc., se aplica la CLASE.
- En instrumentos digitales como multímetros, termómetros con tc, etc., en la mayoría de los casos se aplica el término Accuracy.



ESPECIFICACIÓN DE EXACTITUD ejemplo

Manómetro



RANGOS : 4 000 bar

Cálculo del Error Máximo Permitido

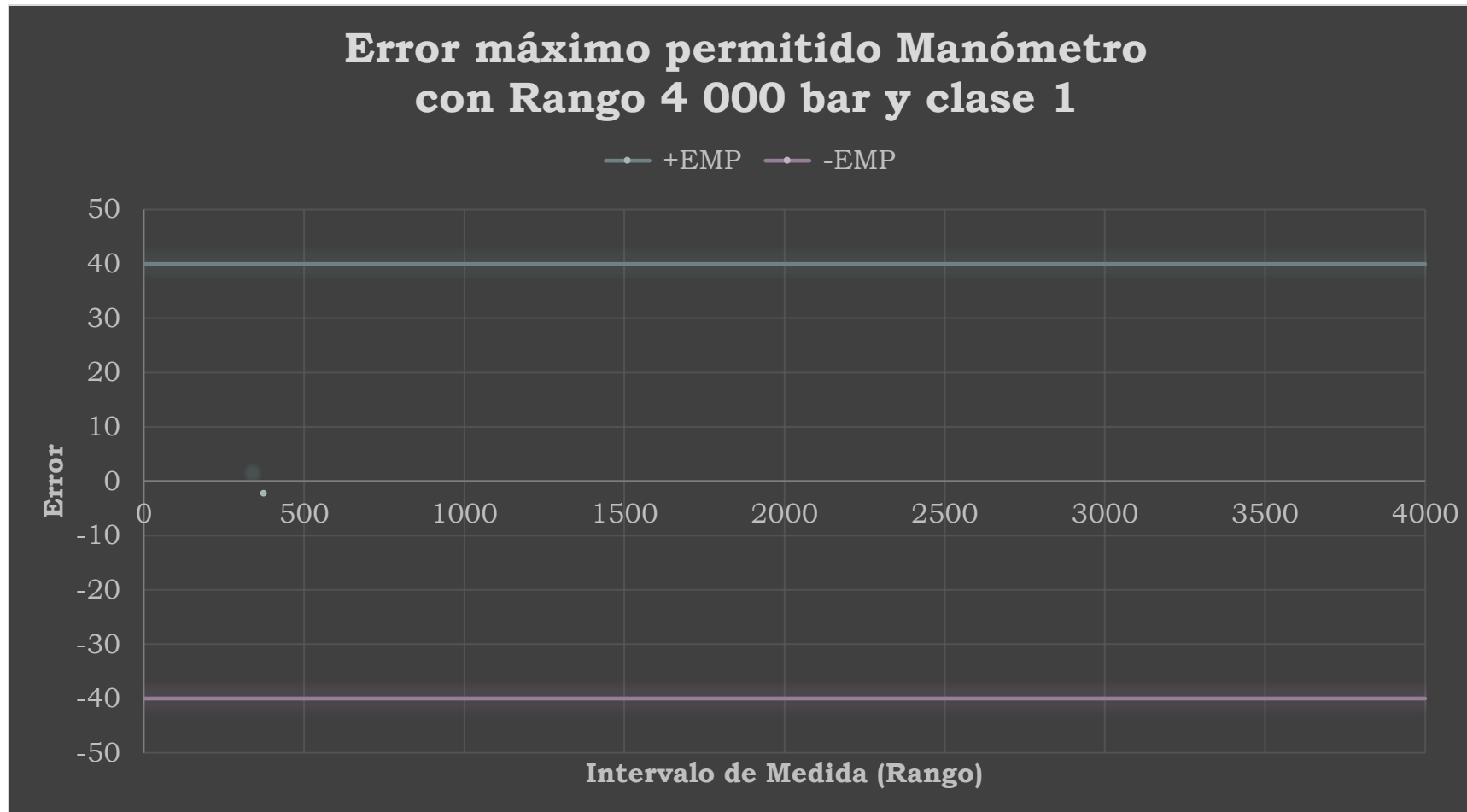
$$\text{EMP} = \frac{\text{Clase} * \text{Rango}}{100}$$

$$4\ 000\ \text{bar} \pm 1\ \% = 4\ 000\ \text{bar} \pm 40\ \text{bar}$$

EMP : +/- 40 bar



Gráfico de Error Máximo Permitido



REQUISITOS DE MEDICIÓN DEL CLIENTE

- Establecimiento de las características metrológicas del instrumento de medición, estas son pero no se limitan a Intervalo de indicaciones o rango, Resolución, Error máximo permitido y tipo de instrumento (esta última incluye características de construcción).
- Las demás características tales como sesgo o error, histéresis, repetibilidad, efectos de magnitudes de influencia, discriminación, estabilidad, entre otras, serán evaluadas dentro de la incertidumbre de medición reportada en la calibración. Es importante según cada proceso, detallar los requisitos específicos por ejemplo la homogeneidad en una cámara climática.



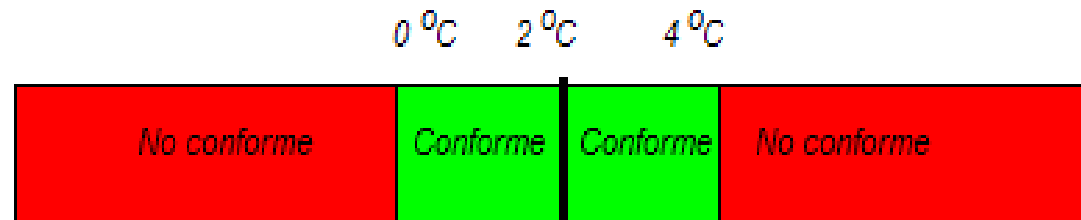
3. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ACORDES AL PROCESO

PARÁMETRO	JUSTIFICACIÓN
Intervalo de Indicaciones (Rango)	El rango o intervalo de indicaciones debe ser acorde al valor que se va a medir.
Resolución	Se determina que tan sensible debe ser el instrumento para medir el proceso, es aconsejable que la resolución supere diez veces o mas la tolerancia del proceso.
EMP	Adicional a una resolución adecuada se evalúa el Error máximo permitido del instrumento. EMP sea de 3 a 10 veces más pequeño que la tolerancia del proceso.
Tipo de Indicación	Se elige un instrumento analógico o digital, teniendo en cuenta el costo del instrumento, la ubicación, la pericia del operario, las condiciones ambientales, los requisitos de energía y locación.



EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- Ejemplo para la selección de un instrumento de medida.
- Proceso: Medición de temperatura en los puntos de venta de carnes rojas.
- Intervalo de Tolerancia: En los puntos de venta de carnes rojas se debe mantener la temperatura entre 0 °C a 4 °C para evitar cargas microbianas y afectaciones en la calidad del producto, de acuerdo a los lineamientos de FEDEGAN (Federación Colombiana de Ganaderos).



EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- **Establecimiento de valores nominales:** En este caso solamente existe un valor nominal que es de 2 °C, este valor es el resultado de determinar el promedio entre 0 °C y 4 °C. El valor de 2 °C es el valor en el cual es mas seguro establecer la temperatura de los refrigeradores donde se conserva la carne.
- **Establecimiento del rango del instrumento:** Adicional al intervalo de medición del proceso, es importante que el rango del termómetro cubra y supere el intervalo de tolerancia. En el mercado existen termómetros para este propósito con rangos aproximados de -40 °C a 100 °C que es un rango más que suficiente para este proceso, si el rango es menor igualmente es apropiado pero si se tiene por ejemplo un termómetro de rango de 0 °C a 100 °C ya no es apto porque existe alto riesgo de no detectar lecturas cercanas a 0 °C.



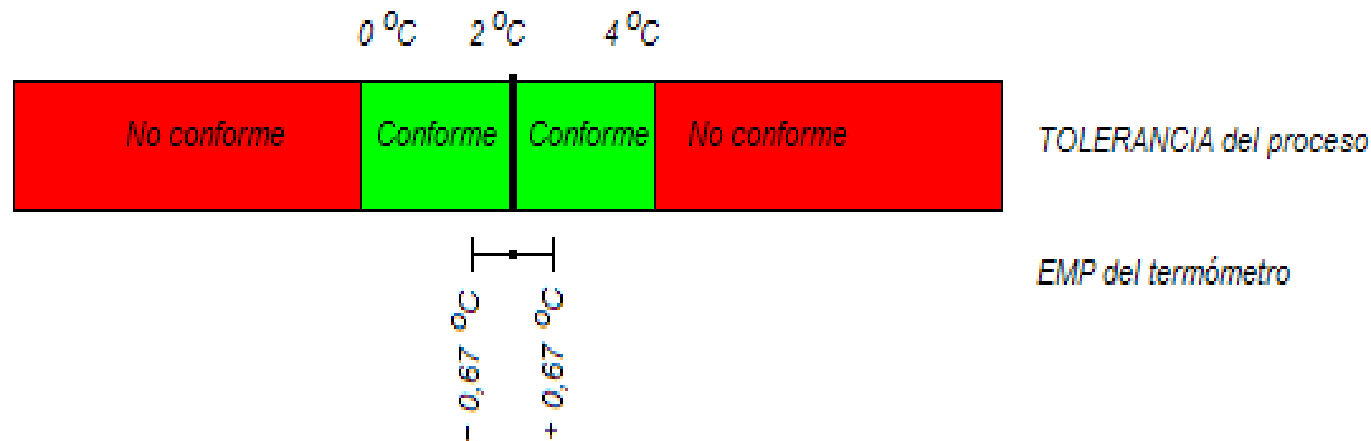
EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- **Establecimiento de la resolución:** Del establecimiento del valor nominal podemos deducir el intervalo de tolerancia alrededor de dicho valor nominal, esto es:
 - $2\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Para determinar la resolución dividimos la tolerancia de $\pm 2\text{ °C}$ / 10. Entonces la resolución debe ser menor o igual a $0,2\text{ °C}$ (el símbolo de " \pm " no se requiere al especificar la resolución). Los termómetros típicamente tienen resoluciones de $0,01\text{ °C}$, $0,1\text{ °C}$ o 1 °C , por lo tanto el más adecuado es el de resolución de $0,1\text{ °C}$.



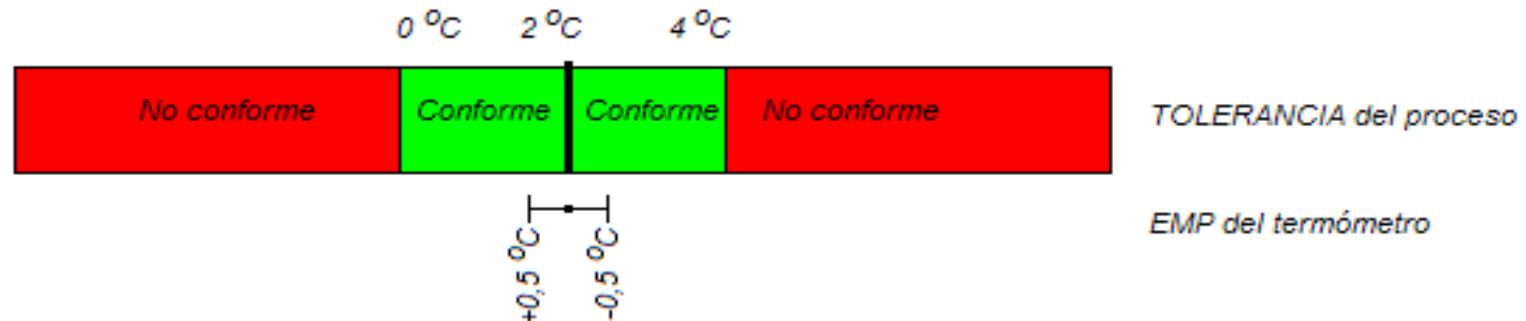
EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- Establecimiento del EMP: La relación entre tolerancia del proceso y EMP del instrumento de medición, puede oscilar entre 3:1 a 10:1, lo que implica que el error máximo permitido del instrumento debe ser igual o mejor que la tercera parte de $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto es: $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}/3 = 0,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ o puede llegar a ser $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}/10 = 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Resumiendo: el EMP del termómetro debe estar entre $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,67\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A continuación se muestra gráficamente la proporción de la tolerancia versus el EMP del termómetro:
- Note que el EMP se simboliza con un punto central y dos límites de $\pm 0,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya que el EMP en la selección del termómetro se le atribuye al valor nominal.



EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- Establecimiento del Tipo de Indicación: Teniendo en cuenta que se trata de un termómetro que será utilizado por vendedores de carne al detal, es importante que sea de fácil lectura y una ubicación de fácil observación. Por esto se selecciona un termómetro digital con sensor ubicable dentro del refrigerador, por ejemplo el termómetro FULLUKAS-101892 de la siguiente fotografía:
- Consultando las especificaciones del fabricante, el termómetro cuenta con:
- Rango de (-50 a 70) °C, Resolución de 0,1 °C, Especificación de exactitud (accuracy) o EMP: $\pm 0,5$ °C, indicación digital y sensor de tipo termistor con cable de 3 m. Cumpliendo de esta manera los requisitos. Adicionalmente cuenta con alarma e indicación de temperatura máxima y mínima que puede ser útil para el monitoreo permanente.
- Como el EMP del instrumento es de $\pm 0,5$ °C (cumpliendo el EMP calculado de 0,2 °C a 0,67 °C) realizaremos un nuevo gráfico de la especificación final:





EJEMPLO ESTABLECIMIENTO DE RMC

- <http://www.thermometersdirect.co.uk/full-ukas-calibrated-max-min-fridge-freezer-thermometer.html>

