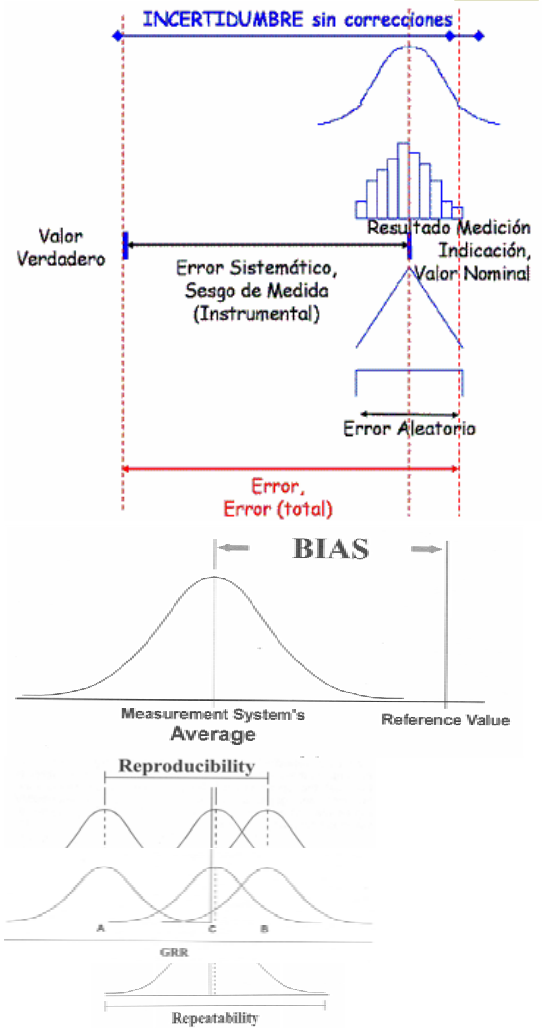


# ¿ MSA versus GUM o MSA y GUM ?

En esta oportunidad les presentamos una revisión de dos referencias relacionadas con el *aseguramiento de la calidad de las mediciones*, MSA y GUM.

MSA (Análisis de Sistemas de Medición, del inglés: *Measurement Systems Analysis*) y GUM (Guía para la Incertidumbre de Medición, del inglés: *Guide of the Uncertainty in Measurement*).

Existen cuestionamientos y dudas por parte de los usuarios y metrólogos técnico-industriales, al hecho de utilizar una u otra para el aseguramiento de la calidad de las mediciones. Veamos algunos detalles y aclaraciones al respecto.



## Apasionados por la Metrología

*La Guía MetAs*, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan: noticias de la metrología, artículos e información técnica; seleccionada por nuestros colaboradores, que deseamos compartir con Usted, colegas, usuarios, clientes, estudiantes, amigos y en fin, con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro  
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México  
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas  
E-mail: laguiametas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

## Servicios Metroológicos:

### Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

### Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

### Gestión Metroológica:

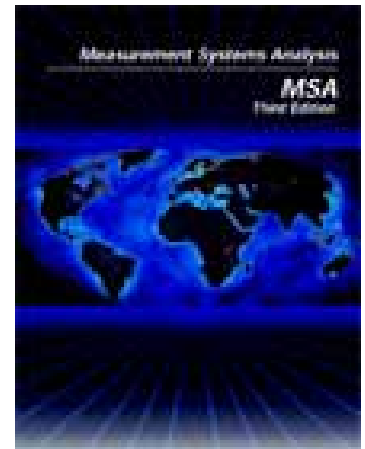
Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metroológica

### Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

## MSA, ANÁLISIS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN

En el pasado (antes de 1990), Chrysler, Ford, y General Motors, cada uno tenía sus propios lineamientos y formatos para asegurar la conformidad de sus proveedores. Para evitar las diferencias existentes, en 1990 surgió el manual de MSA a través del AIAG (Grupo de Acción de la Industria Automotriz, del inglés: *Automotive Industry Action Group*). AIAG está conformado por los tres grandes de la industria automotriz en EE.UU.: Chrysler, Ford y General Motors, los cuales en 1982 fundaron AIAG ante la necesidad de en forma conjunta trabajar en la normalización de sus procesos.



El manual MSA se aplica como un documento de referencia complementario de: a) la metodología seis sigma ( $6\sigma$ ), b) sistemas de gestión de la calidad como QS 9000, ISO/IEC TS 16949, y c) para el Aseguramiento de la Calidad de Proveedores (siglas en inglés: SQA) de la industria automotriz (MSA, 2002).

Este manual se considera introductorio al análisis de sistemas de medición, principalmente para los sistemas de medición utilizados en el mundo industrial (MSA, 2002).

MSA está dirigido a dos tipos de sistemas de medición: a) variables y b) atributos, los cuales propone sean analizados principalmente con los siguientes métodos:

### Variables:

- Sesgo,
- Linealidad,
- Carta de control,
- Rango,
- Promedio y rango,
- ANOVA.

### Atributos:

- Detección de señal,
- Análisis de prueba de hipótesis.

## GUM, INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición es un término utilizado internacionalmente para describir la calidad de la medición de un valor medido (MSA, 2002).

LA GUM como mismo MSA (2002) nos dice, es una guía de cómo la incertidumbre de medición puede ser evaluada y expresada. Ésta da al usuario entendimiento de la teoría y conjuntos de lineamientos acerca de cómo las fuentes de incertidumbre de medición pueden ser clasificadas y combinadas, debe considerarse un documento de referencia de alto nivel, no un manual de “como hacer”. Ésta provee orientación al usuario en algunos de los tópicos más avanzados, tales como, independencia estadística de las fuentes de variación, análisis de sensibilidad, grados de libertad, etc. que son críticos cuando evaluamos sistemas de medición multi-parámetros más complejos.



## GUM & MCM

Actualmente se reconocen dos métodos para evaluar la incertidumbre de medición: a) el método clásico conocido como la GUM, hoy en día ISO/IEC Guide 98-3, y b) el método Monte Carlo (MCM), conocido como el Suplemento 1 de la GUM. Estas guías y otras especificaciones técnicas (siglas en inglés, TS) vigentes, relacionadas con la incertidumbre de medida se listan a continuación:

- ▣ ISO/IEC Guide 98-3:2008.  
Incertidumbre de medida - Parte 3: Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones (GUM:1995).
- ▣ ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl 1:2008.  
Propagación de distribuciones utilizando el método Monte Carlo.
- ▣ ISO/TS 21748:2004.  
Orientación para el uso de estimados de repetibilidad, reproducibilidad y veracidad en la estimación de la incertidumbre de medida.
- ▣ ISO/TS 21749:2005.  
Incertidumbre de medida para aplicaciones metrológicas - Mediciones repetidas y experimentos anidados.

La GUM se ha convertido en un requisito de diferentes sistemas de calidad y su impacto en la metrología, normalización, acreditación y evaluación de la conformidad es significativo, lo cual se evidencia

en las diferentes guías y normas que actualmente se encuentran en proceso de desarrollo o revisión, y que se listan a continuación:

- ISO/IEC FD Guide 98-1.  
Incertidumbre de medida - Parte 1: Introducción a la expresión de incertidumbre en medición.
- ISO/IEC NP Guide 98-2.  
Incertidumbre de medida -  
Parte 2: Conceptos y principios básicos.
- ISO/IEC Guide 98-3:2008/NP Suppl 2.  
Modelos con cualquier número de magnitudes de salida.
- ISO/IEC Guide 98-3:2008/NP Suppl 3.  
Modelado.
- ISO/IEC NP Guide 98-4.  
Incertidumbre de medida -  
Parte 4: Rol de la incertidumbre de medida en  
evaluación de la conformidad.
- ISO/IEC NP Guide 98-5.  
Incertidumbre de medida -  
Parte 5: Aplicaciones del método de mínimos-cuadrados.
- ISO/CD 21748.  
Orientación para el uso de estimados de  
repetibilidad, reproducibilidad y veracidad  
en la estimación de la incertidumbre de medida.



r&R  
GRR  
↓  
GUM

Donde las etapas de revisión o desarrollo del documento se identifican como:

- FD, son las siglas en inglés de -Borrador Final- (Final Draft),
- NP, son las siglas en inglés de -elemento Propuesto para trabajo Nuevo- (New work item Proposal),
- CD, son las siglas en inglés de -Borrador de Comité- (Committee Draft).

El listado anterior es una evidencia de que tendremos incertidumbre de medición hacia adelante y que es algo que no podemos evadir.

## DIFERENCIA ENTRE MSA Y GUM

La mayor diferencia entre GUM y MSA como lo señala el mismo manual de MSA (2002) es que, el objeto de MSA es entender el proceso de medición, determinar la cantidad de error en el proceso, y evaluar la adecuación del sistema de medición, para mantener dentro de los límites de control el producto y el proceso . MSA promueve el entendimiento y mejora (reducción de la variación). Incertidumbre es el intervalo de valores medidos, definidos por un intervalo de confianza, asociado con un resultado de medición que se espera incluya el valor verdadero de medición, orientado a obtener el mejor desempeño de exactitud del sistema de medición.

Es importante considerar el origen tanto de MSA como de la GUM para entender el objetivo de estos métodos. El manual de MSA surgió en 1990, considerando el uso de mediciones prácticas-experimentales analizadas estadísticamente para determinar tanto la ubicación y variabilidad de las mediciones de un proceso mediante parámetros estadísticos “sencillos” que pueden ser calculados manualmente con ayuda de algunas tablas, para controlar las mediciones realizadas por los operadores (evaluadores) en piso, en las líneas de producción automotriz y de sus procesos y proveedores satélite.

La GUM tuvo su origen en los institutos nacionales de metrología a nivel de metrología científica y primaria, basada en modelos de medición matemáticos y analíticos. La GUM llegó al nivel industrial gracias principalmente a su aparición en el año 1994 como un requisito del sistema de calidad ISO 900# en la cláusula 4.11 - control de equipo inspección medición y prueba -, continuando como QS 9000, ISO 9001 en el año 2000 e ISO/IEC TS 16949 bajo el término capacidad de medición, el cual incluye y conlleva la incertidumbre de medición.

La diferencia entre MSA y GUM también puede mostrarse secuencialmente en forma de ecuaciones matemáticas (ver ecuaciones 1 a 4) con respecto a los parámetros de desempeño utilizados por MSA y como estos pueden complementar a la GUM. La variaciones del sistema de medición, considerando que es estable y consistente pueden caracterizarse de acuerdo con MSA en forma de desviaciones estándar ( $\sigma$ ) tal como se indica en los siguientes apartados:



### GRR, repetibilidad y reproducibilidad instrumental (MSA)

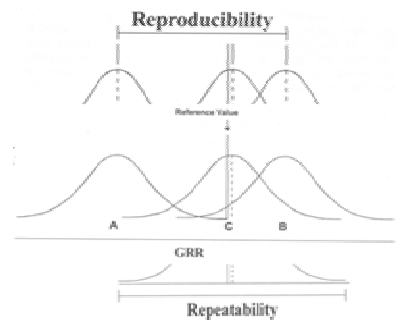
Repetibilidad y reproducibilidad instrumental GRR (del inglés: *Gage Repeatability and Reproducibility*), el estimado combinado de la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición. Capacidad del sistema de medición; dependiendo del método utilizado puede o no puede incluir el efecto del tiempo.

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{reproducibilidad}^2 + \sigma_{repetibilidad}^2 \tag{1}$$

Donde de acuerdo con MSA:

*Repetibilidad.* Variación de las mediciones obtenida de un instrumento de medición, utilizado varias veces por un evaluador mientras mide la misma característica de la misma parte.

*Reproducibilidad.* Variación en el promedio de las mediciones realizadas por diferentes evaluadores utilizando el mismo instrumento cuando mide una característica en una parte.



La repetibilidad (y reproducibilidad) del sistema de medición puede ser no uniforme a lo largo del intervalo de medición. Donde de acuerdo con MSA:

*Uniformidad.* Cambio de la repetibilidad en el intervalo de operación normal. Homogeneidad de la repetibilidad.

### Capacidad del sistema de medición (MSA)

Variabilidad en las lecturas tomadas en un periodo corto de tiempo. Estimado a corto-plazo de la variación del sistema de medición (ejemplo: GRR incluyendo gráficos)

$$\sigma_{capacidad}^2 = \sigma_{sesgo(linealidad)}^2 + \sigma_{GRR}^2 \tag{2}$$

Donde de acuerdo con MSA:

*Sesgo* (en inglés: *bias*). Diferencia entre el promedio observado de las mediciones y el valor de referencia. Componente de error sistemático del sistema de medición.

*Linealidad.* Cambio del sesgo a lo largo del intervalo de operación normal. La correlación de errores de sesgo múltiples e independientes en el intervalo de operación.

**CAPACIDAD:**  
con  
correcciones  
o  
sin  
correcciones

### Desempeño del sistema de medición (MSA)

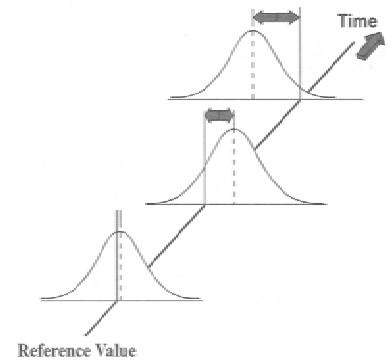
Variabilidad de las lecturas tomadas en un periodo largo de tiempo, se basa en la variación total. Estimado a largo-plazo de la variación del sistema de medición (ejemplo: método de carta de control a largo-plazo).

$$\sigma_{desempeño}^2 = \sigma_{capacidad}^2 + \sigma_{estabilidad}^2 + \sigma_{consistencia}^2 \quad (3)$$

Donde:

*Estabilidad.* Cambio en el sesgo con respecto al tiempo. Cuando un proceso de medición estable está en control estadístico con respecto a la ubicación. Alias de deriva.

*Consistencia.* Grado de cambio de la repetibilidad en el tiempo. Un proceso de medición consistente está en control estadístico con respecto al ancho o dispersión por variabilidad.



Intervalo  
(tiempo):

Estabilidad  
Consistencia

### Incertidumbre (MSA+GUM)

Un intervalo estimado de valores del valor medido en el que se cree se encuentra el valor verdadero.

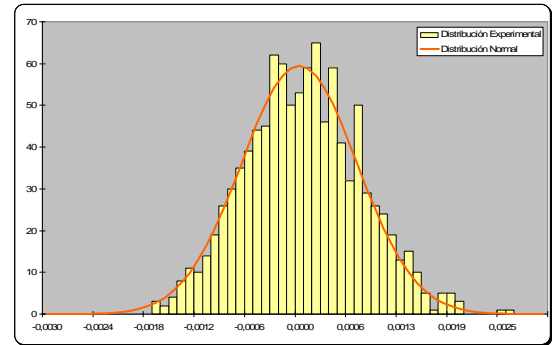
$$u_c^2 = \sigma_{desempeño}^2 + \sigma_{otras}^2 \quad (4)$$

Donde:

*Otras.* Fuentes significativas de error. Una declaración de incertidumbre debe incluir un espectro adecuado que identifique todos los errores significativos para permitir que las mediciones sean repetidas. Algunas declaraciones de incertidumbre son elaboradas de errores de sistemas de medición a largo-plazo, otras a corto-plazo. Debe considerar todas las fuentes significativas de variación de la medición en el proceso de medición más errores significativos de calibración: patrones, métodos, ambiente y otros no considerados previamente en el proceso de medición. En muchos casos, este estimado utilizará métodos de MSA y GRR para cuantificar estos errores estándar significativos. Es apropiado periódicamente reevaluar la incertidumbre relacionada al proceso de medición para asegurar la continua exactitud de la estimación de incertidumbre.

## CONVERGENCIA ENTRE MSA Y GUM

La incertidumbre ( $U$ ) obtenida mediante la GUM incluye todas (debería) las componentes significativas de variación del proceso de medición (no confundir con producción). En la mayoría de los casos, los métodos de MSA se pueden utilizar para cuantificar la desviación estándar de estas fuentes de incertidumbre.



Es un hecho que algunos estudios realizados por MSA, tal como los estudios de r&R (repetibilidad y reproducibilidad) o GRR (repetibilidad y reproducibilidad de medición), son complicados de considerar como fuente de incertidumbre, evidencia de esto ha sido la necesidad de desarrollar una Especificación Técnica al respecto, la ISO/TS 21748 (Orientación para el uso de estimados de repetibilidad, reproducibilidad y veracidad en la estimación de la incertidumbre de medida). Los estudios de r&R rara vez eran utilizados en cálculos de metrología, mientras que este concepto es y ha sido ampliamente utilizado además de muy útil en química y pruebas físicas (Silva, 2002).

MSA  
↕  
GUM

Podemos concluir que MSA y GUM, más que verse como técnicas alternativas, rivales o confrontadas de *Aseguramiento de Calidad de las Mediciones*, pueden y deben complementarse adecuadamente en el campo de la metrología técnica e industrial, sin importar el sector o tipo de empresa o si se trata de un laboratorio de metrología, calibración, prueba o control de calidad.

## REFERENCIAS

- GUM. (1995). Guide to the expression of uncertainty in measurement. Second printing. BIPM; IEC; IFCC; ISO; IUPAC; IUPAP; OIML.
- ISO/IEC Guide 98-3. (2008). Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
- ISO/IEC Guide 98-3/Supplement 1 (2008). Propagation of distributions using a Monte Carlo method.
- MSA. (2002). Measurement Systems Analysis. Third edition. AIAG, Automotive Industry Action Group.
- Silva, G.M.S. de. (2002). Basic metrology for ISO 9000 certification. First edition. BH, Butterworth-Heinemann.