

"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

## TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI

### REGLA DE DECISIÓN, HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD, CONFORME LA NMX-EC-17025-IMNC-2018

**Tesis para obtener el grado de:**

**Maestría en Ingeniería Administrativa**

Presenta:

**Ing. González Heras Gabriel Jacob**

Asesor tutor:

**ING. SERGIO ARTURO ORTIZ CASTILLO**



**Estado de México**

**Febrero de 2022**



**SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

**EDUCACIÓN** **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO** **GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO** **TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI** **EDOMÉX**

"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

Cuatitlán Izcalli, Estado de México a 15 de marzo de 2022  
TESCI/DIDT/20/III/22

**DIRECCIÓN ACADÉMICA**  
**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**

**INGENIERO**  
**GONZÁLEZ HERAS GABRIEL JACOB**  
**PRESENTE**

Por este conducto me permito informarle que puede proceder a la digitalización del Trabajo de Tesis titulado:

**"REGLA DE DECISIÓN, HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD, CONFORME LA NMX-EC-17025-IMNC-2018"**

Ya que la comisión encargada de revisar el trabajo que se presenta para efectos de titulación, han dado su autorización conforme a lo estipulado en el Lineamiento para la operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.

Sin nada más que agregar, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

**ATENTAMENTE**

  
**LIC. RÓCIO ORTEGA JIMÉNEZ**  
**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**

  
**UNIDAD DE POSGRADO**

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA**  
**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN DE POSTGRADO DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

**2022 FORTES**  
**Mejores**

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA**  
**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN DE POSTGRADO DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

Av. Nopaltepec s/n, Fracción La Coyotera del Ejido San Antonio Cuamatla, C.P. 54748, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.  
Tels.: (55) 58 64 31 70 y 58 64 31 71 tesci.edomex.gob.mx.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de este tiempo, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mi madre por ser incondicional y que ha estado a mi lado en el camino para llegar a este momento a, Patty, mis hijas, hermanos y a mi familia en general que han estado a mi lado les doy gracias.

Para Evelyn, Dany, amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de este proyecto, gracias por su amistad y compañía.

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli gracias por su formación, por confiar en mi y por enseñarme a crecer.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	7
CAPITULO I.....	9
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	9
HIPOTESIS .....	9
OBJETIVO GENERAL .....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
JUSTIFICACIÓN.....	10
CAPITULO II .....	12
MARCO TEORICO .....	12
B. MARCO PRÁCTICO.....	16
CAPITULO III .....	17
METODOLOGÍA .....	17
DEFINICIONES .....	21
A. Metrología .....	21
B. Instrumento de Medición .....	22
C. Norma .....	23
D. U de medida.....	23
E. Sistema general de unidad de medida, SGUM .....	23
F. Vocabulario Metrológico.....	24
G. Precisión.....	24
H. Exactitud.....	25
I. Incertidumbre tipo A.....	25
J. Incertidumbre tipo B.....	25
PREPARATIVOS PARA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD .....	26
a. Error de paralaje.....	28
b. Error de coseno.....	29
c. Error de instrumental.....	29
d. Error por resolución.....	30



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

f. Error por alcance del instrumento.....	31
g. Error por temperatura.....	32
h. Error por humedad.....	32
i. Error por fabricación del instrumento.....	33
j. Error por repetibilidad.....	34
k. Error aleatorio.....	34
l. Error sistemático.....	35
BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN.....	35
Especificación.....	35
COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTA GUÍA.....	39
CASO.....	40
REGLA DE DECISIÓN.....	52
Conclusiones.....	61
ANEXO A.....	65
ANEXO B.....	66
ANEXO C.....	67
ANEXO D.....	68



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1..	16
Figura 2..	17
Figura 3..	18
Figura 4..	19
Figura 5..	20
Figura 6..	21
Figura 7..	23
Figura 8..	24
Figura 9..	26
Figura 10..	26
Figura 11..	27
Figura 12..	27
Figura 13..	28
Figura 14..	28
Figura 15..	29
Figura 16..	30
Figura 17..	32
Figura 18..	33
Figura 19..	35
Figura 20..	36
Figura 21..	40
Figura 22..	40
Figura 23..	42
Figura 24..	49
Figura 25..	54
Figura 26..	55
Figura 27..	55
Figura 28..	56
Figura 29..	59



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## INTRODUCCIÓN

La calidad de los productos y servicios es un tema histórico el cual fue conocido por códices, pinturas rupestres, escritos y en tiempos más recientes en publicaciones y artículos que denotan su importancia y de gran manera la persecución del día, día en mejorar y proporcionar los mejores productos que garanticen la satisfacción del usuario.

La calidad por definición exige más que buenas intenciones del productor hacia el consumidor<sup>8,16</sup>, tal como es descrito en las obras literarias de los precursores de la calidad, como los son Deming, Ishikawa, Juran, Crosby por citar algunos, donde se visualiza la puntualidad de la calidad como la carrera más interminable y variante cada día por las necesidades generadas en esta revolucionaria vida, algunas obras llevan por sus títulos y como ejemplos se puede mencionar “La calidad no cuesta”, “Calidad sin lágrimas” más que una advertencia son una invitación a una forma de vivir, el ser persistente de buscar todas las formas complejas o sencillas que proporcionen la calidad.

La mayoría de los autores de calidad coinciden en que la calidad debe ser cuantitativa y cualitativa. Para el caso de este trabajo, como resultado de la investigación en empresas del área metropolitana se presentará cuantitativamente y no porque lo cualitativo demerite su protagonismo. La calidad vista desde la normativa es un documento formativo y consensado que facilita mucho el proceso y al seguirla es lo mínimo necesario para el cumplimiento deseado, esto se menciona en el portal de la secretaria de economía<sup>26</sup>.

Por otra parte, la normativa Internacional ajustada a nuestro país para ser competitivo exige temas nada nuevos, obligando tanto a productor como usuario a conocer aplicaciones estadísticas que confirmarán la calidad<sup>15</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

En México por medio de la Ley de Infraestructura de calidad<sup>2</sup>, ocupada en la calidad de México mediante un laboratorio primario de metrología la normativa, los comités consultivos de calidad, los organismos de certificación y acreditación, son la base para la calidad en México ante los nuevos tratados comerciales internacionales por lo cual se utilizará la normativa para laboratorios acreditados NMX EC 17025 IMNC<sup>22</sup>.



**SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

## CAPITULO I

### IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En pocas ocasiones se utiliza correctamente la evaluación de la conformidad y la aplicación de la regla de decisión ya que se desconoce la metodología porque no se encuentra plasmada a detalle y no es tan accesible de entender para personas que no estén inmersos en estos temas<sup>15,22</sup>.

### HIPOTESIS

Si el conocimiento permite desarrollar facultades para el entendimiento y análisis entonces la regla de decisión que comprende la evaluación de la conformidad EC generará al usuario el derecho de conocer y usar las desviaciones que se generan en los procesos de sus productos<sup>2</sup>.

### OBJETIVO GENERAL

Que el usuario sea capaz de utilizar la metodología conforme a la NMX EC 17025 MNC para reducir la incertidumbre de medida en cualquier área de la metrología<sup>2,15,22</sup> y pueda ser aplicada la regla de decisión y poder realizar la evaluación de la conformidad.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer información relevante de cómo reducir la incertidumbre de medida.
- Aplicar la regla de decisión para garantizar el cumplimiento de la calidad de sus productos terminados o materiales utilizados.
- Comprender la importancia de realizar la evaluación de la conformidad.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## JUSTIFICACIÓN

La mayoría de las mediciones pretende proporcionar el valor de una magnitud, esto depende del estado de la materia en el que se encuentre y puede distinguirse cualitativa y cuantitativamente, es importante también el tratamiento y la forma en la que se aplique para los resultados de la medición<sup>14,18,22</sup>.

No se tienen mediciones perfectas, la imperfección de la medición hace difícil saber con precisión el valor encontrado. Según VIM (Vocabulario Internacional de Metrología)<sup>26</sup> toda medición debe de ir acompañada de una incertidumbre (parámetro positivo que describe la dispersión y calidad de la medición); la incertidumbre se compone de diversas fuentes de entrada, las cuales se pueden controlar o reducir<sup>3,5,13,19,23,15</sup>.

Las incertidumbres se pueden generar por el método de medición, procedimiento utilizado, definición del mensurando, etc. La estimación de la incertidumbre debe calcularse ya que sus componentes son bien conocidos y una subestimación de la misma puede tener graves consecuencias.

En la última transición de la normativa ISO 9001:2015 se puntualiza el rubro de trazabilidad y conformidad, temas que son de presencia y exigencia, además estos tienen una estrecha relación y un contexto extenso, el siguiente requerimiento es: la regla de decisión.

La regla de decisión es la que nos permite valorar la conformidad o no conformidad de un producto mediante el criterio que puede ser: la incertidumbre del valor medido este dentro de un intervalo de aceptación y a esto se le llama conformidad y si bien la incertidumbre sobrepasa el intervalo de aceptación a esto se le llama no conforme<sup>15,22</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Normalmente se debe de realizar control de calidad (En las empresas evaluadas en el uso de la regla de decisión) en el producto antes de pasar al proceso de este, únicamente involucra parámetros como la media, desviación estándar, y valores de las tablas de control evaluando criterios como CP, CPK y algunas herramientas de 6 sigma<sup>8,16</sup>, se deben de tomar en cuenta más elementos requeridos para la evaluación de la conformidad, los cuales son: la incertidumbre y la regla de decisión.

La evaluación de la conformidad es la base de la verificación de la calidad del producto, ya que abarca todas las partes que conducen a la dispersión de los resultados obtenidos, por lo que se debe tener cuidado de promover los datos analíticos respaldados por la medición como base de la calidad<sup>15</sup>.



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

La metrología (del griego uerpov, medida y hoyos, tratado) es la ciencia y técnica que tiene por objeto el estudio los sistemas de pesos y medidas, y la determinación de las magnitudes físicas. Históricamente esta disciplina ha pasado por diferentes etapas; inicialmente su máxima preocupación y el objeto de su estudio fue el análisis de los sistemas de pesas y medidas antiguos, cuyo conocimiento se observa necesario para la correcta comprensión de los textos antiguos. Ya desde mediados del siglo XVI, sin embargo, el interés por la determinación de la medida del globo terrestre y los trabajos que al efecto se llevaron a cabo por orden de Luis XVI, pusieron de manifiesto la necesidad de un sistema de pesos y medidas universal, proceso que se vio agudizado durante la revolución industrial y culminó con la creación de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas y la construcción de patrones para el metro y el kilogramo en 1872<sup>13</sup>.

La importancia de la metrología radica en proporcionar el marco de referencia para hacer que toda iniciativa relacionada con la normalización sea factible.

La trazabilidad metrológica está definida en el vocabulario internacional de metrología como: "Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida (VIM 2012)<sup>27</sup>.

Cada país que pertenezca al acuerdo de reconocimiento mutuo debe tener un laboratorio primario; en él se resguardan los patrones primarios que son la trazabilidad metrológica<sup>9</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

La trazabilidad metrológica es la cadena ininterrumpida de errores la cual es derivada de los laboratorios primarios de todo el mundo, este error es heredado cada vez que se utiliza un patrón primario, los patrones primarios conservan la exactitud de la medición según la magnitud que se esté evaluando<sup>3,5,12,19,22</sup>.

La calibración es la comparación de un instrumento de medición con un instrumento de mayor exactitud es decir lo más cercano al valor verdadero, el instrumento mide al patrón y del valor obtenido se puede obtener una diferencia siendo esta un error instrumental, la Incertidumbre permite conocer el error del proceso de calibración mediante la ley de propagación de errores siendo expresada tres formas: puntual, intervalo y relativo<sup>19,23,25</sup>.

Según la definición de la GUM la incertidumbre es el “parámetro asociado al resultado de una medida, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando”.

Incertidumbre, precisión y exactitud son ejemplos de términos que representan conceptos cualitativos y, por tanto, no deben expresarse numéricamente (Taylor y Kuyatt, 1994) evitando asociar números con ellos. No deben confundirse entre sí, ya que su significado es distinto.

Es habitual la utilización indistinta de los términos de precisión y exactitud, lo cual no es correcto. En la actualidad ha tomado mayor auge por lo novedoso del tema y la importancia que tiene su utilidad, la incertidumbre no es tan solo para los científicos, metrólogos es para todas las personas que realizamos mediciones. La incertidumbre significa duda y matemáticamente es expresada por los errores inherentes desde el cálculo como de los instrumentos y condiciones en las cuales fueron realizadas<sup>19</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

El minimizarlo es un reto del día a día desde los escenarios científicos hasta la misma comprobación de la calidad, desafortunadamente, aun siendo un tema contemporáneo es desconocido para muchos y evitados por otros tantos, esto se debe a la falta de enseñanza de manera práctica ya que sólo se menciona, se calcula, pero no se explica su importancia y trascendencia o bien no se hace saber que es una obligación proporcionarla.

En México es mencionada como una obligación en la Ley de Infraestructura de calidad<sup>1</sup> e incluso en toda la normativa mexicana e internacional se menciona en cada momento. Por lo cual la incertidumbre es un tema en una ordenanza simbolizada por U mayúscula<sup>5,12,15,19</sup>.

Evaluación de la conformidad EC, Regla de decisión

La Evaluación de la conformidad es la determinación del grado de cumplimiento con los reglamentos, las normas técnicas nacionales, las normas técnicas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características de un producto o servicio. Puede comprender, entre otros, procedimientos de muestreo, ensayo, calibración, certificación e inspección/verificación. Todo producto, proceso, método, instalación, servicio o actividad debe cumplir con algún tipo de norma técnica o reglamento.

Norma NMX - EC - 17025 - IMNC – 2018<sup>22</sup>

La calidad en México está basada en parte por su Normativa y está por los diferentes acuerdos internacionales y al acuerdo de reconocimiento mutuo<sup>8,9</sup>, logra así que la Normativa mejore con el transcurso del tiempo. Hace 15 años los temas como calibración, trazabilidad y evaluación de la conformidad no eran conocidos, como lo son en este momento.

Al ser revisada el portal de la Secretaría de Economía encargada de la trascendencia de la calidad a nivel nacional para participar de manera internacional, se puede consultar la importancia de estos tres temas de gran importancia<sup>26</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

La ley de Infraestructura de calidad generada desde el ejecutivo federal es muy puntual en el tema de la valuación de la conformidad<sup>2</sup>, la evaluación de la conformidad es el resumen de la calidad de un producto concentrada por estimaciones estadísticas<sup>15</sup>.

Los valores que conforman la evaluación de la conformidad son invariablemente entre otras, la trazabilidad e incertidumbre.

La trazabilidad es la cadena ininterrumpida de errores<sup>23</sup> y se refiere a los errores heredados de un sistema de medición a otro sistema de medición no se debe confundir con el SI y Sistema Inglés, por ejemplo: la calidad de la trazabilidad esta proporcionada por la lucha aguerrida y permanente en la reducción de errores principalmente en la selección de proveedores.

Incertidumbre valor positivo adjunto al resultado de las mediciones, la incertidumbre ayuda a predecir eventos futuros, así como apreciar la calidad de los errores.

La regla de decisión<sup>15</sup> está basada en dos modelos, el primero en donde proveedor y comprador asumen la responsabilidad de lo defectuoso o fuera de límites, por otra parte, cuando por las circunstancias se debe de tomar la decisión de la evaluación de la conformidad, que es cuando un producto a servicio es sujeto de aceptación o rechazo.

La metrología en los laboratorios de control de calidad garantiza que los productos cumplan con las especificaciones y esto es vital en un mundo cada vez más globalizado y competitivo<sup>19,26,21</sup>.



"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

## B. MARCO PRÁCTICO

Se mantiene una distancia dentro de los procesos de medición y con el respeto debido, puesto que no siempre los cuestionamientos de un tema, que de inicio es molesto e incómodo, al visitar empresas de manufactura, se reúnen una serie de evidencias que demuestran que cuando se llega a medir en cualquiera de las ramas de la metrología, el análisis de la dispersión de resultados (incertidumbre) como parte complementaria de un resultado no es utilizado por ser un tema desconocido o irrelevante, como ejemplo podemos citar la mayoría de ejercicios puestos en el internet, tutoriales e incluso los libros de texto no integran en sus resultados la incertidumbre, muy lamentable pues en breve nos será obligatorio la EC, dispuesta en la norma NMX EC 17025 IMNC 2018<sup>22</sup>, la norma obliga a los laboratorios acreditados a difundir el tema que los valores encontrados en ensayos o calibraciones deban estar conformados por el valor obtenido de ensayo / calibración con su incertidumbre correspondiente.

Se realizó la consulta a 10 empresas en la región de Cuautitlán, de diferentes giros de las cuales se les cuestionó el tema de incertidumbre y todas en general, cualquiera que fuera el giro desconocían el tema excepto por que lo habían leído o visto en informes de ensayo o calibración, pero no sabían que se debía hacer o que tratamiento realizar en base ese valor.

Pues ese valor se debe integrar al proceso de medición y una vez hecho esto, llevarlo a las gráficas de control o bien cualquier sistema de control de calidad conocido donde se aprecie la variación y calidad de los resultados.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

La siguiente metodología es una propuesta confiable y demostrativa para llegar a la Evaluación de la conformidad y aplicando la regla de decisión<sup>15</sup>.

Al ser evaluado un mensurando por lo regular se debe tener en consideración por lo menos un operador, método de medición, instrumento de medición y de ser requerido condiciones - ambientales<sup>5,10</sup>.

*Figura 1. En esta se muestra una máquina universal de ensayo, con la que se evalúa los cuatro parámetros mínimos, NMX B 310 entre ellos la tenacidad de un material. Para materiales ferrosos y no ferrosos. El ensayo consiste en someter un material metálico a tensión, obteniendo una muestra, maquinarla como probeta estandarizada, una vez ensayada de los valores de cargas se divide entre su área transversal inicial.*



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Seguramente al evaluar el mensurando se considera el medir posibles parámetros, por mencionar algunos tenemos: tenacidad, tamaño de grano, porcentaje de elementos químicos en materiales ferrosos y no ferrosos.

Por encima de tener lo necesario después de realizar la medición y analizando los datos siempre queda la duda de haber realizado la medición con la mejor calidad, esa duda en la Metrología se le denomina incertidumbre y en la práctica se le conoce como incertidumbre de medida cuyo símbolo es una  $U^{19,5,15}$ , la normativa solicita que este valor debe estar presente en el resultado proporcionado en la medición y su expresión se muestra en la dispersión de los datos con la que fue estimada, esta dispersión bajo el uso de la estadística puede ser representada puntual o por un intervalo, en este trabajo se expresará por un intervalo de confianza al 95%<sup>19</sup> como lo solicita la norma en cuestión, mediante el uso la distribución t student para muestras pequeñas, el estudio está dirigido a usuarios de la medición y evalúen la calidad de sus productos, se tiene considerado que no se tienen los elementos y valores de las fuentes de  $U$  como lo solicita la normativa.

*Figura 2. En esta se muestra una probeta estandarizada después del ensayo obteniendo su resistencia a la tensión y para medir su alargamiento el procedimiento es el siguiente: Una vez fracturada la probeta, se unen sus extremos y se mide la longitud final obtenida, utilizando la ecuación No.1, se obtiene el valor de alargamiento el cual es adimensional es decir se expresa en porcentaje.*



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

*Figura 3. Es esta se muestra el equipo para evaluar el porcentaje de elementos que contiene una muestra de un material metálico, por medio de un equipo de absorción atómica, la evaluación consiste en obtener una muestra en forma de rebaba, llevarla a digestión, posterior introducirla al equipo quien por absorción quema la muestra por medio de un quemador obteniendo un espectro, la absorbancia es dada en porcentaje del elemento, cada determinación requiere de una lampara emisora.*



Aun así, se brindará los elementos sustentados para dar cumplimiento apoyando en todo momento solo de referencias oficiales y publicaciones científicas del laboratorio primario, haciendo ver que en México siempre se debe ocupar dicha normativa y que la Metrología es considerada importante, así como su U de medida<sup>19</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

*Figura 4. La siguiente muestra la evaluación de barra soldada de acero 4140, la evaluación consistió en someter el material a un ensayo de tensión axial, donde se pretende corroborar que la falla suceda en el material base, para este caso la falla sucedió en el material de aporte que es lo menos deseable para este tipo de ensayos. Por las aristas vista se considera una fractura frágil.*



Se hace notar lo siguiente, que la incertidumbre de medida  $U$  es una expresión que debe obedecer a la ley de propagación de errores y esto solo sucede cuando se conocen los valores de los componentes de las fuentes de  $U$ <sup>5,19</sup>, lo cual se tratara en este trabajo tomando las mínimas necesarias ya que no siempre se cuenta con todo lo necesario para estimarla, pero como objetivo primordial es demostrar que aun con esa limitante se puede expresar la incertidumbre  $U$  de medida y llegar a la  $EC$ <sup>22</sup>.

Antes de iniciar se deben revisar algunos conceptos primordiales que ayudarán en la comprensión de este trabajo, los cuales tienen un valor numérico.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## DEFINICIONES

### A. Metrología

Es la ciencia en cargada de las mediciones, la cual se divide en tres; Científica, Industrial y Legal.

En México se tienen los siguientes organismos que cubren con responsabilidad las divisiones de la metrología, que son la Secretaría de Economía SE, el laboratorio primario Centro Nacional de Metrología CENAM<sup>8</sup>, lo que demuestra que se tiene una sólida base en el tema de Metrología en nuestro país<sup>2</sup>.

*Figura 5. En esta se muestra la evaluación de una muestra de materias abs, donde se da a conocer al cliente que las tolerancias para un material de esa calidad no deben ser consideradas sus tolerancias como si fuera un material, metálico.*





“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

### *C. Norma*

Documento consensado de uso público que sirve como base para proporcionar la mínima calidad deseada. Este documento debe estar avalado por organismos internacionales como organismos nacionales en su defecto que cumplan con lo dispuesto por la Secretaría de Economía SE. Las normas también funcionan como el método<sup>6,7,20,21</sup>.

### *D. U de medida*

Parámetro asociado a la medición con valor positivo, el cual se puede proporcionar con un valor relativo, puntual o en intervalo. La comparación de la magnitud de la U de medida muestra la calidad con la que fue obtenida la medida, este valor puede ser reducido, pero nunca tener el valor de cero, para los casos en que este sucediera significa que se sobre estimaron los componentes y fuentes de U, siempre se tendrá algo que considerar y mientras más se considere con la plena confianza de conocer los valores de los componentes, la U de medida será confiable.

### *E. Sistema general de unidad de medida, SGUM*

En México por medio de la Ley de Infraestructura de la calidad. Solicita el uso de SGUM, como el único y de carácter obligatorio con la finalidad de unificar criterios de expresión de cantidades y unidades de medida, esta parte ayudara en reducir la incertidumbre de medida U, para unificar el uso de factores de conversión se puede utilizar las publicaciones del Cenam<sup>18</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

### *F. Vocabulario Metroológico*

Considerar el vocabulario. Metroológico nos permitirá el entendimiento semántico de la metrología, el confundir los conceptos nos puede llevar a un escenario de errores en la expresión de los resultados el utilizar el adecuado vocabulario enriquecerá la comunicación entre el metrólogo y los que no lo son<sup>26</sup>.

### *G. Precisión*

La precisión es la medida de desviación que se tienen de los datos obtenidos con respecto al valor central, en el tema de U incertidumbre es el valor estandarizado de la desviación estándar, desviación estándar de la media. La precisión se logra cuando se utiliza el instrumento adecuado y las buenas prácticas de medición<sup>3,19,14,23</sup>.

*Figura 7. La siguiente imagen muestra 3 tipos de instrumentos de los cuales el que mayor información proporcione de la medida de la convencionalmente verdadera del mensurando, generada por su resolución es el de mayor exactitud.*



**SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
 TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI

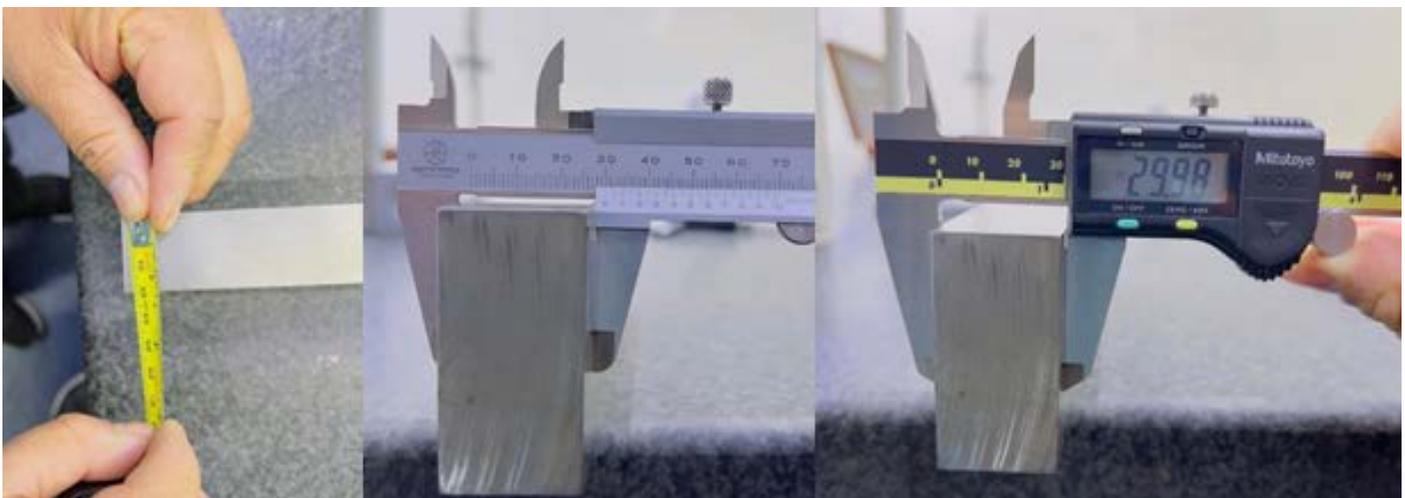
“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## H. Exactitud

Es la aproximación al valor de referencia, esta se obtiene con la mejor resolución del instrumento.

La exactitud de medida se interpreta a veces como la proximidad entre los valores medidos atribuidos al mensurando<sup>19,23</sup>.

*Figura 8. Las siguientes figuras son ejemplos de un caso de precisión, cuando se tiene un instrumento que tiene un mayor posicionamiento de la medición y disminuye el error de medida entonces se puede decir que hay precisión.*



## I. Incertidumbre tipo A

Incertidumbre estimada por medios estadísticos, que describe la dispersión de las mediciones realizadas<sup>19</sup>.

## J. Incertidumbre tipo B

Incertidumbre estimada por información adjunta a los procesos de medición es decir en el supuesto que surja de una distribución de probabilidad<sup>19</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## PREPARATIVOS PARA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La motivación más importante de este proyecto es el resultado obtenido en una encuesta realizada individualmente a empresas de la metal - mecánica en el área automotriz, por el grado de conocimiento y experiencia del tema, en donde la respuesta mejor calificada es la definición de U, pero no así el origen y los componentes de ella. Esta guía proporcionara los elementos mínimos recomendables, para lograr estimar la U en cualquier lugar donde se realicen mediciones dando cumplimiento “valido”, solicitado por la normativa mexicana.

En primer lugar, se debe tener un operario el cual debe tener una plena sensibilidad en reconocer que el proporcionar una medición es muy importante para el solicitante e incluso para el mismo<sup>4</sup>, el operario competente para realizar una medición debe estar consciente de los siguientes errores o U los cuales tienen todo un valor numérico.

Dentro de las entrevistas realizadas en las empresas quienes nos permitieron utilizar su información, es notorio ver que se realizan estudios de todas áreas de las cuales el uso de gráficos es notorio, una de las observaciones que nos llevan con mayor entusiasmo de promover la consideración de tomar mayor énfasis en las medidas de dispersión que tan solo visualizar los comportamientos.

Por lo que la hipótesis de la falta de calidad siempre se verá mermada por el uso, comprensión y análisis de erradicar la variabilidad de los procesos.

Las mediciones provienen de las siguiente fuentes producto en estado según se encuentre, del instrumento de medición y el operador quién realiza la medición.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 9. Grafica 1

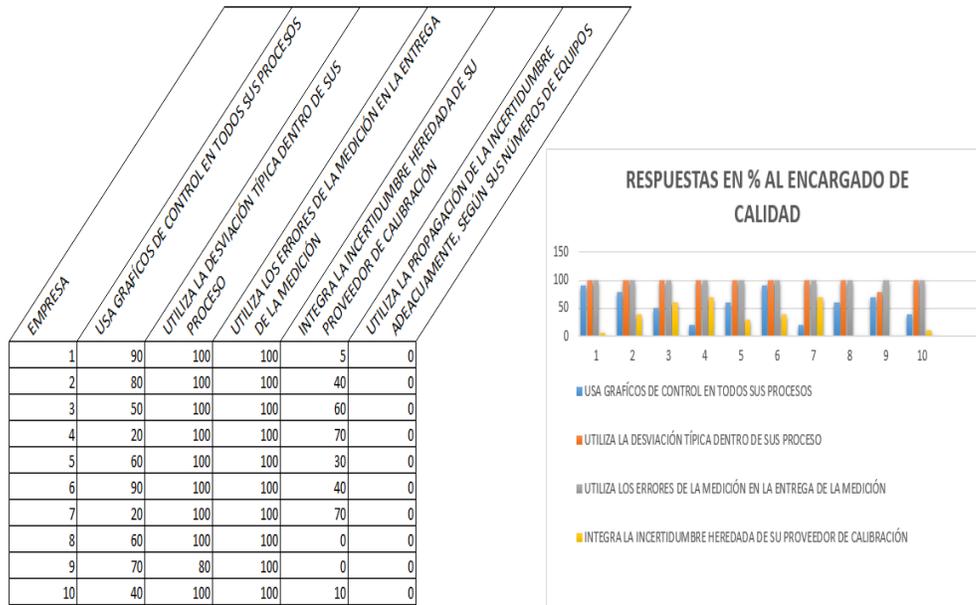
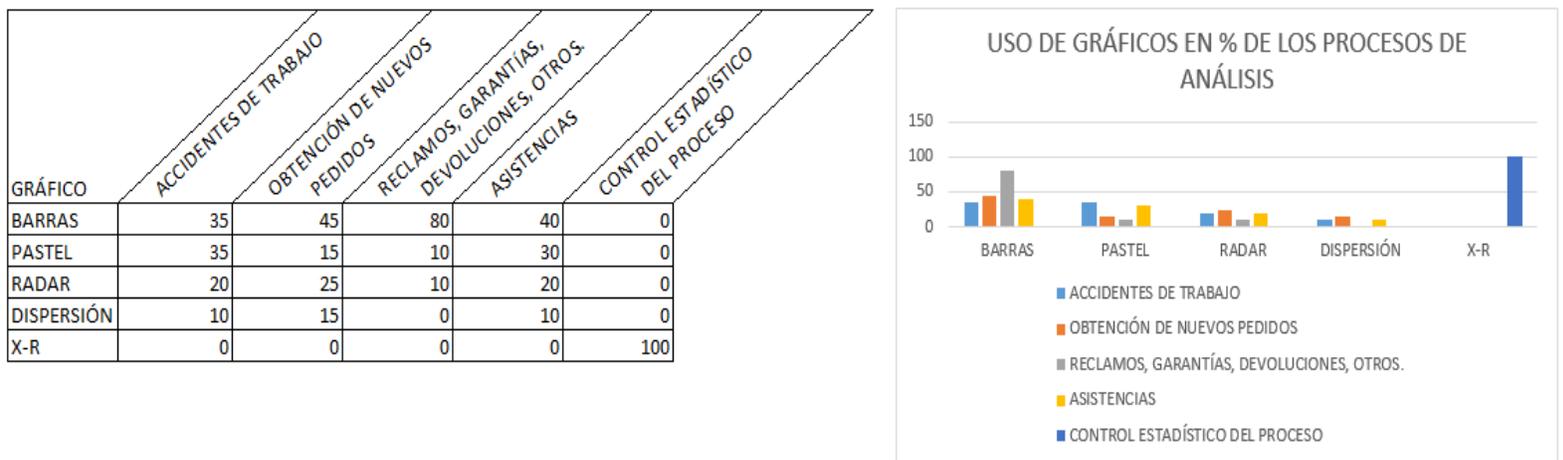
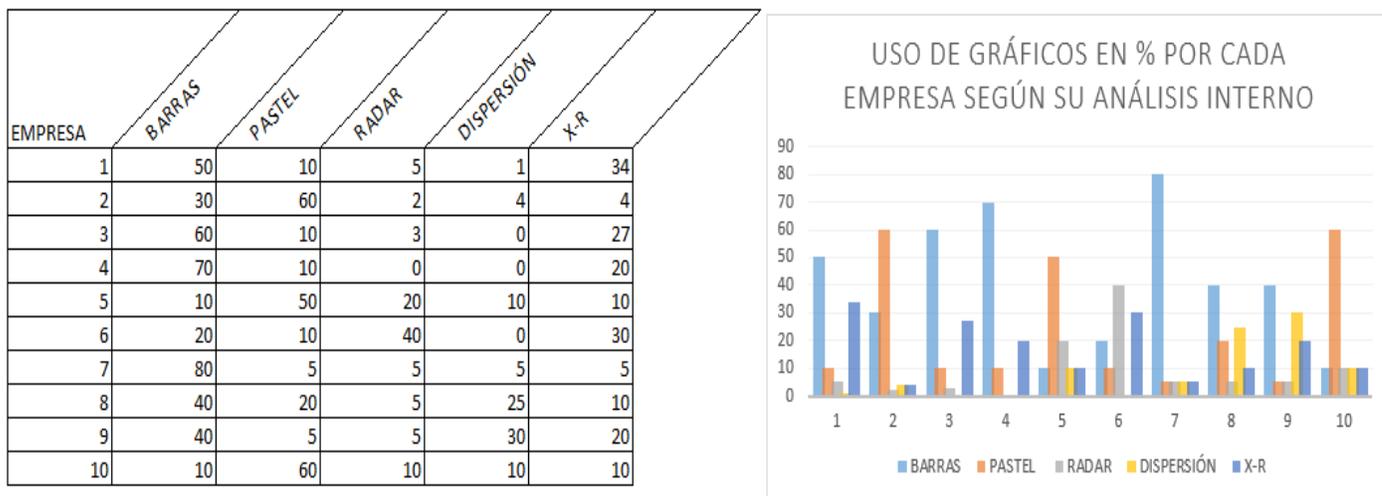


Figura 10. Grafica 2



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 11. Grafica 3



a. Error de paralaje

Este error se puede corregir de dos maneras, cuando se utiliza un instrumento analógico de carátula o trazos sobre una regla se debe mantener la mirada perpendicular al plano de medición<sup>3,5</sup>, nunca mirar de lado, por encima o debajo de la lectura, este error se vuelve despreciable cuando se utiliza un instrumento digital [Fig. 12], este error tiene un valor numérico, no tan solo es cualitativo [Fig. 12].

Figura 12. El error de paralaje se agrava por falta de visión sobre el plano de medición de manera perpendicular a la medición.

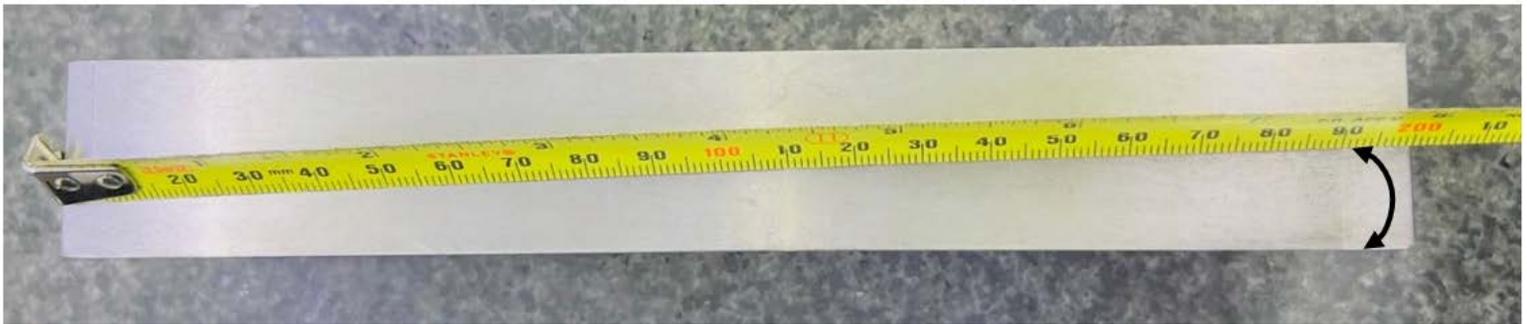


“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

b. Error de coseno

Este error se deriva en el uso de instrumentos que contengan reglas graduadas, un flexómetro puede servir de ejemplo cuando al medir, la escala principal del flexómetro no coincide con el contorno del mesurando<sup>3,5</sup>.

Figura 13. La siguiente figura muestra la generación de un ángulo respecto al instrumento de medición con el contorno del mesurando.



c. Error de instrumental

Este error se debe compensar o bien crear un factor de corrección para todo el alcance del instrumento, solo es conocido su valor numérico por dos maneras: comparación mediante la calibración del instrumento [Fig. 8], o bien por especificación del fabricante.

Figura 14. La siguiente muestra el error Instrumental = valor encontrado (instrumento) - valor especificado (patrón); error instrumental en ese punto 0,02 mm.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

d. Error por resolución

El instrumento contiene una división mínima, entonces la resolución es lo mínimo que un instrumento puede medir, la resolución se gestionan dos errores la repetibilidad y la exactitud de la medición [ver figura 12]<sup>3,5,24</sup>.

e. Error por calibración

La trazabilidad metrológica hereda por errores de calibración, en calibración es heredada a los instrumentos cuando estos son calibrados, por lo que se debe considerar antes ¿Quién?, proporciona el menor error heredado al proceso de medición<sup>3,5,24</sup>.

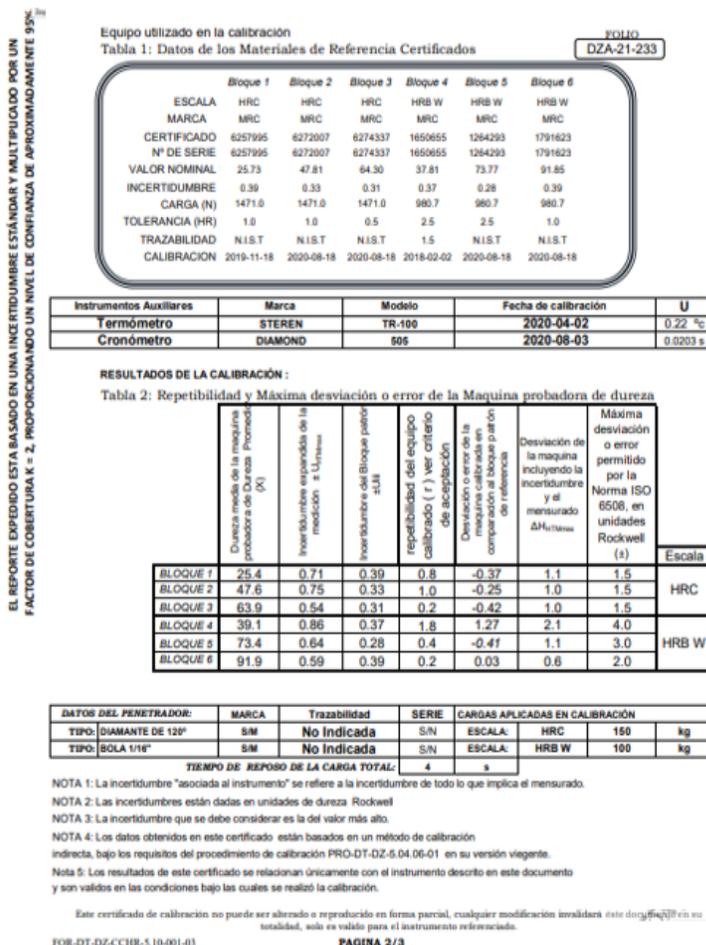


Figura 15. La siguiente imagen es un informe de resultados donde el error de calibración tiene el valor numérico de incertidumbre.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

f. Error por alcance del instrumento

El utilizar un instrumento no adecuado en la evaluación de la magnitud, dará como resultado una medición de mala calidad, si el instrumento es muy grande, [Fig. 16], para el mensurando, seguramente no logre detectar el valor de la evaluación o bien no tener posición de él, caso contrario si el instrumento es muy chico no alcanzara abarcar toda la magnitud quedando limitada<sup>5</sup>.



Figura 16. En la siguiente figura se muestra el error por falta de alcance es decir se fuerza una medida.

Ejemplo de ello se tiene cuando una persona desea evaluar un muro con un flexómetro cuyo alcance máximo no logra evaluar la magnitud total en una sola vez y se dejan marcas que sirvan para la siguiente medición obteniendo una medición con un error acumulado.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

g. Error por temperatura

Los instrumentos son construidos por diferentes materiales y todo material está en función de su coeficiente de temperatura por lo que el no tener el cuidado en los instrumentos creara el efecto de que el instrumento se dilate o se contraiga la observación en este punto es el siguiente, seguramente el instrumento este resguardado en su estuche, pero al medir una pieza que en ese momento este en función del coeficiente el error por temperatura es eminente unamos los dos mensurados<sup>5</sup>.

h. Error por humedad

Los instrumentos sufren de corrosión por el medio ambiente y esto en el mejor de los casos ya que en otros pudieran sufrir daños irreversibles por falla en sus componentes electrónicos, la corrosión genera espesores que se agregan en las mediciones como es en caso de los calibradores, micrómetros y flexómetros por mencionar algunos, en otros la oxidación estropea mecanismos, reglas de vidrio que inutilizan los desplazamientos, lecturas que incrementan el error de medición.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 17. La temperatura donde se tiene estabilidad térmica en los materiales es de 20 °C y la humedad relativa es de 35 a 65 % para evitar la oxidación.

Los materiales reaccionan ante un cambio de temperatura según lo anterior mencionado.

Para el caso de los instrumentos de baja exactitud su calibración se realiza a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ \text{C}$ .

La oxidación en el tema de medición es que esta genera una medición por el espesor generado por la oxidación.



#### i. Error por fabricación del instrumento

Todo instrumento sin excepción muestra errores de fabricación, los fabricantes consientes de la incertidumbre U de medida proporcionan en sus catálogos tamaños de las partes de los instrumentos como dato informativo que se integrara en los cálculos de la incertidumbre U, como es el caso del error de Abbe así como las piezas intercambiables, adicionalmente muestran errores permisibles que servirán una vez calibrados los equipos para que se generen los factores de corrección y valoración del desempeño de los equipos<sup>5,17</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

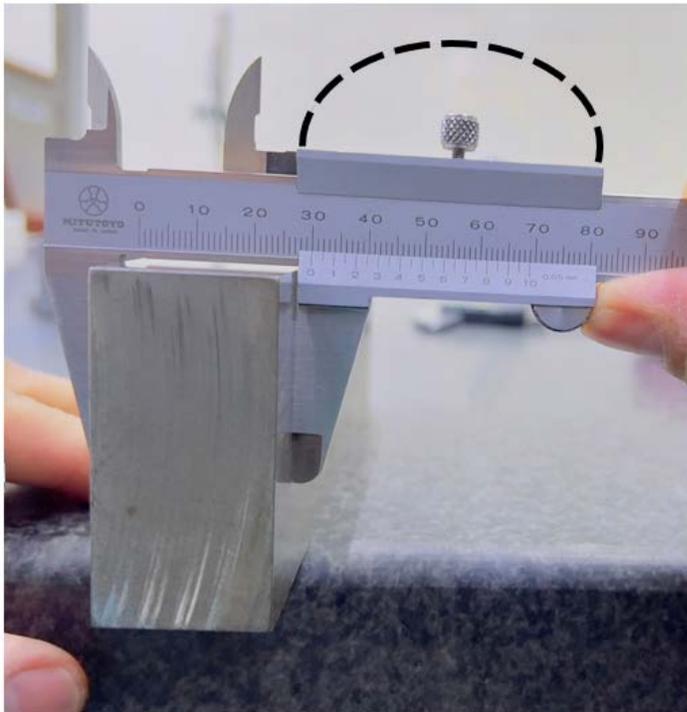


Figura 18. En esta figura se representa la deformación producida por el error de Abbe por la fuerza de medición aplicada en el mensurando creada por la holgura en la fabricación del cursor para que este pueda desplazarse en la regla principal. Este error también es producido cuando la fuerza de medición no coincide con la regla principal del instrumento, como es el caso de los micrómetros.

#### j. Error por repetibilidad

También conocido por error aleatorio es obtenido por una serie de mediciones, mientras mayor sea el número de datos este error puede mejorar sustentado en el teorema de límite central y los grados de libertad efectivos<sup>3,5,19</sup>.

#### k. Error aleatorio

Este error proviene de lo imprevisto, es estimado por medio de una serie de datos obtenidos en el proceso de medición, la manera de estimarla es por medio de la desviación estándar muestral, este error puede ser disminuido mediante las buenas prácticas de medición, un experto en el tema de las mediciones comprobaría antes medir el alcance y resolución del equipo para minimizarlo<sup>15,19</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## I. Error sistemático

Son errores intrínsecos conocidos y controlados, los cuales no podemos eliminar, pero si mejorarlos por ejemplo la resolución del instrumento, alcance y la iluminación<sup>15,19</sup>.

## BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN

Las buenas prácticas de medición son las que debe realizar todo operario que proporcione mediciones, las buenas prácticas deben ser enseñadas para operadores tanto de muchos años de antigüedad en el puesto como los de nuevo ingreso, las buenas prácticas tienen la finalidad de perfeccionar la actividad diaria del operador antes de iniciar el proceso de medición, en ellas se le harán saber que debe, que no debe hacer, con que instrumento y así evaluar la medición requerida, a continuación se mencionara lo que se debe realizar para mantener y en el mejor de los casos reducir la U.

## Especificación

Las especificaciones por lo regular se encuentran en planos, fichas técnicas o en el método. De ellas se define el alcance de medición y resolución. Por ejemplo, en el área de Metrología dimensional, si se desea evaluar una cota del ancho en un material de plástico cuyo valor es de 25,1 mm lo correcto sería evaluarlo con un calibrador digital de resolución de 0,01 mm, el realizarlo con un instrumento de mayor exactitud es decir cuya resolución sea de 0,001 mm seguramente se rechazará la pieza equivocadamente, en primera instancia porque las partes plásticas muestran tolerancias amplias por la deformación propia del material, se recomienda que de lo especificado se tenga un dígito más en el instrumento a utilizar [Ver anexo D].



"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"



Figura 19. La siguiente imagen muestra un durómetro universal en el cual se puede medir durezas en materiales metálicos DRA, DRB, DRC, DV y DB.

### Material

El material que se esté evaluando (mensurando) debe ser considerado por los siguientes componentes:

- Coeficiente de expansión térmica
- Composición química
- Resistencia a la tensión
- Tenacidad
- Tamaño de grano
- Dureza

Como ejemplo se citará que las láminas de acero se deben evaluar en dureza Rockwell B (DRB)<sup>7</sup> para la norma mexicana, los aluminios con dureza Vickers (DV)<sup>6</sup>, los hierros con dureza Brinell (DB), para lo cual se utilizara un durómetro [Fig19], una mala práctica de medición es querer



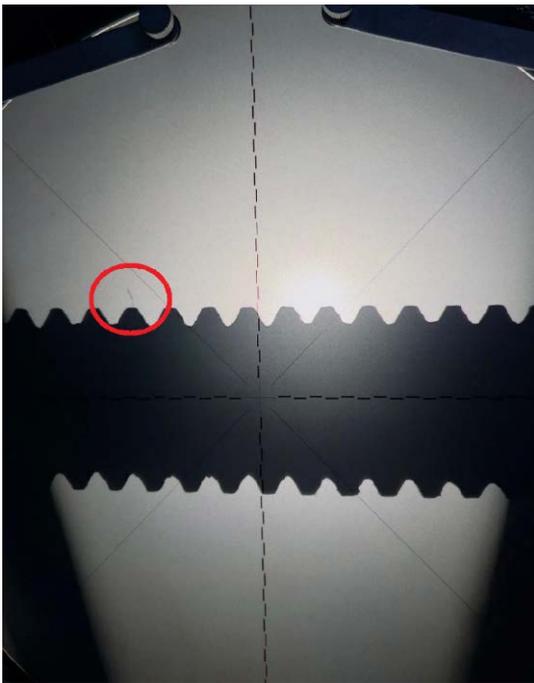
“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

conocer la resistencia a la tensión de los materiales antes mencionados con una tabla de equivalencias, comparando el valor de dureza con el de resistencia a la tensión el método.

El método indica que no hay equivalencia exacta entre dureza [Fig. 19]. y lo que se obtiene en un ensayo a la tensión [Fig.18].

### *Limpieza*

En dicho apartado como buena práctica solo se considera en la rama dimensional. La limpieza aplica al instrumento de medición y pieza a medir ITEM, en el instrumento evitara que esté presente atoramientos, espesores no requeridos como es el caso del área dimensional donde una pelusa puede llegar a medir 0,01 mm, valor evaluado en un comparador óptico o un calibrador digital de resolución 0,01 mm [Fig. 20].



*Figura 20. La figura muestra dentro del círculo rojo una pelusa sobre el mensurando la cual tiene un espesor de 0.01 mm por lo que se demuestra la importancia de la limpieza antes de medir.*

Puede medirlo y si el operador presiona para compensar ese error para simular que no está, se estará generando un nuevo error conocido como error de Abbe<sup>5</sup>. Que es la distorsión del instrumento por la misma fabricación.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Un buen agente de limpieza es el alcohol etílico grado 96° ya que elimina el aceite, grasa, mugre e incluso la grasa de nuestros dedos la intención de usar alcohol etílico y no alcohol natural se debe a que el segundo contiene mayor % de humedad, usar el más volátil que evite la oxidación del instrumento, en algunos casos muy extremos se usa acetona industrial, en este último se debe tener cuidado con las micas y pinturas de los equipos ya que pueden dañarlos irreversiblemente, o bien dañar la electrónica si fuera digital, el paño a utilizar de preferencia que no deje pelusas, por lo ya antes mencionado, se puede utilizar un cepillo de cerdas de plástico, como los mencionados en los calibradores de carátula. En la cremallera se incrusta la grasa y rebabas que dañan el equipo y no permiten una medición incluso el manual de fabricante da las recomendaciones de mantenimiento.

Pasando al ITEM, en algunos casos y solo en esos casos si el ITEM es muy grande en relación con la medida o al instrumento se recomienda limpiar solamente el área a medir si fuera posible con los mismos agentes de limpieza mencionadas anteriormente, esto evitara eliminar espesores no propios del ITEM, para el área de química, el analizar porcentaje de C en un acero o hierro la muestra debe ir limpia de elementos orgánicos, como pintura, oxido o grasa ya que al analizar el ITEM y no considerar la limpieza exhaustiva con gran probabilidad será integrada al resultado, la limpieza de ambos elementos reducirá el error de medición de la U.

### *Calibración*

Los instrumentos utilizados deben estar calibrados ya que la calibración proporcionara el error instrumental que ayudara a realizar las compensaciones en los puntos donde se presenten los errores más críticos y a la vez se valorara la U heredada<sup>23</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Este trabajo permitirá al alumnado y profesores que no están familiarizados con el tema de las mediciones, el conocer definiciones, recomendaciones y las buenas prácticas, en esta parte se puede consultar por otros medios mayor información, lo que se comparte en este trabajo es lo que no se ve en la mayoría de la información, por otra parte se busca que al no tener los valores e información técnica necesaria se tome esta guía como lo mínimo a realizar para reducir en la mayor parte de los errores que numéricamente se vuelven U. La siguiente parte y última se mostrarán mediante ejemplos la calidad de las mediciones en función de las características de los instrumentos, la estadística requerida para la estimación del intervalo y la expresión del resultado conforme la normativa vigente.

## COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTA GUÍA

Esta última parte de la guía considera que se tiene visualizado el objetivo de esta, que es reducir la mayor parte de las desviaciones inherentes en los procesos de medición. Para esto se debió consultar los temas y subtemas vistos anteriormente puesto que no se tienen los suficientes elementos de primera mano, teóricamente lo siguiente permitirá estimar la U.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## CASO

De una barra de acero 4140 de acero [Fig. 21] se desea conocer su dureza, la escala de dureza que aplica es DRC<sup>6</sup>. El método consiste en colocar el ITEM en una base endurecida y aplicar una fuerza de 150 kgf con un penetrador punta de diamante de 120° de W [Fig. 22], reduciendo al máximo la dispersión de valores, se debe corroborar que la pieza no muestre bamboleo en la base del durómetro, se considera hasta después del quinto intento el valor de la dureza, se debe dejar espacios entre indentación e indentación de hasta 2,5 veces el diámetro de la huella (con anticipación se comprobó el desempeño del instrumento con una muestra retenida).

Las muestras retenidas llevan este nombre dado por la norma, quien en la práctica consiste en que una vez calibrado un equipo se realicen mediciones con materiales que se puedan conservar y resguardar de manera segura, para obtener un valor y por medio del aseguramiento de calidad se evalúa el desempeño del equipo. De haber una dispersión considerable se procede a control de calidad al tener un valor fuera de los criterios discriminadores se procede a producto no conforme<sup>15</sup>.

### Valores obtenidos

No	DRC
1	<b>40,00</b>
2	<b>41,00</b>
3	<b>40,00</b>
4	<b>40,00</b>
5	<b>40,00</b>
Promedio	<b>40,20</b>
Desviación estándar muestral	<b>0,4472</b>
Desviación estándar experimental de la media	<b>0,20</b>



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 21. Muestra que el acero 4140 se evaluado también bajo ensayo de tensión para corroborar su calidad con los parámetros de resistencia a la tensión, resistencia en el límite de fluencia, alargamiento y reducción de área.



Figura 22. Muestra la probeta cilíndrica sobre el yunque del durómetro, las características de una probeta son de tener una superficie con acabado terso y de tener caras paralelas con la finalidad de evitar el bamboleo, del método de evaluación se sugiere a temperatura ambiente, limpieza absoluta y eliminar al máximo golpes y vibraciones, así como realizarse a temperatura ambiente.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## Generalidades Acero AISI 4140

Se usa en aplicaciones que requieren una combinación de templabilidad moderada y buena resistencia y tenacidad. Debido a su mayor contenido de C, el acero 4140 tiene mayor templabilidad, resistencia y soldabilidad. Las resistencias a la tracción de hasta 1 650 MPa (240 ksi) se logran fácilmente con tratamientos térmicos convencionales de temple y revenido.

Este acero se puede utilizar a temperaturas de hasta 480 °C, su fuerza disminuye rápidamente con el aumento de la temperatura al experimenta una transición de comportamiento dúctil a frágil a bajas temperaturas.

El material se puede nitrurar fácilmente. La ductilidad puede ser restaurada durante 2 a 4 h a 190 °C (375 °F)<sup>18</sup>.

El forjado de acero 4140 se puede realizar fácilmente, generalmente a una temperatura de 1 100 a 1 200 °C (2 000 a 2 200 °F), las piezas deben enfriarse lentamente después del conformado en caliente.

Este acero tiene buena soldabilidad usando cualquiera de los métodos de soldadura estándar.

Se recomiendan el estirado en frío 4140 tiene un índice de maquinabilidad del 62 %.

El acero 4140 está disponible como barra, varilla, piezas forjadas, láminas, placas, tiras y piezas fundidas. Se utiliza para muchas piezas de máquinas de alta resistencia (algunas de ellas nitruradas) como bielas, cigüeñales, manguetas de dirección, ejes, brocas para perforación de pozos de petróleo, bielas, piezas de bombas, tuberías de alta presión. grandes en engranajes industriales, bridas, collares, piezas de máquinas herramienta, llaves, mordazas, ruedas dentadas y espárragos.

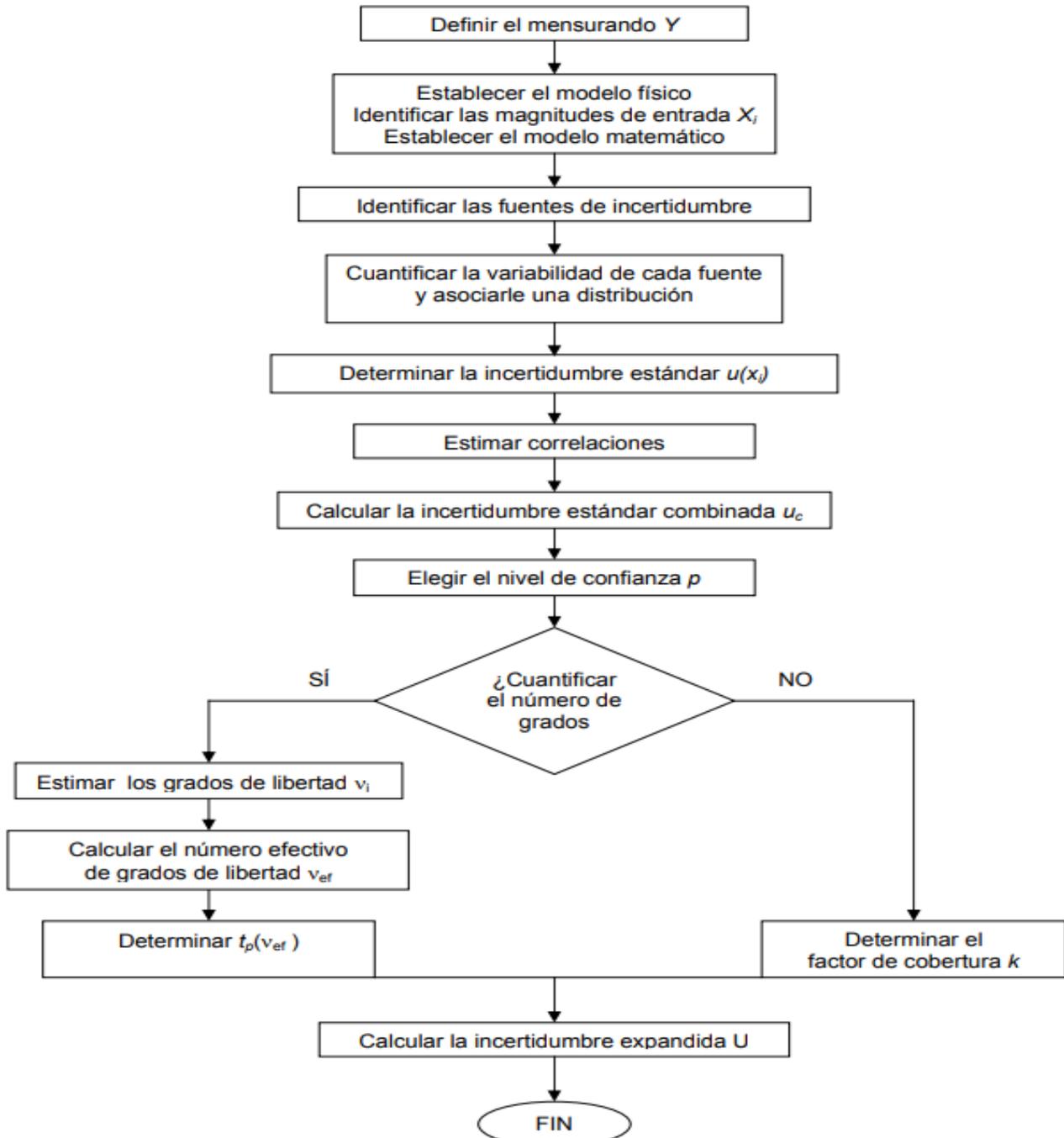
Utilizaremos el modelo propuesto por el laboratorio primario cenam para la estimación de  $U^{3,5}$ .



"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

Figura 23. Utilizaremos el modelo propuesto por el laboratorio primario cenam para la U

### Diagrama para la estimación de incertidumbres de medición



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Definir el mensurando Y: Lámina de acero calibre 7

Establecer el modelo físico identificar las magnitudes de entrada  $X_i$ , establecer el modelo matemático<sup>3,5,19,15</sup>.

$$D = f ( U_{x1}, U_{x2}, U_{x3},, U_n)$$

Identificar las fuentes de incertidumbre

$U_{\text{repetibilidad}}$

$U_{\text{penetrador}}$

$U_{\text{calibración}}$

$U_{\text{resolución}}$

Cuantificar la variabilidad de cada fuente y asociarle una distribución:

Variable de entrada U	Incertidumbre Estándar	Tipo
Repetibilidad	$u_{\text{repetibilidad}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$	A
Penetrador	$u_{\text{penetrado}} = \frac{U}{2}$	B
Calibración	$u_{\text{calibración}} = \frac{\text{calibración}}{2}$	B
Resolución	$u_{\text{resolución}} = \frac{\text{resolución}}{\sqrt{6}}$	B



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Notas:

- El denominador 2 proviene del factor de cobertura K

Las Fuentes de error, variables contribuyentes de la U, incluidas en el modelo matemático como variables de entrada, deben asociarse como distribuciones de probabilidad<sup>19</sup> que son las que nos permiten establecer toda la gama de probabilidad que pueden ocurrir con los datos obtenidos y describen la probabilidad que se repita en el futuro, para los errores aleatorios se les considera tipo A y a los errores sistemáticos se les considera tipo B<sup>15,18</sup>.

A32.4 “Factor de Cobertura ‘k - factor numérico usado como multiplicador de la incertidumbre estándar combinada para obtener una incertidumbre expandida. Nota: El factor de cobertura se encuentra típicamente en el intervalo de 2 a 3” [ISO GUM]<sup>19</sup>

Determinar la Incertidumbre estándar  $U_{xi}$

Variable de entrada U	Incertidumbre Estándar	Tipo	Distribución de probabilidad
Repetibilidad	$u_{repetibilidad} = \frac{S}{\sqrt{n}}$	A	Normal
Penetrador (Ver anexo A y B)	$u_{penetrado} = \frac{U}{2}$	B	NMX B 119
Calibración (Ver anexo C)	$u_{calibración} = \frac{calibración}{2}$	B	Normal
Resolución	$u_{resolución} = \frac{resolución}{\sqrt{6}}$	B	Rectangular



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

La distribución rectangular o distribución uniforme se utiliza cuando no se conoce el comportamiento de la variable, este tipo de U da la misma oportunidad de que la variable se encuentre al centro de la distribución como en los extremos<sup>14</sup>.

Las distribuciones triangulares para variables, de las cuales conocemos su comportamiento, sabemos que se encuentra al centro de la distribución como es el caso de un error máximo permitido.

Estime la correlación:

Variable de entrada U	Incertidumbre Estándar	Valores obtenidos	Tipo	Distribución de probabilidad
Repetibilidad	$u_{repetibilidad} = \frac{s}{\sqrt{n}}$	0,2	A	Normal
Penetrador	$u_{penetrado} = \frac{U}{2}$	0,25	B	NMX B 119
Calibración	$u_{calibración} = \frac{calibración}{2}$	0,255	B	Certificado
Resolución	$u_{resolución} = \frac{resolución}{\sqrt{6}}$	0,408	B	Rectangular
R = 0,90; Fuerte adherencia y correlación				



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Calcular la incertidumbre estándar combinada  $U_c$

En el caso de magnitudes de entrada no correlacionadas, la incertidumbre combinada  $U_c(y)$  se calcula por la suma geométrica de las contribuciones particulares<sup>3,5,15,18</sup>:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y)$$

$$U_c = \sqrt{U_{repetibilidad}^2 + U_{penetrador}^2 + U_{calibración}^2 + U_{paralaje}^2 + U_{resolución}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,2^2_{repetibilidad} + 0,25^2_{penetrador} + 0,255^2_{calibración} + 0,408^2_{resolución}}$$

$$U_c = \sqrt{0,333989}$$

$$U_c = 0,5779178$$



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Variable de entrada U	Incertidumbre Estándar	Valores obtenidos	Distribución de probabilidad
Repetibilidad	$u_{repetibilidad} = \frac{s}{\sqrt{n}}$	0,2	Normal
Penetrador	$u_{penetrado} = \frac{U}{2}$	0,25	NMX B 119
Calibración	$u_{calibración} = \frac{calibración}{2}$	0,255	Certificado
Resolución	$u_{resolución} = \frac{resolución}{\sqrt{6}}$	0,408	Rectangular

Elegir el nivel de confianza

$1 - \alpha = 0,95$  al 95% de confianza

Calcular la U expandida;  $Y = y \pm U$

y es el valor medido

U expandida = 2 U<sub>c</sub>

U expandida = 1,16 DRC, a dos cifras significativas.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

La expresión del resultado es  $40,20 \pm 1,16$  DRC, con  $k=2$ , al 95% de confianza.

Cuantificar el número de grados:

$$V_{EFF} = \frac{U^4_c(Y)}{\sum_{i=1}^N \frac{U^4_i(Y)}{V_i}}$$

Variable de entrada U	Incertidumbre Estándar	Valores obtenidos	Tipo	Distribución de probabilidad	Estimar los n
Repetibilidad	$u_{repetibilidad} = \frac{s}{\sqrt{n}}$	0,2	A	Normal	4
Penetrador	$u_{penetrado} = \frac{U}{2}$	0,25	B	NMX B 119	4
Calibración	$u_{calibración} = \frac{calibración}{2}$	0,255	B	Certificado	4
Resolución	$u_{resolución} = \frac{resolución}{\sqrt{6}}$	0,408	B	Rectangular	4

“En el análisis de datos de medición, presentamos el resultado de un proceso de medición, mostrando el resultado de la medición y su incertidumbre. En la mayoría de los casos el mensurando no es directamente medible, sino que depende de otras cantidades medibles<sup>14</sup>, a través de una función que generalmente es no lineal<sup>3</sup>. En este caso, la determinación de la incertidumbre expandida de la estimación del mensurando se obtiene haciendo uso de una estadística, cuya distribución se desconoce, pero se aproxima por una distribución t de Student, en la que el número de grados de libertad se obtiene, de acuerdo con la recomendación de la GUM, utilizando la aproximación de Welch-Satterthwaite. A este número de grados de libertad se le conoce como el número efectivo de grados de libertad”<sup>11,19</sup>.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

$$V_{EFF} = \frac{0,5779178^4}{\frac{0.2^4}{4} + \frac{0.25^4}{4} + \frac{0.255^4}{4} + \frac{0.408^4}{4}} = 12,45$$

$$V_{EFF} = \frac{0,5779178^4}{\frac{0.2^4}{4} + \frac{0.25^4}{4} + \frac{0.255^4}{4} + \frac{0.408^4}{4}} = 12,45$$

Por lo tanto, de tablas de distribución t Student con 12 grados de libertad y 95% de confianza se obtiene el factor de cobertura = 2.

Figura 55. Tabla de distribución T Student.

Grados de libertad v	Fracción p en por ciento					
	68,27 <sup>(a)</sup>	90	95	95,45 <sup>(a)</sup>	99	99,73 <sup>(a)</sup>
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66	235,80
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
5	1,11	2,02	2,57	2,66	4,03	5,51
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71	4,90
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50	4,53
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36	4,28
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25	4,09
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17	3,96
11	1,05	1,80	2,20	2,25	3,11	3,85
12	1,04	1,78	<b>2,18</b>	2,23	3,05	3,76
13	1,04	1,77	2,16	2,21	3,01	3,69



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Presupuesto de  $U^{12,18}$ , mediante este presupuesto muestra los valores de los contribuyentes y sus aportaciones, este análisis de mediciones tiene la finalidad de realizar las acciones de mejora según la variable y su contribución

Donde se visualiza que el valor sistematico del proceso de resolución se le atribuye el 50% de contribución de desviación.

Determinación de la contribución	Símbolo	Tipo de Evaluación	Distribución de probabilidad	Variación límite en unidades de referencia	Coefficientes de sensibilidad	Variación límite en unidades de magnitud	Componentes de la Incertidumbre
Repetibilidad	$u_{repetibilidad}$	A	Normal	0,447	1	0,2	0,040
Penetrador	$u_{penetrado}$	B	NMX B 119	0,5	1	0,25	0,063
Calibración	$u_{calibración}$	B	Certificado	0,54	1	0,255	0,065
Resolución	$u_{resolución}$	B	Rectangular	1	1	0,408	0,166



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## REGLA DE DECISIÓN

En muchas ocasiones el resultado de ensayos o calibraciones realizados con laboratorios acreditados conforme la Norma Mexicana NMX EC17025 IMNC queda a decisión del cliente la conformidad del resultado puesto que en términos de calidad quién está obligado a conocer y analizar en conjunto con el laboratorio acreditado la manera en la que se deberá practicar la regla de decisión, en el tema anterior se dio a saber cómo reducir el valor intrínseco de la medición que es la incertidumbre de medida y un ejemplo base para realizar el cálculo, conforme la Norma Mexicana citada como base.

Razón de esta investigación dar a conocer los lineamientos que tanto debe conocer el usuario para solicitar y gestionar la conformidad de su producto y a su vez supervise todas las etapas de organismo EC, de esta forma se puede auxiliar en la interpretación y aplicación de la regla.

En esta parte se dará a conocer la manera de reducir los errores de medición, como se miden esos errores conforme la normativa aplicada en México y su expresión a manera de incertidumbre, se dará a conocer cómo se determina la conformidad o no conformidad de un producto.

Los siguientes párrafos sustenta la regla de decisión:

En el apartado 7 de la norma NMX EC17025 IMNC<sup>22</sup>, hace mención que los acuerdos entre cliente y laboratorio, este último es el responsable de darle a conocer que se debe practicar la regla de decisión.

La cláusula 7.1.3 nos hace ver que el cliente es quien solicita la declaración de conformidad y es aquí donde se precisa que el cliente debe tener pleno conocimiento la regla de decisión y esta se aplique a los resultados obtenido por el EC<sup>22</sup>, aquí hay una excepción por parte de los



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

laboratorios de calibración quienes pueden por dar una interpretación de la conformidad de su servicio, por la única razón de mostrar los resultados a manera de gráfico y pueda ser entendido el riesgo al que está sometido el instrumento.

La cláusula 7.8.3.1b<sup>22</sup> indica que los laboratorios de ensayo para facilitar la interpretación del resultado pueden utilizar declaratorias de conformidad, siendo estas compatibles con los requisitos del cliente teniendo en cuenta:

- a) Las tolerancias y límites de especificación provengan de alguna norma o reglamentación.
- b) Se debe documentar por medio de un contrato o escrito a manera de acuerdo la regla de decisión y su desenlace.
- c) Deben quedar establecidas las tolerancias e incertidumbres a analizar conforme los requerimientos del cliente y basados en la NMX EC 17025 IMNC<sup>22</sup>.
- d) Los detalles y complejidad de la regla de decisión deben quedar detallados en el informe de resultados, de la siguiente manera:

1.1 indicar el nivel de riesgo y sustento estadístico a utilizar conforme lo indicado en 7.8.6.1

La Norma NMX EC 17025 IMNC<sup>22</sup>, expresa en los apartados de emisión de informes o certificados que debe realizarse la declaración de conformidad en función de la regla de decisión.

1.2 El laboratorio debe informar sobre la declaración de la conformidad 7.8.6.2<sup>22</sup>.

- a) Los resultados de la conformidad.
- b) Qué se tomó como sustento para llegar a la conformidad.
- c) La regla de decisión aplicada, considerar si esta fue tomada de una especificación o norma.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Por último, antes de pasar al ejemplo práctico dos situaciones relevantes que estén sujetas a autorizar o realizar la aplicación de la regla de decisión y posterior a la declaración de conformidad.

En el punto 7.8.7 que lleva como título “Información sobre opiniones e interpretaciones<sup>22</sup>”

- a) Las opiniones e interpretaciones deben ser realizadas por personal competente que a su vez sustente las opiniones o libere la declaración respectiva la cual debe ser documentada 7.8.7.1.
- b) Opiniones e interpretaciones en el informe de resultados solo deben ser del ítem ensayado identificado claramente.

Se realizará la ejemplificación de dos casos distintos de la aplicación de la regla de decisión, no se detallará la documentación más que lo que por objetivo se tiene en este trabajo, que es mostrar cómo llegar y la aplicación de la regla de decisión para dar la conformidad o no conformidad de un producto o calibración de un instrumento de medición.

Para esto nos apoyaremos en la guía que propone la norma ILAC<sup>14</sup>.

Para el caso compartido del 50 % de riesgo entre el usuario y el laboratorio acreditado.

“Cuando se proporciona una declaración de conformidad con una especificación o norma, el laboratorio debe documentar la regla de decisión aplicada, teniendo en cuenta el nivel de riesgo (tales como una aceptación o rechazo incorrectos y los supuestos estadísticos) asociado con la regla de decisión empleada y aplicar dicha regla”.

Nota: Cuando el cliente es quien prescribe la regla de decisión, o se prescribe en reglamentos o se utilizan documentos normativos, no es necesario considerar adicionalmente el nivel de riesgo.



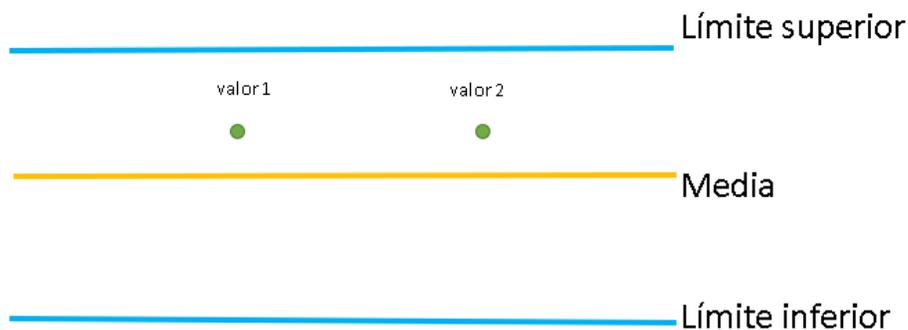
“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

A continuación, se dará detalle de la interpretación del párrafo anterior, “El laboratorio debe documentar la regla de decisión aplicada” para documentar la regla de decisión, es porque de antemano se tiene un procedimiento de la regla utilizada por el laboratorio y bajo que lineamientos normativos se sustenta la regla de decisión al tener un procedimiento establecido, es de suponer que la trazabilidad de la información quedara en resguardo.

## RIESGO SIMPLE O RIESGO COMPARTIDO

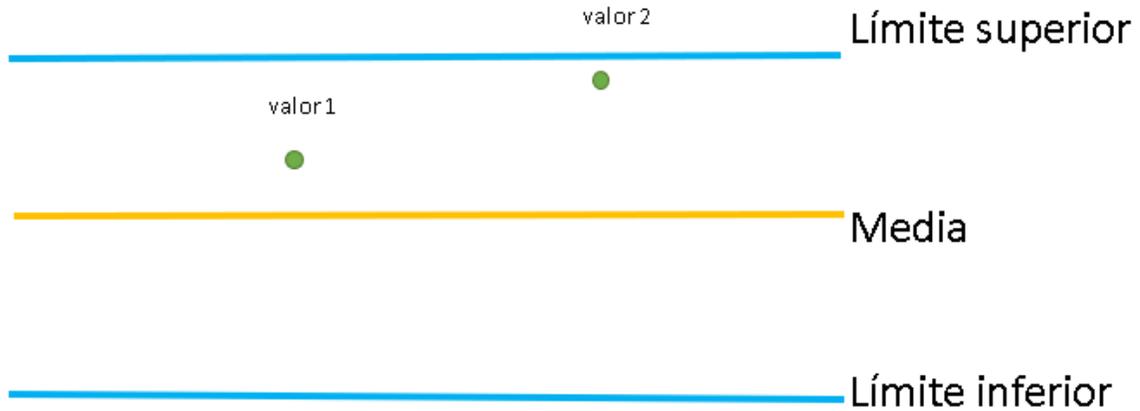
Empecemos con el más sencillo, cuando el cliente no solicita se aplique la regla de decisión significa que el laboratorio de calibración o ensayo solo proporciona el resultado obtenido según el alcance evaluado así tanto el cliente como el laboratorio absorben la regla bajo su propio riesgo de las consecuencias erróneas, es decir si al graficar sin la incertidumbre esta no puede ser observada si se encuentra dentro de los límites de especificación o fuera de estos, no importando en que porcentaje se da por aceptado al cliente, quien determina la aceptación de conformidad o no conformidad<sup>15</sup>.

*Figura 56. la siguiente figura nos muestra dos valores obtenidos de mediciones diferentes, las cuales no se tiene más información asumiendo el riesgo de aceptar una especificación cuando probablemente esta no cumpla. Ambos se encuentran en la zona de conformidad.*



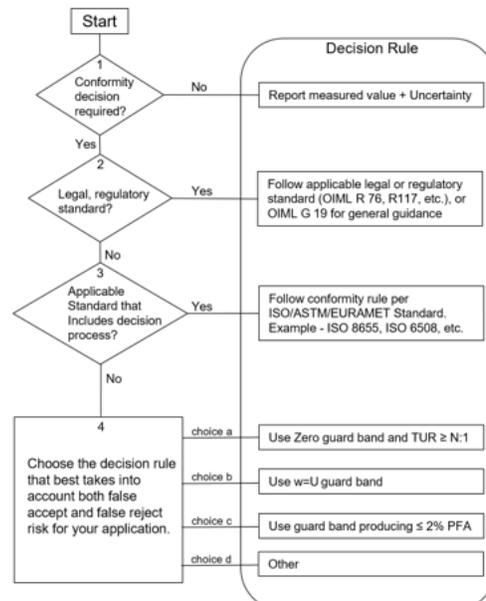
“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 57. la siguiente figura nos muestra dos valores de distintas mediciones; una de ellas está por salirse del intervalo de conformidad, pero sin la aplicación de la conformidad se sume que lo evaluado cumple con una probabilidad que esta no lo sea.



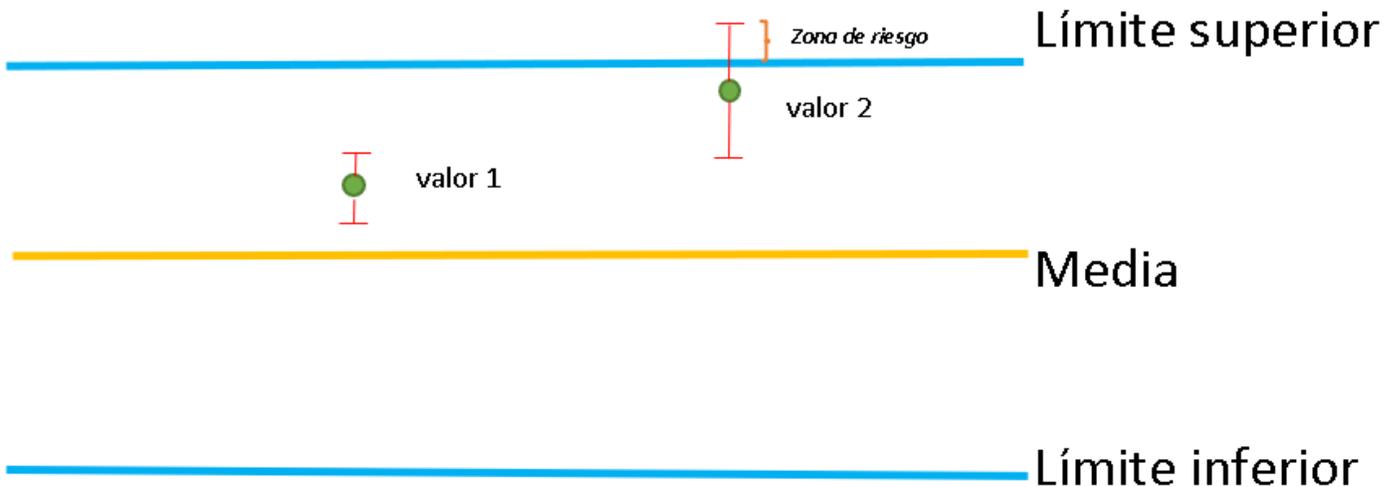
Según la ILAC nos hace ver que en caso de que el cliente no requiera la aplicación de la regla solo se debe reportar el valor de la medición más su incertidumbre.

Figura 58. Usaremos la guía expresa publicada por la ILAC.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Figura 59. la siguiente muestra dos valores obtenidos por diferentes mediciones donde el valor 2 integra el valor de incertidumbre y este por la misma rebasa el intervalo de conformidad generando una zona de riesgo y no cumplen para el propósito.



Los valores de las mediciones tal como lo solicita la norma deben de ir acompañados de su U, cuando es graficado se observa que el intervalo de U puede estar dentro de los límites de aceptación o bien puede generar una zona de riesgo al sobre pasar por encima o debajo de los límites de especificación por lo cual la ILAC oferta la siguiente ecuación donde el criterio conforme el análisis de las mediciones será evaluar el índice de capacidad  $CM^{15}$ .

$3 < CM = \frac{\text{tolerancia}}{2U} \leq 10$  La norma 17025 define como se toma la U de medida cuando se declara una conformidad con un requisito especificado.

Para el caso de calibraciones se utiliza el índice de capacidad de la siguiente forma  $3 < CM = \frac{\text{especificación}}{U} \leq 10$  la cual caracteriza la calidad de la calibración respecto a un requisito especificado “el error máximo permitido o tolerado del instrumento”.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Una incertidumbre apropiada o aceptada que se pueda utilizar en los cálculos de los CM, lo ideal como se solicita en la metrología legal es un 1/3 del erro máximo tolerado, por lo que de no contarse con esté el riesgo de decisión equivocada aumenta, por lo que debemos tener una U de medida menor o igual a la U máxima aceptable.

Al medir un patrón o instrumento la estimación del error debe satisfacer:

$$|e| \leq E_{max}$$

Y la u expandida asociada al error e, satisfaga:

$$U \leq U_{max} = \frac{E_{max}}{3}$$

En términos de uso de capacidad de medición CM, significa que:

$$CM \geq 3$$

Utilizando lo anterior y haciendo uso de la regla de decisión cuando este aplique y teniendo en consideración que se tiene dos variables las cuales aportarán valores que serán sustituidas en la ecuación... siendo la U y su tolerancia. Utilizando el ejemplo de la medición de dureza Rockwell C “DRC “del caso 1.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

Datos:

Acero: 4140

Valor obtenido =

Tolerancia: 24 a 32 DRC

$U = 1,16$  DRC, con  $k = 2$ , para un nivel de confianza del 95,45 % y un nivel de riesgo específico de 2,5%.

Haciendo uso de la ecuación de la regla de decisión e índice de capacidad CM solicitada por la NMX EC 17025 IMNC para la evaluación de la conformidad.

$$3 < CM = \frac{\text{tolerancia}}{2U} \leq 10$$

Sustituyendo

$$CM = \frac{8}{2(1,16)} = 3,44$$

El valor obtenido es mayor de 3 por lo que esta medición cumple para el propósito y se concluye la conformidad de la medición.

Notas que pueden acompañar el informe de declaración de conformidad.

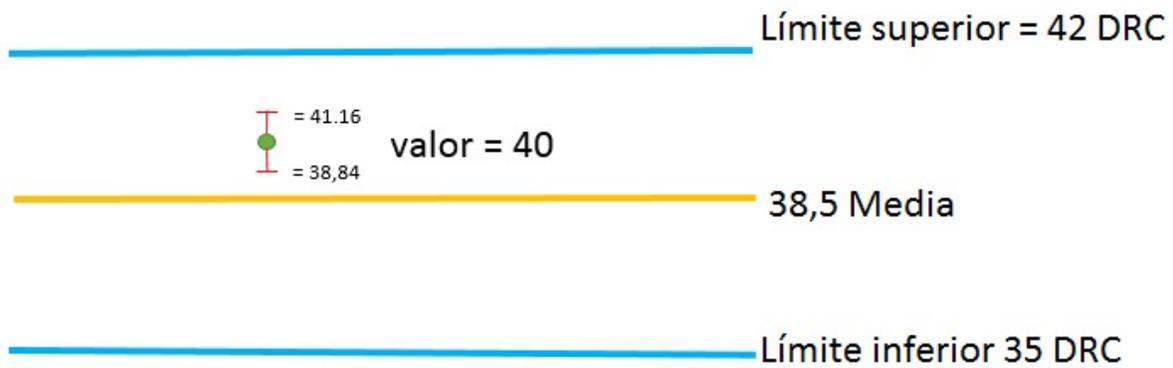
- a) La incertidumbre  $k=2$  expandida es aplicada en los resultados obtenidos
- b) Se considera un resultado conforme cuando el resultado se incluye en la incertidumbre expandida y este dentro de los límites de tolerancia.
- c) Se considera el resultado de medición no conforme cuando se incluye su incertidumbre expandida y se encuentre fuera de los límites de aceptación establecidos.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

- d) El laboratorio no declarara conformidad en el informe de resultados cuando el resultado de la medición este cerca de los límites de tolerancia y su incertidumbre expandida ponga en duda la conformidad del requisito establecido.

Figura 60. La siguiente gráfica nos demostrara lo estimado anteriormente.



## Conclusiones

Las empresas y usuarios en general no utilizan la regla de decisión como el medio viable para la evaluación de la conformidad de sus productos o materias primas, este ejercicio es obligatorio realizarlo conforme a la ley de infraestructura de la calidad, estas prácticas permiten estar en niveles de calidad competitivos que por las nuevas reformas en los tratados internacionales mencionados en el portal de la secretaria de economía nos permiten tener una perspectiva de lo que otros países realizan de manera cotidiana y de lo que debemos realizar.

La incertidumbre de medida es base como valor numérico en la práctica de la evaluación de la conformidad, conforme las investigaciones realizadas en las empresas este parámetro asociado a la medición no es utilizado como debiera o bien es omitido como una herramienta de ayuda para evaluar la calidad y otra no menos importante el poder visualizar los rubros que en la metrología se refieren a gestionar las acciones de mejora como se muestran en los presupuestos de incertidumbre. Este trabajo intenta denotar la regla de decisión, puede iniciarse de manera metodológica mediante el caso 1, haciendo notar que el tratamiento puede cambiar según el mensurando evaluado.

Valores significativos para la regla de decisión, límites tolerables, el valor asociado a la medición incertidumbre expandida  $k=2$ , el uso de la ecuación proporcionada y validada por normativa internacional y nacional es el índice de capacidad.

Se debe hacer hincapié que esta guía puede servir para usuarios de laboratorios de ensayo de calibración acreditados así mismo para usuarios que deben dar a conocer la aplicación de la regla de decisión, las condicionales y el usuario debe solicitar con conocimiento la aplicación de la regla y comprender el proceso por el cual se obtendrá el resultado de conforme o no conforme.



## REFERENCIAS

1. ASM HANDBOOK. (1990). PROPERTIES AND SELECTION: IRONS, STEELS, AND HIGH-PERFORMANCE ALLOYS.
2. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. (2020). LEY DE INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD. (art 3 fracción I al IV).  
[https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LICal\\_010720.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LICal_010720.pdf).
3. CENAM. (2002). INCERTIDUMBRE EN LA CALIBRACIÓN DE INDICADORES DE CUADRANTE.  
[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ejercestim\\_cindcuad%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ejercestim_cindcuad%20(1)%20(1).pdf).
4. CENAM. (2009). Sistema Internacional de Unidades.  
<cenam.mx/siu.aspx#:~:text=Con%20objeto%20de%20garantizar%20la,adoptó%20el%20Sistema%20Métrico%20Decimal>.
5. CENAM. (2014). Guía Técnica de Trazabilidad Metroológica e U de Medida en Metrología Dimensional, Qro. México.
6. DIRECCION GENERAL DE NORMAS. (1974). NMX-B-118-1974 "DETERMINACION DE LA DUREZA VICKERS EN MATERIALES METALICOS". <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1974/nmx-b-118-1974.pdf>.
7. DIRECCION GENERAL DE NORMAS. (1983). NMX-B-119-1983 INDUSTRIA SIDERURGICA-DUREZA ROCKWELL Y ROCKWELL SUPERFICIAL EN PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO-METODO DE PRUEBA.  
<http://ebc.uteq.edu.mx/images/rep/PROGRAMAS%20EDUCATIVOS/INGENIERIA%20MANTENIMIENTO%20INDUSTRIAL/MATERIAL%20DIDACTICO/OCTAVO/2%20Ensa>



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

- [yos%20destructivos%20IMI%202009/2%20Articulos%20Ensayos%20destructivos/nmx-b-119-1983\(DUREZA\).pdf.](#)
8. Donna C. S. Summers. (2006). Administración de la calidad.
  9. EMA. (2021). Tabla de expresión de las Capacidades de Medición y Calibración (CMC) de un laboratorio de calibración acreditado. [http://consultaema.mx:75/Directorio\\_LC/PDFs/T-115\\_completa.pdf](http://consultaema.mx:75/Directorio_LC/PDFs/T-115_completa.pdf).
  10. ema. (2022). Ensayos de Aptitud. [https://www.ema.org.mx/portal\\_v3/index.php/programas-de-ensayos-de-aptitud](https://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php/programas-de-ensayos-de-aptitud).
  11. Enrique Villa Diharce. (2004). EL NÚMERO EFECTIVO DE GRADOS DE LIBERTAD. <https://www.cenam.mx/simposio2004/memorias/TA-132.pdf>.
  12. EURACHEM. (2005). MÉTODOS ANALÍTICOS ADECUADOS A SU PROPÓSITO, Guía de Laboratorio para la Validación de Métodos y Temas Relacionados. <http://cmap.upb.edu.co/rid=1SR8GPHG4-27FVCZV-15M/Eurachem-Guia-Validacion-CNM-MRD-030-2da-Ed.pdf>.
  13. EURAMET. (2008). METROLOGÍA ABREVIADA. <https://www.cem.es/sites/default/files/metrologia20abreviada.pdf>.
  14. Ignacio Hernández Gutiérrez & Rubén J. Lazos Martínez. (2015). LA VALIDACIÓN DE MÉTODOS: UN ENFOQUE PRÁCTICO. <https://www.cenam.mx/simposio2004/memorias/TA-090.pdf>.
  15. Ilac. (2019). Guía para establecer reglas de decisión en la declaración de conformidad. <https://www.enac.es/documents/7020/6687b5b1-5dbd-4b7a-8f01-e9ccd71ca202?version=1.0>.
  16. James R. Evans & William M. Lindsay. (2008). Administración y control de la calidad.



"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

17. MITUTOYO. (2020). MITUTOYO\_Catalogo\_2020.pdf.  
[https://suministroidtec.com/catalogos/mitutoyo/MITUTOYO\\_Catalogo\\_2020.pdf](https://suministroidtec.com/catalogos/mitutoyo/MITUTOYO_Catalogo_2020.pdf).
18. Norma Oficial Mexicana. (2002) NOM 008 SCFI. SISTEMA GENERAL DE UNIDADES DE MEDIDA.
19. Norma Oficial Mexicana. (2002). NMX - CH – 140 - IMNC, Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones.
20. Norma Oficial Mexicana. (2004). NMX – CH - 02-IMNC Instrumentos de medición dimensional-Calibradores tipo vernier y medidores de profundidades- Diseño y requisitos.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=673972&fecha=04/03/2004](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=673972&fecha=04/03/2004).
21. Norma Oficial Mexicana. (2005). NMX-CH-141-IMNC. Especificaciones Geométricas de producto (GPS) Instrumentos de Medición dimensional – Medidores de altura- Requisitos de diseño Metrológicos.
22. Norma Oficial Mexicana. (2006). NMX- EC- 17025-IMNC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
23. Norma Oficial Mexicana. (2012). NMX – Z - 055-IMNC. Vocabulario Internacional de metrología-Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM).
24. Rubén J. Lazos Martínez. (2006). MEDICIONES CONFIABLES EN LA PRÁCTICA DE LA INGENIERÍA. <https://studylib.es/doc/8825036/-cenam-vc-20060831-notas>.
25. Taylor BN & Kuyatt CE. (1994). Directrices para evaluar y expresar la incertidumbre de los resultados de medición del NIST. Washington DC.
26. U A J. (2002). LISTA DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN CUYA VERIFICACIÓN INICIAL, PERIÓDICA O EXTRAORDINARIA ES OBLIGATORIA, ASÍ COMO LAS





**ANEXO B**

NMX-B-119-1983

soporte, se requiere una prueba de funcionamiento. En esta prueba el penetrador de diamante debe usarse en una máquina en la cual han sido verificados la aplicación de la carga y el dispositivo medidor de profundidad. Se deben hacer cinco impresiones en un bloque patrón. La media de estas cinco lecturas de dureza no debe diferir del promedio del bloque patrón de prueba en más de la cantidad indicada en la tabla 11.

**TABLA 11.- Desviación permisible en lecturas de dureza para penetradores de diamante verificados.**

Para lecturas de dureza en el orden de:	Desviación permisible, Unidades Rockwell
c 63	$\pm 0.5$
c 25	$\pm 1.0$
30 N 80	$\pm 0.5$
30 N 45	$\pm 1.0$

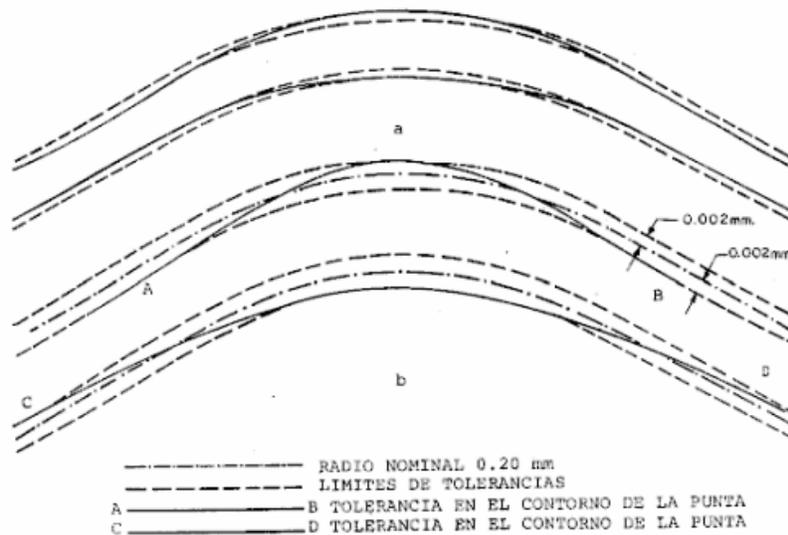


Figura 5.- Tolerancia en el contorno del penetrador esfero-cónico de diamante.



“2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México”

## ANEXO C



# Calibración Nacional Mexicana

OLIMPO MANUEL GÓMEZ JASSO

Gitana, Mz. 87 Lt. 8 No. 445, Col. Del Mar Tláhuac 13270 Ciudad de México  
 Tel/fax: (55) 58-50-92-20/65-49-25-13, E-mail: [olimpogomez@yahoo.com.mx](mailto:olimpogomez@yahoo.com.mx)

Equipo utilizado en la calibración

Tabla 1: Datos de los Materiales de Referencia Certificados

FOLIO  
DZA-21-233

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6
ESCALA	HRC	HRC	HRC	HRB W	HRB W	HRB W
MARCA	MRC	MRC	MRC	MRC	MRC	MRC
CERTIFICADO	6257995	6272007	6274337	1650655	1264293	1791623
Nº DE SERIE	6257995	6272007	6274337	1650655	1264293	1791623
VALOR NOMINAL	25.73	47.81	64.30	37.81	73.77	91.85
INCERTIDUMBRE	0.39	0.33	0.31	0.37	0.28	0.39
CARGA (N)	1471.0	1471.0	1471.0	980.7	980.7	980.7
TOLERANCIA (HR)	1.0	1.0	0.5	2.5	2.5	1.0
TRAZABILIDAD	N.I.S.T	N.I.S.T	N.I.S.T	1.5	N.I.S.T	N.I.S.T
CALIBRACION	2019-11-18	2020-08-18	2020-08-18	2018-02-02	2020-08-18	2020-08-18

Instrumentos Auxiliares	Marca	Modelo	Fecha de calibración	U
Termómetro	STEREN	TR-100	2020-04-02	0.22 °C
Cronómetro	DIAMOND	505	2020-06-03	0.0203 s

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN :

Tabla 2: Repetibilidad y Máxima desviación o error de la Máquina probadora de dureza

	Dureza media de la máquina probadora de Dureza Promedio (X)	Incertidumbre expandida de la medición $\pm U_{HRCmax}$	Incertidumbre del Bloque patrón $\pm U_{HRC}$	Repetibilidad del equipo calibrado (r) ver criterio de aceptación	Desviación o error de la máquina calibrada en comparación al bloque patrón de referencia	Desviación de la máquina incluyendo la incertidumbre y el mensurado $\Delta H_{HRCmax}$	Máxima desviación o error permitido por la Norma ISO 6506, en unidades Rockwell (+)	Escala
BLOQUE 1	25.4	0.71	0.39	0.8	-0.37	1.1	1.5	HRC
BLOQUE 2	47.8	0.75	0.33	1.0	-0.25	1.0	1.5	
BLOQUE 3	63.9	0.54	0.31	0.2	-0.42	1.0	1.5	HRB W
BLOQUE 4	39.1	0.86	0.37	1.8	1.27	2.1	4.0	
BLOQUE 5	73.4	0.64	0.28	0.4	-0.41	1.1	3.0	
BLOQUE 6	91.9	0.59	0.39	0.2	0.03	0.6	2.0	

DATOS DEL PENETRADOR:		MARCA	Trazabilidad	SERIE	CARGAS APLICADAS EN CALIBRACIÓN		
TIPO:	DIAMANTE DE 120°	S/M	No Indicada	S/N	ESCALA:	HRC	150 kg
TIPO:	BOLA 1/16"	S/M	No Indicada	S/N	ESCALA:	HRB W	100 kg
TIEMPO DE REPOSO DE LA CARGA TOTAL:				4	s		

NOTA 1: La incertidumbre "asociada al instrumento" se refiere a la incertidumbre de todo lo que implica el mensurado.

NOTA 2: Las incertidumbres están dadas en unidades de dureza Rockwell

NOTA 3: La incertidumbre que se debe considerar es la del valor más alto.

NOTA 4: Los datos obtenidos en este certificado están basados en un método de calibración indirecta, bajo los requisitos del procedimiento de calibración PRO-DT-DZ-5.04.06-01 en su versión vigente.

Nota 5: Los resultados de este certificado se relacionan únicamente con el instrumento descrito en este documento y son válidos en las condiciones bajo las cuales se realizó la calibración.

Este certificado de calibración no puede ser alterado o reproducido en forma parcial, cualquier modificación invalidará este documento en su totalidad, solo es válido para el instrumento referenciado.

FOR-DT-DZ-CCHR-5.10-001-03

PAGINA 2/3



TELF. (0155) 5850-8220/ 6543-2513



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL  
 DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
 TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI

"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México"

### ANEXO D



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI