



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA PINZA  
AMPERIMÉTRICA 378FC"**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**

**PRESENTA:**

**PASANTE DE INGENIERÍA GÓMEZ VÁZQUEZ ALDAIR**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. MARCO ANTONIO CRUZ GOMEZ**

**MATRICULA DE TRABAJADOR:**

Aprobado para continuar  
con el siguiente trámite  
16/01/2024

100301922

**COASESOR:**

Aprobado para continuar con el  
siguiente trámite. 13/11/2023

**DR. GENARO ROBERTO LÓPEZ AGUILAR**

**MATRICULA DE TRABAJADOR:**

**ATENTAMENTE**  
Dr. Cruz Gómez Marco Antonio  
Académico Facultad de Ingeniería  
Núm. de Trabajador 100301922  
mangacruz@live.com  
Cel. 22 23 83 66 74

100234566

**Puebla, Puebla**

**25 DE SEPTIEMBRE DEL 2023**

Aprobado para siguiente trámite  
27 de noviembre de 2023



**BUAP**

No. de Oficio SAC/0162/2024

**C. Aldair Gómez Vázquez -201701375-  
Pasante de Licenciatura en Ingeniería  
Mecánica y Eléctrica  
Presente.**

En atención a la Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA PINZA AMPERIMÉTRICA 378FC”.**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como director de tema al Dr. Marco Antonio Cruz Gómez y como Co Director al Mtro. Genaro Roberto López Aguilar.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**

“Pensar bien, para vivir mejor.”  
H. Puebla de Z. a de 21 de enero de 2024

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zano  
Director



Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
222 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

El que suscribe: Dr. Marco Antonio Cruz Gómez, asesor del tema de tesis

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA PINZA AMPERIMÉTRICA 378FC”.**

Presentada por el C. Aldair Gómez Vázquez -201701375-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/0162/2024 con fecha de emisión 22 de enero de 2024, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 30 de enero de 2024**

**ATENTAMENTE**  
  
**Dr. Marco Antonio Cruz Gómez**  
**Asesor de Tema**  
Dr. Cruz Gómez Marco Antonio  
Académico Facultad de Ingeniería  
Número de identificación 100301922  
marcruz@live.com  
Cel. 22 23 83 66 74

**D'MACG/barv**  
**C.c.p. Archivo**

## **DEDICATORIAS.**

**A OMAR CARIDAD GOMEZ HERNÁNDEZ,**

**EVELIN VAZQUEZ RAMIRO.**

*Por mostrarme que cualquier objetivo puede culminarse pese a cualquier adversidad, así mismo les dedico este momento que culmina tras tantas ilusiones y deseos.*

**A YAHIR GOMEZ VAZQUEZ**

*El cual siempre demuestra un afecto incondicional, que así mismo fortalece mi persona.*

**A VENUSTIANO VAZQUEZ BÁEZ,**

**ÁNGELES RAMIRO RODRIGUES.**

*Que siempre me dieron los consejos sumamente sabios y necesarios para seguir superándome como persona en todas adversidades.*

**A ODIM VÁZQUEZ VÁZQUEZ**

*Por siempre reflejar que mis objetivos puedo consumarlos sin importar el tiempo que estos conlleven.*

**A MIS TIOS**

*Por siempre ser participes en la contribución de todos los logros que he conseguido, en forma incondicional para poder culminarlos en tiempo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso de forma especial y sincera a usted DR. MARCO ANTONIO CRUZ GOMEZ, por su invaluable orientación, revisión, paciencia y compromiso en la mejora de mi trabajo, los cuales fungieron en gran medida a mi crecimiento formativo.

Con profundo agradecimiento y admiración.

[ALDAIR GOMEZ VAZQUEZ ]

## RESUMEN

En esta tesis se realizó un análisis del sistema de trazabilidad implementado en un dispositivo de medición eléctrica, específicamente la pinza amperimétrica 378 FC. Esto nos pudo haber ayudado a identificar las razones por las cuales era conveniente implementar este sistema.

El propósito principal fue utilizar esta información como guía para el conocimiento, abordando los siguientes temas: la trazabilidad en cuanto a su concepto, beneficios y limitaciones; metrología, unidades fundamentales del sistema internacional en términos de parámetros eléctricos; definición de unidades, equipamiento estándar y cómo fueron designados según su importancia; definición de incertidumbre de medida, qué fue la calibración y cuándo realizarla, algunas organizaciones designadas para realizar la calibración de equipos eléctricos y qué nos proporcionaron; normas legales relacionadas; descripción de lo que era un gráfico de trazabilidad y un ejemplo del sistema de trazabilidad implementado en la pinza amperimétrica 378 FC.

Cabe señalar que, en este caso particular de la tesis, se implementó únicamente en la pinza amperimétrica 378 FC, pero como ejemplo guía se podría mejorar e implementar a las necesidades de quienes requerían implementar este sistema en otro dispositivo de medición.

***Palabras clave: Trazabilidad, Sistema, Equipo, Estándar, Metrología, Calibración y Medición.***

## **ABSTRACT**

In this thesis, an analysis was carried out on the traceability system implemented in an electrical measurement device, specifically the 378 FC clamp ammeter. This could help us identify the reasons why it is convenient to implement this system.

The main purpose is to use this information as a guide for knowledge, addressing the following topics: traceability in terms of its concept, benefits, and limitations; metrology, fundamental units of the international system in terms of electrical parameters; definition of units, standard equipment, and how they are designated according to their importance; definition of measurement uncertainty, what calibration is and when to perform it, some designated organizations to perform calibration of electrical equipment, and what they provide us with; related legal standards; description of what a traceability chart is and an example of the traceability system implemented in the 378 FC clamp ammeter.

It should be noted that in this particular case of the thesis, it was implemented only in the 378 FC clamp ammeter, but as a guide example, it can be improved and implemented to the needs of those who require this system to be implemented in another measuring device.

***Keywords: Traceability, System, Equipment, Standard, Metrology, Calibration, and Measurement.***

# ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
1.0.CAPITULO I.....	1
1.1.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.2.Introducción.....	1
1.3.Planteamiento del problema.....	2
1.4.Justificación.....	2
1.5.Objetivo General.....	3
1.6.Objetivos específicos.....	3
1.7.Preguntas de Investigación.....	4
1.8.Hipótesis.....	5
1.9.Alcances y limitaciones.....	6
1.9.1.Alcance.....	6
1.9.2.Limitaciones.....	6
1.10.Antecedentes.....	6
1.11.Marco teórico.....	7
1.12.Metodología de la investigación.....	8

2.0.CAPITULO II.....	10
2.1.TRAZABILIDAD .....	10
2.2.Concepto de trazabilidad.....	10
2.3.Métodos de trazabilidad .....	11
2.3.1.TRAZABILIDAD ASCENDENTE (HACIA ATRÁS).....	11
2.3.2.TRAZABILIDAD INTERNA O TRAZABILIDAD DE PROCESOS .....	12
2.3.3.TRAZABILIDAD DESCENDENTE (HACIA DELANTE).....	13
2.4.Trazabilidad al sistema internacional de unidades. ....	14
2.5.Cifras significativas del instrumento. ....	14
2.6.Patrones.....	18
2.6.1.Patrones de medida.....	18
2.6.2.Tipos de patrones .....	19
2.7.Selección de patrones.....	21
2.8.Manipulación de patrones .....	22
2.9.Calibración periódica de patrones .....	22
2.10.Verificación interna de instrumentos.....	23
2.11.Identificación de cifras significativas del instrumento calibrado bajo el elemento patrón .....	24
2.12.Campos de aplicación de la trazabilidad .....	24
2.13.Trazabilidad del producto .....	24
3.0.CAPITULO III .....	26
3.1.CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS Y TRAZABILIDAD.....	26
3.2.Calibración .....	26
3.3.Trazabilidad .....	26

3.4.Trazabilidad en la calibración de instrumentos .....	27
3.5.Selección de laboratorios de calibración competentes .....	27
3.6.Informes de calibración .....	28
3.7.Requisitos comunes para los Informes (ensayo, calibración o muestreo).....	28
3.8.Requisito de trazabilidad ISO/IEC 17025:2017 .....	30
3.9.Interpretación de la certificación de calibración .....	31
4.0.CAPITULO IV.....	32
4.1.TENDENCIAS DE COMPORTAMIENTO DEL INSTRUMENTO Y RECALL ..	32
4.2.Definición de tendencia .....	32
4.3.Tendencia en instrumentos de medición .....	32
4.4.Evidencias de trazabilidad del instrumento.....	33
4.5.Recall o retiro del producto.....	34
4.6.Evaluación de la efectividad de los programas de trazabilidad y Mock Recall .....	35
5.0.CAPITULO V.....	37
5.1.NORMATIVAS RELACIONADAS CON LA TRAZABILIDAD .....	37
5.2.Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo .....	37
5.3.NMX-CC-9001-IMNC-2015 .....	38
5.4.Requisitos para laboratorios acreditados bajo ISO/IEC17025:2017 .....	39
5.4.1.Imparcialidad .....	39
5.4.2.Confidencialidad .....	39
5.4.3.Requisitos relativos a la estructura .....	40
5.5.Requisitos relativos a los recursos .....	42

5.5.1.Generalidades .....	42
5.5.2.Personal .....	42
5.6.Instalaciones y condiciones ambientales.....	43
5.7.Equipamiento .....	44
5.8.Requisitos para la acreditación de laboratorios bajo norma ISO/IEC17025:2017 .....	47
5.8.1.Requisitos de gestión .....	47
5.8.2.Requisitos técnicos.....	48
5.9.Trazabilidad y estimaciones de incertidumbre.....	48
5.10.Cadena de trazabilidad .....	49
5.11.Trazabilidad y seguridad en la industria 4.0 .....	50
5.11.1.Industria 4.0.....	50
5.11.2.Trazabilidad en la industria 4.0 .....	50
6.0.CAPÍTULO VI.....	51
6.1.PINZA AMPERIMÉTRICA 378 FC Y TRAZABILIDAD.....	51
6.2.Descripción de la pinza amperimétrica 378FC. ....	51
6.2.1.Especificaciones del amperímetro de gancho 378FC .....	53
6.3.Definición.....	57
6.4.La casa de la calidad.....	57
6.4.1.Definición.....	58
6.4.2.Metodología QFD .....	58
6.4.3.Etapas de la casa de la calidad. ....	58
6.5.Resumen de la casa de la calidad.....	60
6.6.Evaluación de la casa de la calidad para la pinza amperimétrica 378FC.....	62

6.6.1.Análisis de la casa de la calidad para la pinza amperimétrica 378FC .....	63
6.7.Beneficios al incorporar la trazabilidad .....	63
6.8.Limitaciones para implementar la trazabilidad .....	65
6.9.Preparación para implementar un sistema de trazabilidad .....	67
6.10.Carta de trazabilidad .....	68
6.11.Definición .....	68
6.12.Elementos .....	69
6.12.1.Referencia al mensurando y al organismo emisor de la carta .....	69
6.12.2.Referencia a los patrones .....	70
6.12.3.Referencia a los métodos o procedimientos .....	71
6.12.4.Información complementaria.....	71
6.13.Ubicación de los elementos en la carta de trazabilidad .....	72
7.0.CAPÍTULO VII.....	74
7.1.LINEAMIENTOS A IDENTIFICAR EN LA TRAZABILIDAD DE LA PINZA AMPERIMÉTRICA 378FC.....	74
7.2.Unidades de medida. ....	74
7.3.Sistema Internacional de Unidades. ....	74
7.4.Centro nacional de metrología. ....	77
7.5.Metrología en la pinza amperimétrica 378FC. ....	79
7.6.Como implementar la metrología para la pinza amperimétrica 378FC. ....	80
7.7.Calibración de la pinza amperimétrica.....	81
7.7.1.Evaluación: .....	81

7.7.2.Preparación: .....	81
7.7.3.Certificación: .....	82
7.7.4.Estimación de la incertidumbre de medición. ....	82
7.7.5.Calculo de incertidumbre de la pinza amperimétrica.....	84
7.8.Reglas para efectuar mediciones. ....	85
7.9.Análisis de Varianza ANOVA. ....	87
8.0. CAPÍTULO VIII.....	89
8.1. NORMATIVIDAD.....	89
8.2.Introducción .....	89
8.3.NOM-008-SCFI-2002 .....	89
8.4.NMX-CC-9001-IMNC-2015 .....	90
8.5.NMX-EC-17025-IMNC-2018.....	91
8.6.NMX-CC-10012-IMNC-2004 .....	91
9.0. CAPÍTULO IX.....	93
9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.....	93
9.2. Sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC. ....	93
9.2.1. Acciones por realizar cuando se adquiere el equipo. ....	93
9.2.2. Acciones por realizar una vez ingresado el equipo en la empresa. ....	93
9.1.3. Acciones por realizar cuando el equipo requiere calibración, mediante diferentes factores que lo denotan. ....	95
9.1.4. Acciones por realizar cuando el equipo regresa de ser calibrado por el organismo al cual se envió. ....	96
9.1.5. Acciones por realizar después de analizar el informe de calibración y la carta de trazabilidad. ....	97

10.0. CAPÍTULO X.....	99
10.1. EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD ....	99
10.2.Conclusión .....	119
10.3.Referencias .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1: Información requerida para la trazabilidad ascendente: .....	12
Tabla 2: Información requerida para la trazabilidad interna: .....	12
Tabla 3: Información requerida para la trazabilidad descendente:.....	13
Tabla 4: Componentes de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. ....	52
Tabla 5: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC .....	53
Tabla 6: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC .....	54
Tabla 7: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC .....	55
Tabla 8: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. ....	56
Tabla 9: Casa de la calidad implementada para la pinza Amperimétrica 378FC con el fin de evaluar la relación existente en los requisitos y los requerimientos de funcionalidad.....	62
Tabla 10: Sistema general de unidades de medida.....	76
Tabla 11: Sistema general de unidades de medida.....	77
Tabla 12: Formulas para realizar el Análisis de varianza de factor .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1: Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC .....	51
Figura 2. Multímetro de precisión de 6,5 dígitos 8845A/8846A .....	79
Figura 3. Protección al realizar mediciones .....	86



## **1.0. CAPITULO I**

### **1.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.2. Introducción**

Dentro de cualquier empresa existen normas que son importantes cumplir para impedir diversas deficiencias, el proceso de ajustar o adaptar características de un producto o procedimiento a dichas normas, se conoce como estandarización; tratándose de los instrumentos de producción, la estandarización funge como base de toda empresa, llevándonos a los ingenieros o al personal de mantenimiento a realizar acciones de examinación en todos los procesos y herramientas automatizadas, así como en el monitoreo de las secuencias por las cuales un producto se desplaza, minimizando errores y proporcionando un producto final de alta calidad al consumidor.

Al momento de realizar las soluciones pertinentes de una posible falla dentro de un sistema de producción, se necesitan equipos especializados para poder corregirlas, al momento en el que un operador utiliza dichos equipos, pretende tener la seguridad de que este se encuentra funcionando correctamente, en la mayoría de los casos esto es cierto pero en casos específicos no lo es, lo cual tiende a provocar fallas recurrentes en los sistemas de producción, accidentes laborales y pérdida instrumental. Por ende, es importante llevar el control completo de los equipos desde su arribo, ubicación, funcionamiento, frecuencia de utilización, tiempo de vida útil y hasta su retiro, lo cual nos permitirá detectar incidencias en cualquier punto de su utilización.

Sin embargo, no solo es importante implementar la estandarización en los instrumentos de producción, sino que también es fundamental hacerlo en los equipos de medición utilizados para brindar mantenimiento y solucionar posibles

fallas; un equipo de medición indispensable para los instrumentos de producción es la pinza amperimétrica 378 FC o amperímetro de gancho, la cual nos proporciona información del comportamiento eléctrico bajo el cual trabajan dichos instrumentos; por esta razón, mediante el presente texto expondré un sistema utilizado para monitorear el funcionamiento del amperímetro de gancho.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Al realizar mediciones eléctricas, uno de los principales problemas que se pueden presentar, es que los usuarios no cuenten con el conocimiento de los parámetros de medición que necesita su equipo, en vista de que una vez adquiridos, estos llegan con los estándares de medición establecidos, además al ser utilizados después de cierto tiempo, tienden a variar su rango de medición y comportamiento, lo cual puede generar mediciones inexactas, análisis erróneos de identificación en los componentes que están fallando, mal funcionamiento de la maquinaria, pérdida instrumental, quema de componentes, descargas eléctricas, cortos circuitos, fallas en cadena, deficiencia en los niveles de producción, gastos económicos, cierre de una empresa, accidentes laborales y la muerte.

### **1.4. Justificación**

El sistema de trazabilidad funge como una herramienta indispensable en la cadena de producción de una empresa, puesto que es la encargada de identificar posibles fallas en el producto final. Cabe reconocer que este sistema mejora el análisis de todos los procesos en su particularidad. Partiendo de esto, la trazabilidad también debe ser aplicada en los equipos especializados dedicados a realizar la producción, en aquellos equipos utilizados en el mantenimiento y cuidado de los anteriores, tal como la pinza amperimétrica que proporciona

lecturas específicas, que identifican fallas particulares, para posteriormente dar solución a estas, las cuales se encuentran dentro de la cadena de producción.

Sin embargo, dado que la implementación de este sistema es aplicada mayormente en la industria alimenticia, resulta común que empresas de sectores diferentes a esta tiendan a obtener deficiencias al momento de identificar un sistema de trazabilidad o lo desconozcan; en este punto, si el usuario o empresa desean ejecutar este sistema, usualmente pueden desplegarse diversas dificultades con la información de los recursos necesarios para implementarlo. Ahora bien, teniendo en cuenta que la mayoría de las máquinas utilizadas en cualquier sector requieren energía eléctrica, es indispensable comprender, realizar y contar con una buena trazabilidad de los equipos de medición eléctricos, como lo es la pinza amperimétrica, de esta forma se identificarán errores en tiempo oportuno, mejorando la funcionalidad de cualquier objeto que requiera de comprobación en su funcionamiento energético y consecuentemente en una cadena de producción.

### **1.5. Objetivo General**

Implementar un sistema de trazabilidad de la pinza amperimétrica 378 FC, para capacitar al personal del área de medición eléctrica con fines de mejorar las condiciones de operación de equipos.

### **1.6. Objetivos específicos**

- A. Implementar un sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones.
- B. Por medio de este escrito proporcionar la información necesaria al personal encargado de monitorear el funcionamiento de la pinza amperimétrica

378FC como una propuesta en el uso apropiado del sistema de trazabilidad para así optimizar su eficacia.

- C. Mejorar la gestión en los registros de calibración y mantenimiento de la pinza amperimétrica 378FC para garantizar su correcto funcionamiento con base al resultado obtenido del Análisis de Varianza Anova.

### **1.7. Preguntas de Investigación**

- A. ¿Cuáles son las características clave que deben tenerse en cuenta al implementar un sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC?
- B. ¿Cómo puede el sistema de trazabilidad garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica 378FC?
- C. ¿Cuál es el impacto que representa contar con capacitación del personal, en las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica 378FC?
- D. ¿Qué impacto podría tener la mejora en la gestión de los registros de calibración, mantenimiento dirigido a la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica 378FC?
- E. ¿Qué medidas de control de calidad se deben implementar para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica 378FC?
- F. ¿Cómo se puede asegurar la trazabilidad de las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica 378FC a lo largo del tiempo?
- G. ¿Cuáles son las habilidades y conocimientos necesarios para el uso adecuado del sistema de trazabilidad de la pinza amperimétrica 378FC?
- H. ¿Cuál es la mejor forma de transmitir la información y conocimientos sobre el uso del sistema de trazabilidad a los operadores de la pinza amperimétrica 378FC?

- I. ¿Cuál es el proceso adecuado para registrar la calibración y el mantenimiento de la pinza amperimétrica 378FC?
- J. ¿Qué herramientas se pueden utilizar para llevar un registro efectivo de la calibración y el mantenimiento de la pinza amperimétrica 378FC?
- K. ¿Cómo se puede garantizar la actualización y accesibilidad de los registros de calibración y mantenimiento de la pinza amperimétrica 378FC para todos los usuarios autorizados?
- L. ¿Qué medidas se pueden implementar para asegurar que la información registrada en el sistema de trazabilidad de la pinza amperimétrica 378FC sea confiable y precisa?

## **1.8. Hipótesis**

La implementación de un sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC puede mejorar la eficacia y precisión en el monitoreo del equipo, el cual nos permitirá una gestión de mayor eficiencia en el mantenimiento, infraestructura y capacitación del personal. Sin embargo, un sistema no calibrado representa deficiencia en los parámetros no controlados.

## **1.9. Alcances y limitaciones**

### **1.9.1. Alcance**

Implementación de un modelo de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC con el objetivo de mejorar sus condiciones de operación. Además, se espera que este, logre ser utilizado como herramienta en la toma de decisiones, gestión, eficiencia del mantenimiento, compensación y operación del equipo.

### **1.9.2. Limitaciones**

Los obstáculos que pueden surgir al implementar la trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC, incluyen; la falta de personal capacitado, privación de recursos económicos para mejora en infraestructura, ausencia en modernización, escasez de certificaciones continuas, y deficiencias de operación del equipo.

## **1.10. Antecedentes**

Los antecedentes de la trazabilidad se remontan a cuando el hombre utilizaba técnicas de marcado en seres vivos. Para el siglo XVII ya se contaba con un sistema de marcaje indeleble de los animales y un certificado sanitario que se aplicaba rigurosamente.

En la antigüedad los estándares de higiene en la elaboración de alimentos presentaban bajos niveles en su exigencia, pero con el surgimiento de las grandes industrias se comenzó a evidenciar la falta de estas. En los inicios de la industria alimenticia, una de las bases del éxito era la rastreabilidad, concepto utilizado para

resolver problemas como el robo de seres vivos, falsificación de productos e identificación de enfermedades en materia prima, no obstante, debido a la deficiencia en las normas de higiene y salubridad en dichas industrias, las enfermedades en los seres vivos comenzaron a generar trastornos en la salud humana y como consecuencia comenzaron a surgir problemas a nivel internacional de esta índole.

La primera crisis en la industria alimenticia surgió en España en los años 2000, causada por la Encefalopatía de Espongiforme Bovina denominada coloquialmente como “enfermedad de las vacas locas”, la cual es una enfermedad que se puede transmitir a el ser humanos a través del consumo de partes de animales infectados. Como consecuencia en las crisis de los alimentos de origen animal, los consumidores comenzaron a exigir productos de alta calidad, surgiendo de esta forma el concepto de trazabilidad como un método que pretende proporcionar la información necesaria para acreditar que un alimento es seguro para el consumo y del mismo modo poder comercializarlo.

Actualmente, la trazabilidad no solo es utilizada en la industria alimenticia, sino que, del mismo modo es aplicada en los sectores que sea requerida, debido a su eficiencia y utilidad, resulta importante implementar un sistema de trazabilidad a cualquier objeto, que este destinado a elaborarse para consumo humano o no.

### **1.11. Marco teórico**

Existen numerosas definiciones de trazabilidad. Una de las más completas es la que utiliza la Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC), que define trazabilidad como "aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas”.

Aun cuando el concepto de trazabilidad no es nuevo en las publicaciones académicas, es a partir de finales de los años noventa, con las crisis alimentarias sufridas en la Unión Europea, cuando la trazabilidad pasa a ser un concepto frecuentemente ligado a la industria alimentaria. De hecho, la trazabilidad se identifica, en muchos casos, como una herramienta que las empresas implementan para certificar que sus productos son seguros desde el punto de vista alimentario, si bien es un concepto aplicable en cualquier industria. (Alfaro Tanco et al., 2007, p. 59)

Los modelos de trazabilidad reconocen tres elementos básicos: Los participantes, las fuentes (documentos y modelos) y los objetos o artefactos para ser trazados. Estos elementos y su evolución se deben identificar explícitamente en cada flujo de trabajo para así controlar y soportar el trazado en las fases del proceso. Por lo tanto, es necesario que un flujo de control de la trazabilidad apoye los flujos de trabajo en cada iteración. Los modelos de trazabilidad se deben generar por iteración para que los grupos de trabajo tomen decisiones acerca del alcance del desarrollo y del impacto del cambio. (Tabares et al., 2007, p. 76)

## **1.12. Metodología de la investigación**

Esta investigación sostiene un enfoque mixto, por lo cual comprende un análisis cuantitativo para poder exponer un informe cualitativo en la interpretación del comportamiento de operación de los datos proporcionados por el objeto de estudio, de modo que al realizar mediciones energéticas el principal problema que se puede presentar es la disparidad en los parámetros proporcionados por el objeto cuando es utilizado sin el conocimiento del estado en el que se encuentra. Sin embargo, con el fin de justificar este estudio, se llevó a cabo una investigación sostenida por documentos relacionados con el sistema de trazabilidad enfocado en dispositivos de medición eléctrica, por otro lado, el alcance de esta

investigación se presenta en carácter descriptivo, el cual refleja cómo implementarlo con dirección al objeto por estudiar, a tiempo de gestión por hipótesis válida de investigación se reconoció a la trazabilidad como sistema, el cual permite que el equipo opere sin disparidades en la medición que realiza en un 100%. Al momento de requerir una predicción del error de operación del objeto es necesario contar con bases de datos de la medición de este.

Ahora bien el sistema de trazabilidad que será implementado para el objeto, podrá proporcionarnos el análisis del informe de los datos de forma cuantitativa puesto que estos fueron obtenidos por uno de los laboratorios encargados de proporcionar certificaciones en México, así mismo el informe nos reflejara la tendencia a fallar del equipo, por otra parte la experiencia con la que el operador cuente en la realización de mediciones, dependerá de la forma en la cual se realicen, por consecuencia se vera reflejada en la vida útil del objeto, del mismo modo la importancia de un sistema de trazabilidad dependerá del entorno en el que se encuentra el objeto y del tipo de precisión que se requiera para cada caso particular.

Una vez identificada la importancia de la trazabilidad en el objeto se utilizo la incorporación de la casa de la calidad, la cual nos refleja cualitativamente los casos mas importantes por considerar, consecuentemente el método utilizado fue mixto, puesto que si no se cuenta con el conocimiento cualitativo de la importancia de la trazabilidad implementada al objeto de medición estudiado, no se puede comprender cuantitativamente la variación de los resultados generados por el instrumento en la grafica de tendencia a falla.

Finalmente, el aprendizaje que proporcionara esta investigación es la comprensión en la importancia y beneficios que aporta implementar el sistema de trazabilidad a equipos de medición eléctrica.

## **2.0. CAPITULO II.**

### **2.1. TRAZABILIDAD**

#### **2.2. Concepto de trazabilidad**

La trazabilidad de un producto se puede definir como la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación, así como la distribución de un determinado producto, con la finalidad de contar con un registro de datos de cada una de dichas etapas. El concepto es aplicable para el sector pecuario agrícola, acuícola y pesquero del país. (Secretaría de Agricultura y. Desarrollo Rural, 2017.)

Es el conjunto de elementos mutuamente relacionados y que interactúan permitiendo el encadenamiento de la información de control de calidad de todos los eslabones de la cadena de abastecimiento a un solo registro del producto. Es decir, un sistema por el cual se le puede seguir el rastro a un producto desde su origen hasta el destinatario. (MARTINEZ BOTIA, 2014.)

La posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo. (GREEN, 2007.)

La trazabilidad es la capacidad de rastrear todos los procesos, desde la adquisición de materias primas hasta la producción, consumo y eliminación, para poder aclarar "cuándo y dónde fue producido qué y por quién". (KEYENCE, 2023.)

Por lo tanto, la trazabilidad, es la capacidad de controlar, identificar y rastrear los procesos por los que un producto transita dentro de una industria, los cuales van desde la adquisición de materia prima hasta su eliminación; como

resultado, mejorar la calidad de los productos contribuyen a aumentar su seguridad; del mismo modo, por su eficacia, se ha implementado a diversos campos.

Convenientemente, la trazabilidad ayuda a enfocarnos en reducir el impacto económico, al identificar cuándo los instrumentos o equipos brindan un funcionamiento inadecuado, lo que podría causar alteraciones en los parámetros de operación, pérdida parcial o total de infraestructura y riesgos para los operadores, que van desde accidentes, hasta la muerte laboral.

### 2.3. Métodos de trazabilidad

#### 2.3.1. TRAZABILIDAD ASCENDENTE (HACIA ATRÁS)

Este tipo de trazabilidad tiene como objetivo identificar que productos son recibidos por la empresa y a su vez quienes son los proveedores de estos, de manera que permita conocer su origen (lote, tipo de transporte, tipo de almacenamiento, etc.) por lo cual requiere de un registro de información del producto entregado. (LANDAZUR, 2016, p. 8.)

Información	Descripción
¿De quién se recibe el producto?	Es decir, la procedencia de estos y también los detalles de adquisición, en este punto debe llevarse un listado informático o manual que permita conocer el nombre, dirección y teléfono del proveedor para poder contactarse con él.
¿Que se recibió?	Deben registrarse los datos del objeto que ingresa en la empresa, así como para ser resguardados, los procesos a los que fue sometido, etc.
¿Cuándo?	Fecha de recepción del producto en la empresa.

¿Que se hizo con el producto cuando fue recibido?	Implementar un registro del lugar en que fueron almacenados todos los productos, las medidas de protección con las que se almaceno, registrar su numero de identificación, etc.
---	---

Tabla 1: Información requerida para la trazabilidad ascendente:

### 2.3.2. TRAZABILIDAD INTERNA O TRAZABILIDAD DE PROCESOS

Está vinculada con la inspección en el proceso interno del producto, Es decir permite realizar un seguimiento de los productos y conocer todas las características de este antes de su uso, esta trazabilidad dependerá netamente de la empresa y del grado de exactitud con la que sea aplicada. (LANDAZUR, 2016, p. 9.)

Información	Descripción
¿Qué es lo que realizara?	Identificar el objeto que es adquirido, verificar que sea el adecuado para la actividad que corresponde, usando la información almacenada. Informar las condiciones de operación de objeto. Registrar el departamento en el cual estará operando.
¿Con que fin se realizara?	Mantener un control de información en la funcionalidad adecuada y eficaz para los objetos.
¿Cómo realizara?	Creando un registro completamente aislado para cada objeto, actualizarlo y compararlo con los datos almacenados.
¿Cuándo?	El objeto se encuentre dentro de la corporación.

Tabla 2: Información requerida para la trazabilidad interna:

### 2.3.3. TRAZABILIDAD DESCENDENTE (HACIA DELANTE)

Este tipo de trazabilidad permite a la empresa conocer hacia donde fueron desplazados cada lote de los diferentes productos y conocer sus destinos y clientes. (LANDAZUR, 2016, p. 10.)

Información	Descripción
¿A quién se entrega?	El área encargada de la recepción del equipo, y información de contacto. (nombre, dirección, teléfono, correo, personal encargado, etc.).
¿Qué se realizará exactamente?	Cuales serán las actividades que se realizarán y las condiciones del objeto.
¿Cuándo?	Fechas en la que fue requerido, y utilizado el objeto en las diferentes áreas.
¿Medio de transporte?	Condiciones en las cuales el objeto es trasladado y el medio por el cual se realiza.

Tabla 3: Información requerida para la trazabilidad descendente:

Si cada una de estas etapas se cumple desde el inicio de la cadena de un producto hasta que el mismo es vendido o distribuido, se respeta y consume el concepto de trazabilidad. En cambio, si alguna de las partes intervinientes en la producción, modificación, distribución de este, no completa sus registros, el mismo rompe el hilo de seguimiento, por el cual el producto final no respeta los principios y/o normas de trazabilidad, por el cual es un producto “inseguro”. (Javier De Luca, 2008.)

## 2.4. Trazabilidad al sistema internacional de unidades.

La trazabilidad metrológica consiste en una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones hasta una referencia (patrón de medida, realización práctica de la definición de una unidad de medida o un procedimiento de medida) mediante procedimientos de medición (documentados), que permiten relacionar los resultados de medida, en general a las unidades del Sistema Internacional (SI), legalmente establecido. (Centro Español de Metrología, 2015.)

## 2.5. Cifras significativas del instrumento.

Las cifras significativas de un número son aquellas que tienen un significado real y, por tanto, aportan alguna información. Toda medición experimental es inexacta y se debe expresar con sus cifras significativas.

Un ejemplo sencillo es graduar una mesa con una regla en milímetros. El resultado se puede expresar, por ejemplo, como:

$$\text{Longitud (L)} = 85,2 \text{ cm}$$

No es esta la única manera de expresar el resultado, así mismo puede ser:

$$L = 0,852 \text{ m}$$

$$L = 8,52 \text{ dm}$$

$$L = 852 \text{ mm}$$

etc ...

Cualquiera de las formas en las cuales se exprese el resultado este tiene tres cifras significativas, que son los dígitos considerados como ciertos en la

medida. Cumplen con la definición por lo tanto tiene un significado real y aportan información.

$$L = 0,8520 \text{ m}$$

Así, un resultado como no tiene sentido ya que el instrumento que es utilizado para medir no es capaz de resolver las diezmilésimas de metro.

Por tanto, y siguiendo con el ejemplo, el número que expresa la cantidad en la medida tiene tres cifras significativas. Pero, de esas tres cifras se comprende que dos son verdaderas y una es incierta, la que aparece subrayada a continuación:

$$L = 0,852 \text{ m}$$

Esto es debido a que el instrumento utilizado para medir no es perfecto y la última cifra que puede apreciar es incierta. ¿Cómo es de incierta?, en general se suele considerar que la incertidumbre es la cantidad más pequeña que se puede medir con el instrumento, aunque no tiene por qué ser así en consecuencia puede ser superior a dicha cantidad. La incertidumbre de la última cifra también se puede poner de manifiesto si se ejecuta una misma medida con dos instrumentos diferentes, en nuestro caso dos reglas milimetradas. Por extraño que pueda parecer no hay dos reglas iguales y, por tanto, cada instrumento puede aportar una medida diferente.

Quedando claro que la última cifra de la medida de nuestro ejemplo es significativa pero incierta, la forma más correcta de indicarlo es (asumiendo por ahora que la incertidumbre es de  $\pm 1 \text{ mm}$ ),

$$L = 0,852 \pm 0,001 \text{ m}$$

No obstante, lo más normal es omitir el término  $\pm 0,001$  y asumir que la última cifra de un número siempre es incierta si éste está expresado con todas sus cifras significativas. Este es el llamado convenio de cifras significativas que asume que:

“cuando un número se expresa con sus cifras significativas, la última cifra es siempre incierta”.

Asumiendo que cualquier problema de física o química de un libro de texto nos muestra las cantidades con sus cifras significativas, es necesario saber expresar el resultado de las operaciones con los números que son aplicadas en las cifras significativas correspondientes. Es lo que veremos más adelante ya que antes es necesario ampliar conceptos y establecer procedimientos.

Reglas para establecer las cifras significativas de un número dado.

Regla 1. En números que no contienen ceros, todos los dígitos son significativos.

Por ejemplo:

$3,14159 \rightarrow$  seis cifras significativas  $\rightarrow 3,14159$

$5.694 \rightarrow$  cuatro cifras significativas  $\rightarrow 5.694$

Regla 2. Todos los ceros entre dígitos significativos son significativos.

Por ejemplo:

$2,054 \rightarrow$  cuatro cifras significativas  $\rightarrow 2,054$

$506 \rightarrow$  tres cifras significativas  $\rightarrow 506$

Regla 3. Los ceros a la izquierda del primer dígito que no es cero sirven solamente para fijar la posición del punto decimal y no son significativos.

Por ejemplo:

$0,054 \rightarrow$  dos cifras significativas  $\rightarrow 0,054$

$0,0002604 \rightarrow$  cuatro cifras significativas  $\rightarrow 0,0002604$

Regla 4. En un número con dígitos decimales, los ceros finales a la derecha del punto decimal son significativos.

Por ejemplo:

0,0540 → tres cifras significativas → 0,0540

30,00 → cuatro cifras significativas → 30,00

Regla 5. Si un número no tiene punto decimal y termina con uno o más ceros, dichos ceros pueden ser o no significativos. Para poder especificar el número de cifras significativas, se requiere información adicional. Para evitar confusiones es conveniente expresar el número en notación científica, no obstante, también se suele indicar que dichos ceros son significativos escribiendo el punto decimal solamente. Si el signo decimal no se escribiera, dichos ceros no son significativos.

Por ejemplo:

1200 → dos cifras significativas → 1200

1200, → cuatro cifras significativas → 1200,

Regla 6. Los números exactos tienen un número infinito de cifras significativas.

Los números exactos son aquellos que se obtienen por definición o que resultan de contar un número pequeño de elementos. Ejemplos:

1. Al contar el número de átomos en una molécula de agua se obtiene un número exacto: 3.
2. Al contar las caras de un dado se obtiene un número exacto: 6.
3. Por definición el número de metros que hay en un kilómetro es un número exacto: 1000.

4. Por definición el número de grados que hay en una circunferencia es un número exacto: 360. (MORENO ROMERO, 2010.)

En este entendimiento las cifras significativas serán empleadas directamente dependiendo del sentido en la información, como base resultante de una medición o lectura, en cualquier área que así lo requiera, conservando el orden de expresión correspondiente para cada caso.

## **2.6. Patrones**

### **2.6.1. Patrones de medida**

El uso de patrones de medida es necesario para conocer la calidad de los resultados que se obtienen cuando se realiza una medición con un equipo. Según el Vocabulario Internacional de Metrología, los patrones de medida son “la realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia” (Centro Español de Metrología, 2012.)

En otras palabras, los patrones son modelos base con los que se comparará las mediciones por obtener con nuestro instrumento, los patrones nos ofrecen un valor con variables conocidas. Así mismo, dicho Vocabulario Internacional, clasifica a los patrones de la siguiente forma:

## **2.6.2. Tipos de patrones**

### **2.6.2.1. Patrón de medida**

Es la realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia, es decir, el patrón de medida es el encargado de suministrar los sistemas de medición destinados para definir, ejecutar, conservar y reproducir la cantidad de uno o más valores de magnitud, los que posteriormente se utilizarán como referencias. Por ejemplo, el patrón de masa es 1 kg y el de resistencia es 100  $\Omega$ . (Centro Español de Metrología, 2012.)

El patrón de medida suministra los parámetros de medición de uno o mas valores de magnitud, para proporcionarlos como referencia.

### **2.6.2.2. Patrón internacional**

Patrón reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional con la intención de ser empleado mundialmente. Este se encuentra reconocido con base a un acuerdo internacional, debido a que es usado universalmente para asignar valores a otros patrones de las magnitudes correspondientes o de las cuales se necesitan. (Centro Español de Metrología, 2012.)

El patrón internacional es el encargado de suministrar valores con base a acuerdos internacionales establecidos, los cuales fungirán como instrumentos fijos de unidades.

### **2.6.2.3. Patrón nacional**

Es aquel reconocido por una autoridad nacional para servir, en un estado o economía, como base para la asignación de valores a otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza. (Centro Español de Metrología, 2012.)

Es aquel que se encuentra dentro de la nación encargado de suministrar valores para instrumentos dentro de la misma, estableciendo perímetro de medida precisos para todos los instrumentos dentro de la nación.

#### **2.6.2.4. Patrón primario**

Establecido mediante un procedimiento de medida primario o creado como un objeto, elegido por convenio, en otras palabras, es aquel que se designa y es reconocido ampliamente como el equipo de medición que cuenta con los más altos estándares de medición científica y cuyo valor es aceptado sin tener ninguna referencia de patrones de igual magnitud. Siendo el concepto de patrón primario denominado para magnitudes base. (Centro Español de Metrología, 2012.)

Es aquel que cuenta con los mas altos estándares de medición posterior a el patrón nación y que de igual forma sus parámetros de medición son los mas precisos dentro de una dependencia o industria.

#### **2.6.2.5. Patrón secundario**

Aquel establecido por medio de una calibración respecto a un patrón primario de una magnitud de la misma naturaleza, mejor dicho, el patrón secundario tiende a establecer sus magnitudes al compararlas con el primario.

Cabe reconocer que la mayor parte de los equipos de referencia calibrados se encuentran en esta clasificación, de tal forma que las certificaciones de los valores medidos se encuentran consecuentemente relacionados por un procedimiento que es trazable a patrones primarios. (Centro Español de Metrología, 2012.)

El patrón secundario es aquel que, calibrado por el patrón primario, pero que de igual forma que el primario cuenta con los mas altos estándares de

medición, pero es el que generalmente se utiliza para calibrar a todos los instrumentos por debajo de él, resguardando a patrón primario.

#### **2.6.2.6. Patrón de referencia**

Patrón designado para la calibración de otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza en una organización o lugar. (Centro Español de Metrología, 2012.)

#### **2.6.2.7. Patrón de trabajo**

Es aquel utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medida, así mismo, es el patrón con mayor actividad de utilización, por lo que debe ser supervisado con mayor frecuencia, puesto que tiende a sufrir mayor cantidad de cambios en sus parámetros de medida. (Centro Español de Metrología, 2012.)

El patrón de trabajo es que generalmente realiza todas las mediciones dentro de un área específica, y que generalmente es el más utilizado por debajo de todos los demás patrones.

### **2.7. Selección de patrones.**

Al realizar la selección de patrones, esta acción depende de diversos factores, de los cuales se debe de tomar en cuenta la magnitud de la medida que este realizara, el tipo de precisión requerida, el rango de medida, y el tipo de incertidumbre el equipo.

La evaluación de la trazabilidad nos permite obtener estos datos de forma eficiente en un tiempo menor, puesto que esta mantiene un registro de las variables de información requeridas y por incorporar de cualquier componente.

## **2.8. Manipulación de patrones**

La manipulación de patrones debe ser realizada únicamente por el personal autorizado el cual sea ampliamente capacitado.

Los organismos con certificaciones actualizadas abordan los temas de manipulación, uso, mantenimiento, transporte y adecuación en operación de los equipos manteniendo altos estándares de medición.

Al momento de poner en servicio cualquier equipo debe verificarse la información de calibración, a fin de asegurar que opera con las especificaciones normalizadas requeridas bajo la trazabilidad de la norma ISO/IEC 17025.

Después de la calibración debe verificarse el estado del equipo ya que posteriormente se incorporará en nuestro inventario, por consecuencia debe realizarse la revisión de los certificados de calibración para todos los equipos correspondientes. (Universidad Tecnológica de Pereira, 2022.)

## **2.9. Calibración periódica de patrones**

El intervalo entre cada calibración se establece de acuerdo con lo recomendado por la norma de medición correspondientes precisados por el fabricante. Así mismo dichos intervalos pueden acortarse para asegurar una exactitud permanente con base a los resultados de las calibraciones previas, para cumplir con requerimientos de clientes, y autoridades de la industria en general.

Dicho esto, se comprende que la calibración de los patrones tienden a ser variables, ya que estos dependen de las circunstancias en las cuales se encuentre el instrumento.

## **2.10. Verificación interna de instrumentos**

Para hacer una verificación interna de tus equipos de medida deberás de disponer de un equipo patrón. Este equipo patrón te servirá para comprobar que los equipos de mediciones que utilizas en tu proceso productivo se encuentran dentro de unos errores tolerables que previamente habrás establecido.

Cuando te hablo de un equipo patrón estoy hablando de un equipo que cogerás únicamente como equipo de referencia para comparar con otro equipo dentro del proceso de verificación. Este equipo patrón deberás de calibrarlo para asegurarte de que las mediciones que ofrece están dentro de las establecidas de un patrón de medida nacional o internacional. La calibración de este equipo patrón deberá realizarse por alguno de los laboratorio acreditado o un Instituto Nacional de Metrología.

Por lo tanto, con un equipo patrón podrás realizar verificaciones a otros equipos de tu organización. Asegúrate de que ese equipo patrón tan solo lo utilizas como equipo de referencia y no lo utilizas en tu día a día. (Torres Vega. 2019.)

### **2.11. Identificación de cifras significativas del instrumento calibrado bajo el elemento patrón**

Estas se ven reflejadas en el informe de calibración del instrumento requerido en cuestión, ya que es el designado para proporcionarla con base a los parámetros de medición establecidos por los organismos internacionales correspondientes.

### **2.12. Campos de aplicación de la trazabilidad**

Los campos de aplicación de la trazabilidad son bastos porque es implementada para comparar información suministrada o adquirida en las áreas que requieran un alto grado de precisión y exactitud, de un producto específico.

### **2.13. Trazabilidad del producto**

La trazabilidad de un producto se puede definir como la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación, así como la distribución de un determinado producto, con la finalidad de contar con un registro de datos de cada una de dichas etapas. El concepto es aplicable para el sector pecuario agrícola, acuícola y pesquero del país.

Cuando se realiza el proceso de trazabilidad en los productos agroalimentarios, se puede localizar rápidamente el origen de los alimentos y el proceso que lleva hasta llegar a tu mesa; el beneficio es que, si un alimento se encuentra contaminado o con potencial de estarlo, se retira del mercado con precisión, sin dañar la cadena productiva o a los consumidores.

La trazabilidad también minimiza el impacto económico de las empresas y productores, ya que en caso de infección solo se retiraría el lote dañado y ayudará a delegar responsabilidad de este al eslabón de la cadena donde se produjo el problema.

Lo anterior se consigue por medio de certificaciones impulsadas por organismos e instituciones del sector agroalimentario, que verifican que el modelo de trazabilidad responda a las preguntas qué, quién cómo, cuándo y dónde del origen y destino de cada producto, otorgando certidumbre de los alimentos a quienes los consumen. (Secretaría de Agricultura y. Desarrollo Rural, 2017.)

### **3.0. CAPITULO III**

#### **3.1. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS Y TRAZABILIDAD.**

##### **3.2. Calibración**

Conforme al Vocabulario Internacional de Metrología, en el número 2.39, define a la calibración como la “operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación” (Centro Español de Metrología, 2012.)

En otras palabras; la calibración es la operación realizada en condiciones controladas para evaluar la relación de los valores de medida asociada con respecto a los equipos patrones, para evaluar el nivel de incertidumbre que estos presentan.

##### **3.3. Trazabilidad**

La trazabilidad tiene como objetivo monitorear una secuencia ininterrumpida de comparaciones, que nos permite establecer la relación con los resultados de medición, lo cual nos proporcionara la incertidumbre entre un instrumento específico y un patrón de referencia reconocido a nivel nacional e internacional.

### **3.4. Trazabilidad en la calibración de instrumentos**

La calibración de instrumentos consiste en ajustarlos para corregir cualquier desviación garantizando su precisión, mientras que la trazabilidad asegura que los resultados de medición estén vinculados a estándares de referencia reconocidos, lo que proporcionara certeza en la calidad de las mediciones realizadas. Ambos conocimientos son fundamentales para mantener la integridad y confiabilidad de las mediciones en diversos campos, como la industria, la investigación científica, en el sector de la salud, etc.

### **3.5. Selección de laboratorios de calibración competentes**

La selección de un laboratorio de calibración competente resulta indispensable. Para conseguir esto, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones, como las que se muestran a continuación:

- A. Realizar una investigación inicial con el fin de considerar los laboratorios de calibración instrumental disponibles en México. Para lograr esto se pueden emplear medios electrónicos, directorios especializados o solicitar recomendaciones de colegas y expertos en el área.
- B. Identificar si la institución o dependencia en la que se calibrara el instrumento cuenta con la capacidad y competencias en desarrollo técnico, que avalen el cumplimiento con altos estándares de calidad establecidos por las Normas Mexicanas correspondientes.
- C. Evaluar la experiencia y especialización del laboratorio para los instrumentos que se requieren calibrar.
- D. Verificar las instalaciones del laboratorio y el estado de su instrumentación.

- E. Solicitar cotizaciones a varios laboratorios para comparar los precios. Además de considerar los plazos de entrega del servicio, asegurándote que estos se ajusten a tus necesidades.
- F. Evaluar si el laboratorio ofrece servicios adicionales, como informes detallados, consultoría técnica o asesoramiento en el mantenimiento y cuidado de los instrumentos.

### **3.6. Informes de calibración**

Los resultados se deben suministrar de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva, usualmente en un informe (por ejemplo, un informe de ensayo o un certificado de calibración o informe de muestreo), y deben incluir toda la información acordada con el cliente y la necesaria para la interpretación de los resultados y toda la información exigida en el método utilizado. Todos los informes emitidos se deben conservar como registros técnicos. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 15.)

### **3.7. Requisitos comunes para los Informes (ensayo, calibración o muestreo)**

Cada informe debe incluir, al menos, la siguiente información, a menos que el laboratorio tenga razones válidas para no hacerlo, minimizando así cualquier posibilidad de interpretaciones equivocadas o de uso incorrecto:

- a) Un título (por ejemplo, "Informe de ensayo", "Certificado de calibración" o "Informe de muestreo");
- b) El nombre y la dirección del laboratorio;

- c) El lugar en que se realizan las actividades de laboratorio, incluso cuando se realizan en las instalaciones del cliente o en sitios alejados de las instalaciones permanentes del laboratorio, o en instalaciones temporales o móviles asociadas;
- d) Una identificación única de que todos sus componentes se reconocen como una parte de un informe completo y una clara identificación del final;
- e) El nombre y la información de contacto del cliente;
- f) La identificación del método utilizado;
- g) Una descripción, una identificación inequívoca y, cuando sea necesario, la condición del ítem;
- h) La fecha de recepción de los ítems de calibración o ensayo, y la fecha del muestreo, cuando esto sea crítico para la validez y aplicación de los resultados;
- i) Las fechas de ejecución de la actividad del laboratorio;
- j) La fecha de emisión del informe;
- k) La referencia al plan y método de muestreo usados por el laboratorio u otros organismos, cuando sean pertinentes para la validez o aplicación de los resultados;
- l) Una declaración acerca de que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo, calibración o muestreo;
- m) Los resultados con las unidades de medición, cuando sea apropiado;
- n) Las adiciones, desviaciones o exclusiones del método;
- o) La identificación de las personas que autorizan el informe;
- p) Una identificación clara cuando los resultados provengan de proveedores externos.

El laboratorio debe ser responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. Los datos suministrados por el cliente deben ser claramente identificados. Además, en el informe se debe incluir un descargo de responsabilidad cuando la información sea proporcionada por el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados. Cuando

el laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (por ejemplo, la muestra ha sido suministrada por el cliente), en el informe se debe indicar que los resultados se aplican a la muestra como se recibió. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 16.)

### **3.8. Requisito de trazabilidad ISO/IEC 17025:2017**

El laboratorio debe establecer y mantener la trazabilidad metrológica de los resultados de sus mediciones por medio de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición, vinculándolos con la referencia apropiada.

El laboratorio debe asegurarse de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante:

- a) La calibración proporcionada por un laboratorio competente; o
- b) Los valores certificados de materiales de referencia certificados proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI; o
- c) La realización directa de unidades del SI aseguradas por comparación, directa o indirecta, con patrones nacionales o internacionales.

Cuando la trazabilidad metrológica a unidades del SI no sea técnicamente posible, el laboratorio debe demostrar trazabilidad metrológica a una referencia apropiada, como, por ejemplo:

- a) Valores certificados de materiales de referencia certificados suministrados por un productor competente;
- b) Resultados de los procedimientos de medición de referencia, métodos especificados o normas de consenso que están descritos claramente y son aceptados, en el sentido de que proporcionan resultados de medición

adecuados para su uso previsto y asegurados mediante comparación adecuada.

(Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 10.)

### **3.9. Interpretación de la certificación de calibración**

La interpretación de un certificado de calibración implica comprender la información de los resultados proporcionados en la evaluación de precisión y calidad en la medición realizada por un instrumento o equipo de prueba.

Es primordial tener en cuenta las especificaciones de las tolerancias para el equipo por calibrar, además de la comparación de resultados. Si dichos resultados se encuentran dentro de las tolerancias aceptables el equipo es considerado como correctamente calibrado.

Como resumen de este apartado, el interpretar las certificaciones de calibración consiste en evaluar los datos de: la medición, información de cumplimiento en estándares y requisitos establecidos, a modo de garantizar la confiabilidad en la validez de las mediciones que realizo y realizara nuestro instrumento o equipo de medición.

Para identificar cuales son los requerimientos de un informe de calibración se debe de ver el apartado anterior el cual tiene por nombre: “Informe de calibración”.

## **4.0. CAPITULO IV**

### **4.1. TENDENCIAS DE COMPORTAMIENTO DEL INSTRUMENTO Y RECALL**

#### **4.2. Definición de tendencia**

Es la preferencia, dirección, o patrón de comportamiento, que generalmente es desarrollado con el tiempo, aportando un impacto significativo en la de tomar decisiones permanentes o temporales. Esta puede ser aplicadas en diversos sectores como la tecnología, el mercado, el comportamiento humano, y en cualquier otro ámbito que requiera de cambios y evolución.

#### **4.3. Tendencia en instrumentos de medición**

Las tendencias de comportamiento de un instrumento se refieren a los cambios observables en las mediciones realizadas a lo largo del tiempo por dicho instrumento. El análisis de tenencia puede proporcionar información importante con respecto a las deficiencias en el rendimiento del instrumento, y comportamiento de las variables suministradas, ya que estas pueden ser ascendentes, descendentes o estables, las cuales indican cambios en las magnitudes de las variables medidas.

En resumen, las tendencias de comportamiento de un instrumento de medición evalúan los cambios observados en las mediciones a lo largo del tiempo, lo cual proporcionara información indispensable sobre el rendimiento y confiabilidad del instrumento o proceso que realiza.

#### **4.4. Evidencias de trazabilidad del instrumento**

La definición de trazabilidad metrológica, dada la variedad de magnitudes existentes y las exigencias establecidas para las referencias, los caminos entre ellas y los resultados de medida, no podrían llevarse a la práctica de forma satisfactoria sin una estructura de apoyo eficiente y mundial.

Esta estructura está formada por las siguientes entidades, procedimientos y acuerdos, que se han ido estableciendo a lo largo del tiempo:

- A. La Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM), que tiene la autoridad global de aprobación del Sistema Internacional de Unidades (SI) y las unidades que lo componen, así como sus definiciones;
- B. La Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), que tiene entre sus misiones, la de establecer la uniformidad mundial de las mediciones, bajo la tutela y directrices del Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM);
- C. Los Institutos Nacionales de Metrología (INM) de cada estado, que realizan, mantienen, perfeccionan y diseminan las unidades SI por medio de realizaciones prácticas, calibraciones dotadas de trazabilidad y servicios de medida basados en sus capacidades de medida y calibración (CMC);
- D. El acuerdo de reconocimiento mutuo establecido por el CIPM (CIPM-MRA), que es el marco que permite demostrar sin ambigüedades, la equivalencia entre las realizaciones de las unidades SI en los diferentes Institutos Nacionales de Metrología, permitiendo la validación y reconocimiento mutuo de las capacidades de medida y calibración (CMC) de todos los participantes en el 8 Marzo 2015 acuerdo, a partir de comparaciones Inter laboratorios, la evaluación experta de las CMC declaradas por los otros participantes, y la aprobación y control periódico de un sistema de gestión de la calidad y competencia técnica conforme a la norma ISO/IEC 17025, y a la Guía 34 de ISO en el caso de producción y certificación de materiales de referencia.

- E. Los múltiples laboratorios de calibración que, actuando en todas las magnitudes, campos de medida y niveles de exactitud, mantienen la trazabilidad metrológica y diseminan las unidades SI en forma adecuada a la finalidad prevista, a todos los usuarios que lo precisan;
- F. Los organismos de acreditación, que acreditan la competencia técnica de esos laboratorios conforme a la norma ISO/IEC 17025, sus agrupaciones regionales (EA en el caso europeo) y su organización internacional (ILAC, International Laboratory Accreditation Cooperation), que posibilitan el reconocimiento mutuo de los certificados de calibración emitidos por esos laboratorios mediante el acuerdo ILAC-MRA.

Esta estructura internacional para el reconocimiento de las medidas permite que, de una manera fiable, robusta y aceptada internacionalmente, se puedan realizar mediciones comparables, proporcionando, en cada uno de los pasos, las evidencias empíricas necesarias que permiten a los usuarios tener confianza en la validez y aceptación de los resultados de medida. (Centro Español de Metrología, 2015.)

#### **4.5. Recall o retiro del producto.**

RECALL es un procedimiento llevado a cabo por una empresa, que consiste en retirar un producto del mercado, cuando se tiene la sospecha o certeza de que viola las leyes alimentarias vigentes o bien que se transgreden los estándares de calidad establecidos por la empresa para dicho mercado. (Cardini, 2011.)

En otras palabras, el retiro de producto o Recall al ser aplicado dentro de una empresa, institución, o dependencia, consiste en retirar de forma rápida y efectiva un producto cuando se tiene la sospecha o certeza de que se violan las leyes vigentes del producto o bien cuando se transgreden los estándares de

calidad establecidos por la empresa. Del mismo modo dentro de la empresa, institución, o dependencia, deben de contar con personal capacitado, el cual evaluara la ejecución en los protocolos de Recall precisos para minimizar las perdidas.

#### **4.6. Evaluación de la efectividad de los programas de trazabilidad y Mock Recall**

La evaluación de la efectividad de “Mock Recall” se refiere a la revisión y análisis de como este es empleado para monitorear un producto en diferentes puntos de control. A continuación, menciono algunos pasos a seguir pueden ayudar a evaluar la efectividad de la trazabilidad para Mock Recall.

- A. Definir y establecer los objetivos que se desean lograr, incorporando los criterios con los cuales podrán ser medidos: el desempeño del tiempo de respuesta, la eficiencia de la comunicación, la puntualización en la documentación de los registros, entre otros.
- B. Estructurar un sistema el cual refleje una situación de Mock Recall enfocada en las necesidades requeridas por la empresa, institución, o dependencia, la cual asegure una organización efectiva de respuesta, aunque esta ponga a prueba su capacidad.
- C. Capacitar al personal que se encargara de emplear y llevar a cabo la evaluación de “Mock Recall”.
- D. Establecer una base de datos para el registro y monitoreo del “Mock Recall”, esto ayudara a mejorar las condiciones de aplicación del sistema.
- E. Con base del registro de los datos de “Mock Recall”, es conveniente realizar su análisis, con el fin de mejorar las áreas en las cuales los procesos sean deficientes.

F. Una vez realizado todo lo anterior es indispensable corregir los procesos deficientes para garantizar el buen funcionamiento de “Mock Recall” en los procedimientos correspondientes.

## **5.0. CAPITULO V**

### **5.1. NORMATIVAS RELACIONADAS CON LA TRAZABILIDAD**

#### **5.2. Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo**

La trazabilidad metrológica se establece considerando, y posteriormente asegurando lo siguiente:

- A. La especificación del mensurando (magnitud a medir);
- B. Una cadena ininterrumpida documentada de calibración que conduce a las referencias establecidas y apropiadas (las referencias apropiadas incluyen patrones nacionales o internacionales y patrones intrínsecos);
- C. La incertidumbre de medición para cada paso en la cadena de trazabilidad se evalúa de acuerdo con los métodos acordados;
- D. Cada paso de la cadena se lleva a cabo de acuerdo con los métodos apropiados, con los resultados de mediciones y con las incertidumbres asociadas registradas;
- E. Los laboratorios que llevan a cada una o más etapas en la cadena proporcionan evidencia de sus competencias técnicas.

El error de medición sistemático (algunas veces denominado sesgo) del equipo calibrado se tiene en cuenta cuándo se usa para diseminar la trazabilidad metrológica a los resultados de la medición en el laboratorio. Existen varios mecanismos disponibles para tener en cuenta los errores de medición sistemáticos en la diseminación de la trazabilidad metrológica de la medición.

Algunas veces se usan patrones de medición que entregan información de un laboratorio competente, que incluye solamente una declaración de conformidad con una especificación (omitiendo los resultados de la medición y las

incertidumbres asociadas) para determinar la trazabilidad metrológica. este enfoque, en el cual los límites de la especificación son importados cómo fuente de incertidumbre, depende de:

- A. El uso de una regla de decisión apropiada para determinar la conformidad;
- B. Los límites de la especificación que se tratan posteriormente de una manera técnica apropiada en el presupuesto de incertidumbre.

(Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 27.)

### **5.3. NMX-CC-9001-IMNC-2015**

Esta NOM denominada “Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos” promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficiencia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente.

Así mismo, especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización:

- A. Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.
- B. Desea aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de la norma son genéricos y pretenden que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo o tamaño, o los productos y servicios suministrados. (Estados Unidos Mexicanos., 2015, pp. 2,3.)

## **5.4. Requisitos para laboratorios acreditados bajo ISO/IEC17025:2017**

### **5.4.1. Imparcialidad**

Las actividades del laboratorio se deben llevar a cabo de una manera imparcial y estructurada, y se deben gestionar para salvaguardar la imparcialidad.

La dirección del laboratorio debe estar comprometida con la imparcialidad.

El laboratorio debe ser responsable de la imparcialidad de sus actividades de laboratorio y no debe permitir presiones comerciales, financieras u otras que comprometan la imparcialidad.

El laboratorio debe identificar los riesgos a su imparcialidad de forma continua. Esto debe incluir aquellos riesgos que surgen de sus actividades o de sus relaciones, o de las relaciones de su personal. sin embargo, estas relaciones no necesariamente presentan un riesgo para la imparcialidad del laboratorio.

Si se identifica un riesgo para la imparcialidad, el laboratorio debe tener capacidad para demostrar cómo se elimina o minimiza tal riesgo. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 3.)

### **5.4.2. Confidencialidad**

El laboratorio debe ser responsable, por medio de acuerdos legalmente ejecutables, de la gestión de toda la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio. El laboratorio debe informar al cliente, con antelación, acerca de la información que pretende poner al alcance del público. Excepto por la información que el cliente pone a disposición del público, o cuando lo acuerdan el laboratorio y el cliente (por ejemplo, con el propósito de responder a las quejas), cualquier otra información se considera información del propietario y se debe considerar confidencial.

Cuando el laboratorio sea requerido por ley o autorizado por las disposiciones contractuales, para revelar información confidencial, se debe notificar al cliente o a la persona interesada la información proporcionada, salvo que esté prohibido por la ley.

La información acerca de la cliente obtenida de fuentes diferentes del cliente (por ejemplo, una persona que presenta una queja, los organismos reglamentarios) deben ser confidencial entre el cliente y el laboratorio. El proveedor (fuente) de esta información debe mantener como confidencial por parte del laboratorio y no debe compartirse con el cliente, a menos que se halla acordado con la fuente.

El personal, incluido cualquier miembro de comité, contratista, personal de organismos externos o individuos que actúen en nombre del laboratorio debe mantener la confidencialidad de toda información obtenida o creada durante la realización de las actividades del laboratorio, excepto lo requerido por ley. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 4.)

#### **5.4.3. Requisitos relativos a la estructura**

El laboratorio debe ser una entidad legal o una parte definida de una entidad legal, que es responsable legalmente de sus actividades de laboratorio.

El laboratorio debe identificar el personal de la dirección que tiene la responsabilidad general del laboratorio.

El laboratorio debe definir y documentar el alcance de las actividades de laboratorio que cumplen con este documento. El laboratorio sólo debe declarar conformidad con este documento para este alcance de las actividades de laboratorio, lo cual incluye las actividades de laboratorio que son suministradas externamente en forma continua.

Las actividades de laboratorio se deben llevar a cabo de manera que cumplan los requisitos de este documento, de los clientes del laboratorio, de las autoridades reglamentarias y de las organizaciones que otorgan reconocimiento. Lo anterior debe incluir las actividades de laboratorio realizadas en todas sus instalaciones permanentes, en sitios fuera de sus instalaciones permanentes, en instalaciones temporales o móviles asociadas, o en las instalaciones del cliente.

El laboratorio debe:

- a) Definir la organización y la estructura de gestión del laboratorio, su ubicación dentro de una organización matriz, y las relaciones entre la gestión, las operaciones técnicas y los servicios de apoyo;
- b) Especificar la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que dirige, realiza o verifica el trabajo que afecta a los resultados de las actividades de laboratorio;
- c) Documentar sus procedimientos en la extensión necesaria para asegurar la aplicación coherente de sus actividades de laboratorio y la validez de los resultados.

El laboratorio debe contar con personal que, independientemente de otras responsabilidades tenga la autoridad y los recursos necesarios para llevar a cabo sus tareas, que incluyen:

- a) La implementación, el mantenimiento y la mejora del sistema de gestión;
- b) La identificación de las desviaciones del sistema de gestión o de los procedimientos para la realización de las actividades de laboratorio;
- c) El inicio de acciones para prevenir o minimizar tales desviaciones;
- d) informar a la dirección del laboratorio acerca del desempeño del sistema de gestión y de cualquier necesidad de mejora;
- e) asegurar la eficiencia de las actividades de laboratorio.

La dirección del laboratorio debe asegurarse de que:

Se efectúa la comunicación relativa a la eficiencia del sistema de gestión y a la importancia de cumplir los requisitos del cliente y otros requisitos;

Se mantiene la integridad del sistema de gestión cuando se planifican e implementan cambios en éste. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, pp. 4, 5.)

## **5.5. Requisitos relativos a los recursos**

### **5.5.1. Generalidades**

El laboratorio debe tener disponibles el personal, las instalaciones, el equipamiento, los sistemas y los servicios de apoyo necesarios para gestionar y realizar sus actividades de laboratorio. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 5.)

### **5.5.2. Personal**

Todo el personal del laboratorio ya sea interno o externo, que puede influir en las actividades de laboratorio debe actuar imparcialmente, ser competente y trabajar de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.

El laboratorio debe documentar los requisitos de competencia para cada función que influye en los resultados de las actividades del laboratorio, incluidos los requisitos de educación, calibración, formación, conocimiento técnico, habilidades y experiencia.

El laboratorio debe asegurarse de que el personal tiene la competencia para realizar las actividades de laboratorio de las cuales es responsable y para evaluar la importancia de las desviaciones.

La dirección del laboratorio debe comunicar al personal sus tareas, responsabilidades y autoridad.

El laboratorio debe tener procedimientos y conservar registros para:

- a) Determinar los requisitos de competencia;
- b) Seleccionar al personal;
- c) Formar al personal;
- d) Supervisar al personal;
- e) Autorizar al personal;
- f) Realizar el seguimiento de la competencia del personal.

El laboratorio debe autorizar al personal para llevar a cabo actividades de laboratorio específicas, incluidas, pero no limitadas a las siguientes:

- a) Desarrollar, modificar, verificar y validar métodos;
- b) Analizar los resultados, incluidas las declaraciones de conformidad o las opiniones e interpretaciones;
- c) Informar, revisar y autorizar los resultados.

(Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, pp. 5, 6.)

## **5.6. Instalaciones y condiciones ambientales**

Las instalaciones y las condiciones ambientales deben ser adecuadas para las actividades del laboratorio y no deben afectar adversamente a la validez de los resultados.

Se deben documentar los requisitos para las instalaciones y las condiciones ambientales necesarias para realizar las actividades de laboratorio.

El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales de acuerdo con las especificaciones, los métodos o procedimientos pertinentes, o cuándo influyen en la validez de los resultados.

Se deben implementar, realizar el seguimiento de y revisar periódicamente las medidas para controlar las instalaciones y debe incluir, pero no limitarse a, lo siguiente:

- a) Acceso y uso de áreas que afecten a las actividades de laboratorio;
- b) prevención de contaminación, interferencia o influencias adversas en las actividades de laboratorio;
- c) separación eficaz entre áreas en las cuales hay actividades de laboratorio Incompatibles.

Cuando el laboratorio realiza actividades de laboratorio en sitios o instalaciones que están fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos relacionados con las instalaciones y condiciones ambientales de este documento. (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 6.)

## **5.7. Equipamiento**

El laboratorio debe tener acceso al equipamiento (incluidos, pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares) que se requieren para el correcto desempeño de las actividades del laboratorio y que pueden influir en los resultados.

Cuando el laboratorio utiliza equipamiento que está fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos de este documento para el equipamiento.

El laboratorio debe contar con un procedimiento para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado del equipamiento para asegurar el funcionamiento apropiado y con el fin de prevenir contaminación o deterioro.

El laboratorio debe verificar que el equipamiento cumple con los requisitos específicos, antes de ser utilizado o reinstalado para su servicio.

El equipo utilizado para mediciones debe ser capaz de lograr la exactitud de la medición y/o la incertidumbre de medición requeridas para proporcionar un resultado válido.

El equipo de medición debe ser calibrado cuándo:

- a) La exactitud o la incertidumbre de medición afectan a la validez de los resultados informados, y/o
- b) Se requiere la calibración del equipo para establecer la trazabilidad metrológica de los resultados informados.
- c) La medición directa del mensurando, por ejemplo, el uso de una balanza para llevar a cabo una medición de masa;
- d) La realización de correcciones al valor medido, por ejemplo, las mediciones de temperatura;
- e) La obtención de un resultado de medición calculado a partir de magnitudes múltiples.

El laboratorio debe establecer un programa de calibración, el cual se debe revisar y ajustar según sea necesario, para mantener la confianza en el estado de la calibración.

Todos los equipos que requieran calibración o que tengan un periodo de validez definido se debe etiquetar, codificar o identificar de otra manera para permitir que el usuario de los equipos identifique fácilmente el estado de la calibración o el periodo de validez.

El equipo que haya sido sometido a una sobrecarga o a uso inadecuado, que dé resultados cuestionables, o se haya demostrado que está defectuoso o que está fuera de los requisitos especificados, debe ser puesto fuera de servicio. Este se debe aislar para evitar su uso o se debe rotular o marcar claramente que está fuera de servicio hasta que se haya verificado que funciona correctamente.

Cuando sean necesarias comprobaciones intermedias para mantener confianza en el desempeño del equipo, estas comprobaciones se deben llevar a cabo de acuerdo con el procedimiento.

Cuando los datos de calibración de los materiales de referencia incluyen valores de referencia o factores de corrección, el laboratorio debe asegurar que los valores de referencia y los factores de corrección se utilizan e implementan, según sea apropiado, para cumplir con los requisitos específicos.

El laboratorio debe tomar acciones viables para evitar ajustes no previstos del equipo que invalidarían los resultados.

Se debe conservar registros de los equipos que pueden influir en las actividades del laboratorio. Los registros deben incluir, al menos, lo siguiente:

- a) La identificación del equipo, incluida la versión del software y del firmware;
- b) El nombre del fabricante, la identificación del tipo y el número de serie u otra información única;
- c) La evidencia de la verificación de que el equipo cumple los requisitos especificados;
- d) La ubicación actual;
- e) Las fechas de la calibración, los resultados de las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación y la fecha de la próxima calibración o el intervalo de calibración;
- f) La documentación de los materiales de referencia, los resultados, los criterios de aceptación, las fechas pertinentes y el período de validez;

- g) El plan de mantenimiento y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha, cuando sea pertinente para el desempeño del equipo;
- h) Los detalles de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación realizada al equipo.

(Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, ppp. 6,7,8.)

## **5.8. Requisitos para la acreditación de laboratorios bajo norma ISO/IEC17025:2017**

La norma puede dividirse en:

### **5.8.1. Requisitos de gestión**

- a) Los laboratorios deben de establecer una estructura la cual defina responsabilidades y autoridades, con una gestión de calidad documentada.
- b) Debe establecerse un sistema para controlar las variables documentales y técnicas para mantener el registro de calibraciones.
- c) Garantizar que los laboratorios cuenten con actualizaciones adecuadas para los métodos de calibración y ensayo antes de su implementación.
- d) Garantizar la competencia del personal dentro del laboratorio.
- e) El laboratorio debe contar con los equipos adecuados para realizar las calibraciones y además asegurar la trazabilidad de las mediciones a patrones de referencia nacional e internacional reconocidos.

(Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración., 2018, p. 8.)

### **5.8.2. Requisitos técnicos**

- a) El laboratorio debe utilizar métodos validados, para realizar calibraciones las cuales deben de estar documentadas para proporcionar resultados confiables y precisos.
- b) Realizar procedimientos de muestreo que puedan garantizar la efectividad en la disminución de inexactitud en los resultados.
- c) Validación de métodos de calibración.
- d) Evaluar las incertidumbres de las calibraciones, así como los ensayos realizados sobre la confiabilidad de los resultados.
- e) El laboratorio debe emitir informes de resultados precisos, claros y confiables.

### **5.9. Trazabilidad y estimaciones de incertidumbre.**

En todo proceso de medición existe una incertidumbre que hay que tener en cuenta, la cual depende de diversos factores como, por ejemplo, los métodos del proceso de medición, los equipos empleados para ello, las propias instalaciones y condiciones ambientales, la manipulación de los ítems de ensayo, factores humanos, etc.

Así, la incertidumbre incluye todas aquellas fuentes o contribuciones de error que afectan a la calibración y su valor se obtiene a partir de fórmulas para su cálculo.

Generalmente en los certificados se indica la incertidumbre expandida que se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

La trazabilidad en la estimación de la incertidumbre debe seguir un sentido claro, el cual puede desglosarse de la siguiente forma:

- a) Los resultados de la calibración del instrumento.
- b) La incertidumbre del patrón o del material de referencia.
- c) La repetibilidad de las lecturas.
- d) La reproducción de las mediciones por cambio de observadores, instrumentos u otros elementos.
- e) Características del propio instrumento, como resolución, histéresis, etc.
- f) Variaciones de las condiciones ambientales.
- g) La definición del propio mensurando.
- h) El modelo particular de la medición.
- i) Variaciones en las magnitudes de influencia.

#### **5.10. Cadena de trazabilidad**

Una cadena de trazabilidad se refiere al conjunto de registros y documentación que demuestran la relación de una medición o calibración con patrones de referencia establecidos, desde el punto de medida hasta los patrones nacionales o internacionales reconocidos.

En términos mas simples, la trazabilidad es la capacidad de demostrar resultados vinculados a estándares reconocidos. Por lo tanto, la cadena de trazabilidad considera los registros documentados de los resultados, para evaluarlos.

Dicha cadena actúa como fundamento al instante de garantizar la confiabilidad en la validez de las acciones, permitiéndonos evaluar la calidad y efectividad de los resultados que proporcionan la base de comparación.

La cadena de trazabilidad es esencial en campos donde la precisión y la exactitud sean criticas, tales como la salud, la industria, la investigación científica y la metrología.

Partiendo de lo anterior se puede resumir que la cadena de trazabilidad es el registro documentado, el cual demuestra la relación de los resultados obtenidos, estableciendo la confiabilidad y validez de ellos.

## **5.11. Trazabilidad y seguridad en la industria 4.0**

### **5.11.1. Industria 4.0**

La Industria 4.0 se puede entender como una nueva forma de abordar las expectativas, retos y desafíos que se tienen por delante como sociedad a través del uso y combinación adecuada de las nuevas tecnologías. El concepto 4.0 es aplicable más allá de la optimización de procesos dentro de la propia industria o del ámbito empresarial. Es extensible a cualquier organización, administración, etc. De hecho, está empezando a cambiar algunos aspectos de nuestra vida en ámbitos como la domótica, el transporte (vehículos autónomos), la gestión y funcionamiento de las ciudades, edificios inteligentes.

La Industria 4.0 se fundamenta en definitiva en la digitalización y virtualización de los procesos industriales y no industriales y de gestión de la información, la vinculación de las tecnologías digitales y los medios de producción o de ejecución para generar fábricas o sistemas inteligentes, comunicados e interactivos con otros sistemas y en general con su entorno, con el objetivo de mejorar todos estos procesos. (García Ortega, 2021.)

### **5.11.2. Trazabilidad en la industria 4.0**

La trazabilidad en la industria 4.0 proporciona múltiples beneficios, mitigando los errores dentro de la industria en tiempo real, así como la facilidad de identificar deficiencias en el cumplimiento de sus actividades, para posteriormente retirarlos o corregirlos, incrementando así su protección para garantizar la integridad en los sistemas, información, y procesos de producción.

## 6.0. CAPÍTULO VI.

### 6.1. PINZA AMPERIMÉTRICA 378 FC Y TRAZABILIDAD

#### 6.2. Descripción de la pinza amperimétrica 378FC.

Comercialmente se conoce como “Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC”, pero también suelen llamarla amperímetro de gancho (ver Figura 1).



Figura 1: Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)

Esta pinza ofrece:

- A. Visualización con dos mediciones simultáneas (corriente y tensión).
- B. Conexión a tierra con un solo cable.
- C. Mediciones en tiempo real sin tiempo de inactividad del circuito.
- D. Medición de tensión sin contacto con indicador de calidad eléctrica.

Conectividad inalámbrica con un smartphone para la integración de pedidos de trabajo y generación de informes con la aplicación Fluke Connect.

Además, mide el verdadero valor eficaz de la corriente y tensión de CA, corriente y tensión de CC, corriente de arranque, resistencia, capacidad, frecuencia y milivolt de CC.

La sonda de corriente iFlex incluida, que es flexible y extraíble, amplía el rango de medición a 2500 A de CA. La sonda iFlex permite realizar mediciones en conductores de tamaño poco habitual y mejora el acceso a los cables.

A continuación, se visualizan los componentes que se adquieren con la compra de este producto en la tabla 4 que se presenta a continuación:



Elemento	Número de modelo	Descripción
1	Varía	Pinza amperimétrica
2	i2500-18 iFlex	Sonda flexible de corriente de 48 cm (18 pulg.)
3	TPAK	Kit para colgar
4	AC285	Pinza de cocodrilo (negra)
5	TL224	Juego de cables de prueba con aislamiento
6	TP175	Juego de puntas de prueba
7	37x	Maletín de transporte

Tabla 4: Componentes de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)

## 6.2.1. Especificaciones del amperímetro de gancho 378FC

### 6.2.1.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Las especificaciones generales de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC se muestran a continuación en la Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8:


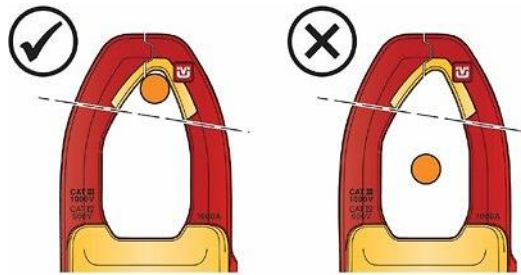
Tensión máxima general (entre cualquier terminal y tierra)	1000 V			
Batería				
Tipo	2 pilas AA IEC LR6 alcalinas			
Autonomía	200 h			
Pantalla	Doble lectura			
Apagado automático	20 minutos			
Corriente CA: Mordaza				
Rango	999,9 A			
Resolución	0,1 A			
Exactitud	2% ± 5 dígitos (45 a 66 Hz)			
Factor de cresta (50/60 Hz)	3 a 500 A 2,5 a 600 A 1,42 a 1000 A Añadir un 2% para FC >2			
Corriente CA: Sonda de corriente flexible				
Rango	2500 A			
Resolución	1 A (≤ 2500 A) 0,1 A (≤ 999,9 A)			
Exactitud	3% ± 5 dígitos (5 Hz a 500 Hz)			
Corriente CC				
	Distancia de la posición óptima	i2500-10 Flex	i2500-18 Flex	Error
	A	12,7 mm (0,5")	35,6 mm (1,4")	± 0,5%
	B	20,3 mm (0,8")	50,8 mm (2,0")	± 1,0%
	C	35,6 mm (1,4")	63,5 mm (2,5")	± 2,0%
Para la incertidumbre de medida se asume la presencia de un conductor primario centralizado en una posición óptima, sin un campo magnético o eléctrico externo, y dentro del rango de temperaturas de trabajo.				
Rango	999,9 A			
Resolución	0,1 A			
Exactitud	2% ± 5 dígitos			
Tensión CA: FieldSense				
Rango	1000 V			
Resolución	1 V (≤ 1000 V)			
Exactitud				
≤ 4/0 AWG	3% ± 5 dígitos (45 Hz a 66 Hz)			
≥ 4/0 AWG	5% ± 5 dígitos (45 Hz a 66 Hz)			

Tabla 5: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)



Coloque el cable tan cerca de la apertura de la mordaza como sea posible (ver ilustración).

### Especificaciones (cont.)

Rango	600,0 V; 1000 V
Resolución	0,1 V ( $\leq 600,0$ V) 1 V ( $\leq 1000$ V)
Exactitud	1% $\pm$ 5 dígitos (20 Hz a 500 Hz)
Tensión CC	
Rango	600,0 V 1000 V
Resolución	0,1 V ( $\leq 600,0$ V) 1 V ( $\leq 1000$ V)
Exactitud	1% $\pm$ 5 dígitos
mV CC	
Rango	500,0 mV
Resolución	0,1 mV
Exactitud	1% $\pm$ 5 dígitos
Amperios frecuencia: Mordaza	
Rango	45 Hz a 66 Hz
Resolución	0,1 Hz
Exactitud	0,5% $\pm$ 5 dígitos
Nivel de disparo	5 Hz a 10 Hz, $\geq 10$ A 10 Hz a 100 Hz, $\geq 5$ A 100 Hz a 500 Hz, $\geq 10$ A
Amperios frecuencia: Sonda de corriente flexible	
Rango	5,0 Hz a 500,0 Hz
Resolución	0,1 Hz
Exactitud	0,5% $\pm$ 5 dígitos
Nivel de disparo	5 Hz a 20 Hz, $\geq 25$ A 20 Hz a 100 Hz, $\geq 20$ A 100 Hz a 500 Hz, $\geq 25$ A

Tabla 6: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)

Amperios frecuencia: Sonda de corriente flexible	
Rango	5,0 Hz a 500,0 Hz
Resolución	0,1 Hz
Exactitud	0,5% ± 5 dígitos
Nivel de disparo	5 Hz a 20 Hz, ≥ 25 A 20 Hz a 100 Hz, ≥ 20 A 100 Hz a 500 Hz, ≥ 25 A
Resistencia	
Rango	60,00 kΩ 6000 Ω 600,0 Ω
Resolución	0,1 Ω (≤ 600,0 Ω) 1 Ω (≤ 6000 Ω) 10 Ω (≤ 60,00 kΩ)
Exactitud	1% ± 5 dígitos
Capacidad	
Rango	1000 μF
Resolución	0,1 μF (≤ 100,0 μF) 1 F (≤ 1000 μF)
Exactitud	1% ± 4 dígitos
Especificaciones mecánicas	
Tamaño (L x An x Al)	274 mm x 86 mm x 47 mm
Peso (con pilas)	463 g
Apertura de la mordaza	34 mm
Diámetro de la sonda de corriente flexible	7,5 mm
Longitud del cable de la sonda flexible de corriente (desde el cabezal hasta el conector electrónico)	1,8 m
Longitud de la bobina de Rogowski	450 mm
Especificaciones ambientales	
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a 50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a 60 °C
Humedad en funcionamiento (sin condensación)	Sin condensación (< 10 °C) ≤ 90% de humedad relativa (10 °C a 30 °C) ≤ 75% de humedad relativa (30 °C a 40 °C) ≤ 45% de humedad relativa (40 °C a 50 °C)
Coefficientes de temperatura	Sumar 0,1 x la exactitud especificada por cada grado Celsius por encima de 28 °C o por debajo de 18 °C.
Protección IP	IEC 60529: IP30 (mordaza cerrada)
Altitud de funcionamiento	2000 m
Altitud de almacenamiento	12.000 m

Tabla 7: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)

Compatibilidad electromagnética (CEM)	
Internacional	IEC 61326-1: Entorno electromagnético portátil IEC 61326-2-2, CISPR 11: Grupo 1, Clase B  Grupo 1: El equipo genera y/o utiliza intencionalmente energía de radiofrecuencia acoplada que es necesaria para el funcionamiento interno del propio equipo.  Clase B: El equipo es adecuado para su uso en el ámbito doméstico y en establecimientos que estén directamente conectados a una red eléctrica de baja tensión que proporcione alimentación a edificios utilizados para fines domésticos.  Pueden producirse emisiones que excedan los niveles requeridos por CISPR 11 al conectar el equipo a un objeto de medida.
Corea (KCC)	Equipo de Clase A (equipo industrial de difusión y comunicación)  "Clase A: El equipo satisface los requisitos para el equipo de onda electromagnética industrial y los vendedores o usuarios deberían tenerlo en cuenta." ("Kit medidor de irradiancia solar FLK-IRR1-SOL   Fluke") Este equipo está diseñado para su uso en entornos comerciales y no debe utilizarse en entornos domésticos.
EE.UU. (FCC)	47 CFR 15 apartado B. Este producto se considera exento según la cláusula 15.103.
Seguridad	
Especificaciones generales	IEC 61010-1: Grado de contaminación 2
Medida	IEC 61010-2-032: CAT III 1000 V / CAT IV 600 V IEC 61010-2-033: CAT III 1000 V / CAT IV 600 V
Pinza amperimétrica para medir corrientes de fuga	IEC 61557-13: Clase 2, $\leq 30$ A/m
Radio inalámbrica	
Certificación de radiofrecuencia	ID de FCC: T68-FBLE IC:6627A-FBLE
Rango de frecuencia	2405 MHz a 2480 MHz
Potencia de salida	< 100 mW
Datos de radiofrecuencia	<a href="http://www.fluke.com">Visite www.fluke.com</a> y busque " <a href="#">Radio Frequency Data for Class A</a> "  (Ref. 4333628) DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DE LA UE SIMPLIFICADA. Por la <a href="#">presente, Fluke declara que el equipo de radio incluido en este producto cumple la Directiva 2014/53/UE. El texto completo de la declaración de la UE está disponible en la siguiente web: www.fluke.com/declaration-of-conformity</a>

Tabla 8: Especificaciones de Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke 377 FC y 378 FC. (FLUKE, 2023)

### **6.3. Definición.**

El amperímetro de gancho es aquel instrumento que cumple la función de medir; corriente eléctrica sin interrumpir el paso de energía, el cual usa la inducción electromagnética que se genera al pasar corriente directa o alterna por un conductor eléctrico. Garantizando la lectura exacta de las mediciones, es muy importante asegurarnos de que nuestro instrumento se encuentra en las mejores condiciones de operación y para lograrlo, se deben conocer las especificaciones del fabricante.

lugares a los cuales llevar a calibrar nuestro instrumento de medición eléctrica:

- A. Centro Nacional de Metrología (CENAM).
- B. Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales (LAPEM).
- C. Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).
- D. Laboratorios de Calibración S.A de C.V. (LACE).
- E. Comisión Federal de Electricidad (CFE).

### **6.4. La casa de la calidad**

El éxito de un producto depende de sus cualidades intrínsecas, pero también y, sobre todo, de su posición respecto a los productos de la competencia. Si el conocimiento de la competencia es insuficiente, las posibilidades de obtener un producto con una buena posición en el mercado se reducen y las previsiones de ventas pierden credibilidad. Por lo tanto, el QFD (Quality Function Deployment o Despliegue de la Función de Calidad) ofrece los medios para evaluar de manera concreta y posicionar objetiva y sistemáticamente el producto respecto a la competencia. (González Sara, 2014.)

#### **6.4.1. Definición**

El QFD es un principio que sitúa la satisfacción del cliente en primer lugar respecto al resto de las preocupaciones de la empresa. Esto implica que la empresa debe, en primer lugar, identificar a sus clientes, escucharlos y comprenderlos, y después decidir qué producto poner a su disposición, y no a la inversa. (González Sara, 2014.)

#### **6.4.2. Metodología QFD**

La metodología del QFD permite el despliegue de las expectativas del cliente, es decir, de las funcionalidades esperadas del producto, a través de todas las funciones de la empresa; permite, traducir dichas expectativas, con los medios apropiados, en especificaciones y acciones internas. El QFD tiene como objetivos: la obtención de una calidad de diseño excelente, mediante la conversión de las necesidades del cliente en características de calidad o funciones de servicio adecuadas, sin omisiones ni elementos superfluos; el despliegue sistemático de dichas funciones de servicio mediante la búsqueda de las funciones técnicas de los componentes del producto o de los componentes del proceso. (González Sara, 2014.)

#### **6.4.3. Etapas de la casa de la calidad.**

##### **Etapa 1: Expectativas del Cliente**

Es una etapa de recogida y análisis de las informaciones; está orientada esencialmente hacia el exterior de la empresa. Su finalidad es conocer al cliente, escucharle y recoger sus expectativas. Este es el punto de partida del QFD y constituye un paso obligatorio. Tiene que ser algo más que un reflejo. Sin las expectativas del cliente no se puede hacer nada, o al menos no se debe, porque costaría muy caro. (González Sara, 2014.)

## **Etapa 2: Definición del Producto**

En esta etapa se decide cuál es el producto por desarrollar, es decir, se da una respuesta a la oportunidad identificada. Es la etapa más decisiva para el éxito del producto, se toma en cuenta la estrategia de la empresa, sus ambiciones y recursos tecnológicos, humanos, financieros, etc. (González Sara, 2014.)

## **Etapa 3: Definición de los Componentes**

En esta nueva etapa se parte de la lista anterior de los Cómo's y sus Cuántos respectivos (que luego se intenta traducir en especificaciones técnicas). Los Cómo's de la segunda etapa pasan a ser los Qué's de la etapa tres. Aplicando el mecanismo de la traducción Qué-Cómo-Cuánto de la etapa anterior, nos encontramos con otra casa de la calidad. Esta etapa debe concluir con unos planes que permitan construir un prototipo; materializa los objetivos y las funciones de servicio convirtiéndolos en funciones técnicas tangibles. (González Sara, 2014.)

## **Etapa 4: Definición del Proceso de Producción**

La etapa 4, transición entre el diseño y la producción, traduce las características técnicas de las piezas definidas en la etapa precedente, en un documento escrito que define los procedimientos y las operaciones necesarias para la fabricación de dichas piezas. Las principales tareas realizadas en esta etapa son las siguientes:

- A. Elección de los procedimientos.
- B. Elaboración de una lista de las características críticas del producto.
- C. Definición completa del proceso de fabricación.
- D. Identificación de los parámetros críticos del proceso, mediante diseño de experimentos.
- E. Optimización del proceso, mediante la utilización de diseño de experimentos.
- F. Identificación de los parámetros del producto y de los factores del proceso que haya que controlar y/o vigilar.

(González Sara, 2014.)

### **Etapa 5: Organización de la Producción**

Esta etapa parte de los planes de control elaborados en la etapa anterior, así como de los planes de producción (cantidades) para fabricar el producto en serie. Conciernen esencialmente a Producción. Durante esta etapa se tiene que:

- A. Comprobar que se cumplan los comportamientos cuantitativos y cualitativos, medidos o previstos durante la etapa anterior.
- B. Mantener el proceso bajo control.
- C. Identificar los puntos débiles y comunicarlos.
- D. Recoger el máximo número de datos sobre el producto y el proceso, y comunicarlos.
- E. Acometer acciones de optimización y mejora del proceso.

(González Sara, 2014.)

### **6.5. Resumen de la casa de la calidad.**

Por lo tanto, la Casa de la Calidad, también conocida como QFD (Quality Function Deployment), es una herramienta empleada en la gestión de la calidad para el diseño de productos y servicios. Fue desarrollada en Japón en la década de 1960 y se ha convertido en una parte integral de la metodología

La Casa de la Calidad se representa gráficamente como una estructura en forma de casa con varias secciones de las cuales se priorizan e identifican las necesidades y expectativas de los clientes, que posteriormente son estructuradas como características técnicas y especificaciones del producto o servicio.

En la parte superior de la Casa de la Calidad se encuentran las "Voces del Cliente" (VoC), las cuales se obtienen a través de encuestas, entrevistas, entre

otras técnicas de recopilación de datos. Que reflejan las necesidades y deseos de los clientes.

En la parte central de la casa se encuentra la "Matriz de Despliegue de la Calidad", en ella se establecen las relaciones que tienen las características técnicas del producto, con base a las necesidades del cliente.

En la parte inferior de la casa se encuentran las "Características Técnicas" y los "Parámetros de Diseño", de las cuales se desglosan los procesos de diseño y fabricación, y que estos sean medibles en el producto o servicio.

En resumen, la Casa de la Calidad es una herramienta grafica estructurada, que evalua las necesidades de los clientes, producto, u objeto de estudio, adecuándolas en características técnicas de especificación, lo que mejorara la calidad y satisfacción del cliente.



### **6.6.1. Análisis de la casa de la calidad para la pinza amperimétrica 378FC**

La casa de la calidad proporciona gráficamente la relación existente en los requisitos y los requerimientos de funcionalidad para el instrumento en forma secuencial con base al nivel de importancia del usuario. En el grado más alto se percibe la facilidad de utilización del instrumento. Para el nivel medio alto se considero la funcionalidad, precisión, capacidad ideal de medición, condiciones adecuadas de uso, contar con personal capacitado, información de operación, e identificación antes y después de utilizar el quipo. Posterior a ello se considera el nivel medio bajo en el cual se encuentra la certificación, calibración y posesión de un control para almacenamiento del equipo. Por ultimo se encuentra el nivel bajo definido por llevar un control de uso, un sistema de trazabilidad y un método de suspensión del equipo propenso a fallar.

Concluyendo con lo señalado previamente puedo aportar que en el análisis grafico para el sistema de trazabilidad no implementado proporciona disparidades significativas, las cuales afectaran en un nivel variable la fiabilidad de la pinza amperimétrica 378FC. por otra parte, la implementación de este sistema proporciona un control total y preciso en la mitigación del funcionamiento inadecuado del instrumento de dichas disparidades.

### **6.7. Beneficios al incorporar la trazabilidad**

Se puede deducir que la trazabilidad encausada para la pinza amperimétrica 378 FC, facilita identificar el origen de fallas, permitiéndonos suspender su uso con precisión para someterlo a pruebas de evaluación y diagnóstico sin poner en peligro al operador. Sin embargo, esta no se debe considerar como un sobre costó, o innecesaria, en vista de su utilización ya que puede proporcionar los siguientes beneficios:

### **A. Mejora de calidad en todos los procesos.**

La implementación de este sistema mejorara el control sobre el ingreso, ubicación, uso y desgaste de la pinza amperimétrica, obligando a los usuarios a analizar las acciones que esta realiza en los diferentes sectores por los cuales es trasladada.

### **B. Reducción de costos.**

Al poseer información exacta sobre cada proceso por el que pasa nuestro instrumento, es posible detectar con mayor eficacia los errores metodológicos de operación e incluso mejorar los procesos internos, lo que resultará en disminución de costos por reparaciones, para los instrumentos que se analizan con el amperímetro de gancho.

### **C. Ahorro de Tiempo.**

La documentación actualizada del registro de la pinza amperimétrica nos brinda acceso inmediato a cualquier información necesaria, para contar con un control total del instrumento. Así mismo es crucial que cada área y operador responsable de la herramienta actualice la información para garantizar su exactitud de medición.

### **D. Garantía de Calidad.**

Para la aplicación de un buen sistema de trazabilidad, es indispensable realizar el etiquetado con un código de identificación para cada instrumento existente dentro de un área, lo cual ofrece la seguridad de que estos funcionan adecuadamente.

### **E. Descubrir el origen del problema.**

Al identificar la falla, resulta indispensable percibir desde qué punto comenzó el problema y un modo de identificarlo es aplicar la trazabilidad regresiva, lo que nos permitirá conocer cómo fue afectado el proceso.

## **F. Identificar las áreas que han utilizado la pinza amperimétrica.**

Cuando surge una falla en el instrumento, es esencial identificar su origen (el cual nace de su uso), del mismo modo esto esta relacionado con las áreas en las cuales fue empleado, con la finalidad de conocer el punto en el cual fallo.

## **G. Identificación inmediata de errores.**

El buen manejo de un sistema de trazabilidad maximiza la comunicación entre los sujetos que la usan y la coordinación de los procesos en los cuales nuestro equipo ha intervenido, porque al existir un error en el quipo se puede atender de forma inmediata sin alterar el ritmo de trabajo que previamente ya se ha realizado.

## **H. Toma de decisiones.**

La implementación de un sistema de trazabilidad evaluar toda la información de un equipo para ayudarnos a tomar mejores decisiones respecto a su uso, cuidado, asignación y eliminación, siendo este uno de los puntos fundamentales al momento de operar el instrumento.

### **6.8. Limitaciones para implementar la trazabilidad**

Las limitaciones que pueden impedir implementar un sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC son las siguientes:

#### **A. Limitación de recursos**

La trazabilidad dentro de una empresa o industria mejora la forma en la cual se identifican los diferentes instrumentos y los costos que estos generan. Sin embargo, es necesario señalar que un factor considerable, en cualquier empresa, es el capital económico, debido a que la adquisición e implementación de diversos equipos y sistemas resulta costoso.

Es bien identificado que entre más grande sea la empresa, esta tendrá mayor facilidad en la adquisición e implementación de instrumental, así mismo si es más pequeña, la probabilidad de que esta acción no se realice de forma adecuada o no sea posible implementarla tiende a ser mayor.

## **B. Limitación de información**

Cuando se desea implementar un sistema de trazabilidad a cualquier equipo y este no cuenta con la información completa, resulta disfuncional, poco inútil, provocando fallas y errores en los procesos, incluso tendiendo a resultar en la imposibilidad de poner en marcha dicho método debido a que, es necesaria la existencia de datos precisos, confiables, completos y actualizados, lo cual es indispensable para contar con las bases necesarias de cada variable que surja. Además, es conveniente considerar que; es limitante la falta de datos del instrumento, para incorporar un sistema de trazabilidad.

## **C. Limitación de estandarización**

La estandarización se entiende como la acción de asemejar las etapas de cada proceso a un modelo en común. Ahora bien, la presente limitante se divide en dos; la primera surge cuando no se tienen bien identificados los procesos llevados a cabo dentro de una empresa, y la segunda una vez que no se cuenta con una base sobre la cual compararla. Ambas circunstancias suelen ocurrir en pequeñas empresas, las cuales normalmente son administradas por personas con ausencia de conocimientos profesionales para realizar este tipo de acciones. Un ejemplo de esto es cuando, en los equipos de medición eléctrica, es necesario utilizar parámetros de medición establecidos por el Sistema Internacional de medición (SI) y por el (CENAM).

## **D. Limitación de capacidad**

Cuando una empresa adquiere equipos e instrumentos, aunque cuente con el recurso económico necesario para obtenerlos, en repetidas circunstancias no cuentan con suficiente capacidad o espacio para ubicarlos, guardarlos y

protegerlos, lo que provoca en primera instancia que opten por conseguir un equipo diferente y si se adquieren, se poseen en condiciones deficientes para un óptimo funcionamiento, causando problemas desde su inicio, puesto que posteriormente provocara una mala implementación del sistema de trazabilidad.

#### **E. Limitación de conciencia**

Al implementar un sistema de trazabilidad, si los usuarios piensan que incorporar este método, es inconveniente, innecesario o muy costoso, y que sin su ejecución la empresa continuará proporcionando buenos resultados, por consecuencia serán conducidos inevitablemente a la quiebra. De ahí la importancia de hacer entrar en razón a quienes no estén de acuerdo o dispuestos a implementar dicha técnica en la industria.

### **6.9. Preparación para implementar un sistema de trazabilidad**

Para garantizar la calidad y fiabilidad de cualquier equipo es indispensable contar con el conocimiento de cómo este se manipula, y antes de hacerlo, es fundamental llevar a cabo los siguientes puntos:

- A. Precisar a qué equipo o equipos se implementará el sistema.
- B. Recopilar toda la información del equipo.
- C. Establecer un método de identificación (etiquetado de los equipos).
- D. Especificar el estado inicial de cada equipo.
- E. Realizar un inventario de los equipos.
- F. Determinar el funcionamiento y destino de cada equipo.
- G. Ubicar las áreas por las cuales el equipo deberá transitar.
- H. Designar la ubicación exacta en donde se guardará o estará el equipo.
- I. Capacitar a las personas que manipulara los equipos.
- J. Identificar los estándares requeridos de cada equipo para su funcionamiento.

Establecer una estandarización para nuestro equipo, se requiere efectuar certificaciones en los parámetros de medición, que son proporcionados por organismos e instituciones del sector competente, mismos que se encargan de verificar los lineamientos a cumplir en cada equipo correspondiente.

Del mismo modo estos certificados van argumentados con un informe de calibración y una carta de trazabilidad la cual aborda los datos de forma gráfica, tanto de nuestro equipo como el de los equipos que lo calibraron.

### **6.10. Carta de trazabilidad**

La “Recomendación GIT 3/2005” del CENAM proporciona los lineamientos para la elaboración de cartas de trazabilidad, las cuales son “una herramienta para visualizar información relevante a la trazabilidad de una medición o calibración de manera resumida. Es útil, por ejemplo, para identificar los elementos de la trazabilidad, analizar la cadena de trazabilidad, y mostrar la coherencia de los valores de las incertidumbres”. (CENAM, 2005.)

### **6.11. Definición**

Una carta de trazabilidad de un resultado de medición específico o del valor de un patrón, es un diagrama que muestra la relación de calibraciones o comparaciones entre este resultado y las referencias determinadas. Para poder comprender bien el concepto anterior es importante saber que una cadena de trazabilidad es la sucesión de sistemas de medición, con sus procedimientos y patrones de medición asociados, que relaciona el resultado de una medición con la referencia metrológica establecida.

Es una carta que muestra los elementos que constituyen la cadena de trazabilidad respectiva, es decir, los sistemas de medición o los patrones y los métodos, las incertidumbres de cada calibración o medición, y la referencia al documento o procedimiento que soporta cada calibración o medición. En caso de que el valor resultante de una medición se derive de la medición de varias magnitudes, indica las cadenas relativas a cada una de esas magnitudes. El resultado de medición objeto de la carta puede ser el resultado de un proceso de certificación de un material de referencia, de un servicio de calibración o de una medición. (CENAM, 2005.)

## **6.12.Elementos**

Los elementos principales que se encuentran en una carta de trazabilidad y la información que deben contener son:

### **6.12.1. Referencia al mensurando y al organismo emisor de la carta**

A. El nombre del laboratorio emisor de la carta de trazabilidad y la organización a la que pertenece, en su caso.

Por ejemplo, Laboratorio de calibración de medidores de pequeños volúmenes, CENAM.

B. El mensurando objeto de la carta de trazabilidad.

Por ejemplo, volumen de pipeta volumétrica.

La información anterior constituye el encabezado de la carta de trazabilidad y si se considera pertinente puede agregarse del mismo modo en el encabezado:

- C. El nombre o identificación del método de medición o calibración que usa el laboratorio emisor de la carta de trazabilidad para obtener el resultado de la medición objeto de la carta.

Por ejemplo, método gravimétrico.

(CENAM, 2005.)

### **6.12.2. Referencia a los patrones**

- A. Identificación del patrón.

Por ejemplo, pesas de clase E1.

- B. El valor o el intervalo de valores numéricos asignados al patrón con sus respectivas unidades.

Por ejemplo, valores 1 mg a 1 kg.

- C. La incertidumbre de estos valores.

Por ejemplo 0,002 mg a 0,5 mg.

La información anterior sobre cada patrón se encierra en un rectángulo.

Adicionalmente, se muestra:

- D. Una identificación del certificado o informe de calibración o medición que soporta la trazabilidad de dicho patrón. Debe indicarse el número de certificado o informe, y el nombre del organismo emisor de este. Este organismo emisor puede ser un laboratorio distinto al que emite la carta de trazabilidad, aunque también sea parte del CENAM.

Por ejemplo, Laboratorio de masa CNM-CC730-067/2003.

El patrón que constituye el origen de la trazabilidad de la medición o calibración realizada por el laboratorio emisor de la carta de trazabilidad se presenta mediante un rectángulo con doble línea. (CENAM, 2005.)

### **6.12.3. Referencia a los métodos o procedimientos**

La referencia al método puede realizarse de dos formas:

Cuando el método o procedimiento es reconocido y del dominio en el área de las mediciones de que se trate, su descripción puede limitarse a una cita o referencia breve al documento del método.

En aquellas mediciones en las que la descripción del método se considera más relevante, como es el caso particular de las mediciones de cantidad de sustancia o de propiedades de materiales, la información sobre cada método se encierra en un ovalo que incluye, a título indicativo mas no limitativo:

- A. El mensurando cuyo valor se obtiene mediante la aplicación del método.  
Por ejemplo, densidad del agua.
- B. El nombre o denominación del método.  
Por ejemplo, método BIPM.
- C. El modelo matemático, si el espacio lo permite, o la identificación de la referencia documental al respecto en otro caso.  
Por ejemplo,  $\rho = \rho(T)$ , o. En el primer caso se incluye la nomenclatura empleada.
- D. La referencia al procedimiento aplicado para efectuar la calibración o medición.  
Por ejemplo, Proc. 710-AC-P-002.

(CENAM, 2005.)

### **6.12.4. Información complementaria**

Tanto para describir los patrones o los métodos (o procedimientos) y para evitar que en una carta de trazabilidad la información sea demasiado extensa, es

conveniente hacer referencia a otros documentos, mediante un número entre corchetes. (CENAM, 2005.)

### **6.13.Ubicación de los elementos en la carta de trazabilidad**

Como una representación gráfica de la cadena de trazabilidad, la carta de trazabilidad muestra esquemáticamente todas las calibraciones y mediciones necesarias para relacionar las referencias determinadas con el resultado de la medición o el valor del patrón. La sucesión de patrones, que alternan con los respectivos métodos o procedimiento de medición, se ordenan en forma vertical:

- A. En la parte superior se sitúa el patrón del cual se obtiene la trazabilidad, indicado por un rectángulo con doble línea.
- B. Debajo se presenta el método o procedimiento de calibración o medición mediante el cual se establece el valor del siguiente patrón, cuya información a su vez se sitúa debajo.
- C. A continuación, y así sucesivamente se sitúan alternadamente los patrones y los métodos o procedimientos hasta llegar al valor del mensurando de interés y objeto de la carta de trazabilidad.

Cada patrón y cada método (o procedimiento) consecutivo en la carta de trazabilidad se unen mediante una flecha en el sentido de la diseminación del valor del patrón del cual se obtiene la trazabilidad, con el fin de indicar la cadena ininterrumpida de comparaciones. Al lado de la flecha que incide sobre un patrón, se indica la identificación del certificado o informe de calibración o medición que soporta la trazabilidad de dicho patrón.

Si el método (o procedimiento) que se aplica para determinar el valor de un patrón sólo requiere una referencia breve, los dos patrones consecutivos se unen por una flecha y a un lado de ésta se anota la referencia al método o

procedimiento. Adicionalmente, se indica la identificación del certificado o informe que soporta el valor del patrón.

Cuando se cuenta con información sobre la trazabilidad provista por un organismo externo al laboratorio emisor de la carta, puede ser un laboratorio distinto al que emite la carta de trazabilidad, pero que es parte del mismo organismo, se traza una línea horizontal punteada que separa los elementos de la cadena de trazabilidad que son responsabilidad del laboratorio emisor de la carta de aquéllos que son responsabilidad externa a tal laboratorio. Las zonas delimitadas por la línea horizontal se identifican con las leyendas “TRAZABILIDAD EXTERNA” y “TRAZABILIDAD INTERNA” según corresponda. (CENAM, 2005.)

## **7.0. CAPÍTULO VII.**

### **7.1. LINEAMIENTOS A IDENTIFICAR EN LA TRAZABILIDAD DE LA PINZA AMPERIMÉTRICA 378FC.**

#### **7.2. Unidades de medida.**

La pinza amperimétrica "378FC" utiliza la tecnología FieldSense que en general suele medir corriente eléctrica en unidades de Ampere (A), Tensión (Volt), Resistencia (Ohm), Frecuencia (Hertz) y Potencia (Watt).

Con esta pinza se pueden realizar mediciones de corrientes CA de hasta 2500 A, corriente CC de hasta 999.9 A, Tensión CA FieldSense con rango de 1000 V, Tensión CC en Cables de prueba con un rango de (600.0 V a 1000 V); siendo su mínima de mV CC de (500.0 mV), Amperes de frecuencia: Mordaza con rango de (45 Hz a 66 Hz), Amperes de frecuencia: Sonda de corriente flexible con un rango de (5.0 Hz a 500.0 Hz), Resistencia con los rangos de (60,00 k $\Omega$ , 6000  $\Omega$  600,0  $\Omega$ ), y Capacidad de (1000  $\mu$ F). (FLUKE, 2023)

En materia de mediciones, el Centro Nacional de Metrología es el laboratorio nacional que proporciona los estándares de referencia; este se basa en las unidades de medida establecidas por el Sistema Internacional de Unidades, de ahí su importancia de estudio.

#### **7.3. Sistema Internacional de Unidades.**

El Sistema Internacional de Unidades (SI) es el conjunto de unidades de medida adoptado internacionalmente, el cual es utilizado en los diferentes campos

de la ciencia, la tecnología, la educación, el comercio y la industria. La Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 es la que establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades de este Sistema en México, por lo que a continuación se debe acatar lo que dicha norma ordena.

De conformidad con la norma citada anteriormente, el SI establece dos tipos de unidades, las básicas y las derivadas, las primeras “son 7, correspondiendo a las siguientes magnitudes: longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia. Los nombres de las unidades son respectivamente: metro, kilogramo, segundo, ampere, kelvin, candela y mol.

Las magnitudes, unidades, símbolos y definiciones se describen en la Tabla 1”; y las segundas “se obtienen a partir de las unidades de base, se expresan utilizando los símbolos matemáticos de multiplicación y división. Se pueden distinguir tres clases de unidades: la primera, la forman aquellas unidades SI derivadas expresadas a partir de unidades de base, de las cuales se indican algunos ejemplos en las Tablas 2 y 3; la segunda la forman las unidades SI derivadas que reciben un nombre especial y símbolo particular, la relación completa se cita en la Tabla 4; la tercera la forman las unidades SI derivadas expresadas con nombres especiales, algunos ejemplos de ellas se indican en la Tabla 5”. Para obtener la información de estas tablas te recomiendo ver el URL de la cita siguiente; (Diario Oficial de la Federación, 2002).

Ahora, se aplicara el enfoque en la identificación de las unidades eléctricas de mayor importancia y relevancia al ser utilizadas en el área eléctrica, especialmente para el tema que nos ocupa, los cuales son el Volt, el Ampere, el Ohm, Watts, Henry, Farad. Así como sus respectivas equivalencias que se muestran a continuación, estas son extraídas y adecuadas con base a “ la Norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002, sistema general de unidades de medida general system of units. (Diario Oficial de la Federación, 2002)” se pueden visualizar en la tabla 10 y 11 que se presentan a continuación.

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
Intensidad			
Ampere (A)	Miliampere (mA)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Ampere (A)	Microampere ( $\mu$ A)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Microampere ( $\mu$ A)	Ampere (A)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Microampere ( $\mu$ A)	Miliampere (mA)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Miliampere (mA)	Ampere (A)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Miliampere (mA)	Microampere ( $\mu$ A)	$10^3$	3 lugares a la derecha

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
VOLTAJE			
Volt (v)	kilo volt (KV)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Volt (v)	Megavolt (MV)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Volt (v)	Milivolt (mv)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Volt (v)	Microvolt ( $\mu$ v)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Milivolt (mv)	Volt (v)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Milivolt (mv)	Microvolt ( $\mu$ v)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Microvolt ( $\mu$ v)	Volt (v)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Microvolt ( $\mu$ v)	Milivolt (mv)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Kilovolt (KV)	Volt (v)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Kilovolt (KV)	Milivolt (mv)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Megavolt (MV)	Kilovolt (KV)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Megavolt (MV)	Volt (v)	$10^6$	6 lugares a la derecha

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
RESISTENCIA			
Ohm ( $\Omega$ )	Miliohm (m $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Ohm ( $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Ohm ( $\Omega$ )	Megaohm (M $\Omega$ )	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Miliohm (m $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Miliohm (m $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Kiloohm (K $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Kiloohm (K $\Omega$ )	Megaohm (M $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Kiloohm (K $\Omega$ )	Miliohm (m $\Omega$ )	$10^6$	6 lugares a la derecha
Megaohm (M $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Megaohm (M $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^6$	6 lugares a la derecha

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
RESISTENCIA			
Ohm ( $\Omega$ )	Miliohm (m $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Ohms ( $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Ohm ( $\Omega$ )	Megaohm (M $\Omega$ )	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Miliohm (m $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Miliohm (m $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Kiloohm (K $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Kiloohm (K $\Omega$ )	Megaohm (M $\Omega$ )	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Kiloohm (K $\Omega$ )	Miliohm (m $\Omega$ )	$10^6$	6 lugares a la derecha
Megaohm (M $\Omega$ )	Kiloohm (K $\Omega$ )	$10^3$	3 lugares a la derecha
Megaohm (M $\Omega$ )	Ohm ( $\Omega$ )	$10^6$	6 lugares a la derecha

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
POTENCIA			
Watt (W)	MiliWatt (mW)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Watt (W)	MicroWatt ( $\mu$ W)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Watt (W)	KiloWatt (KW)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Watt (W)	MegaWatt (MW)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
MiliWatt (mW)	Watt (W)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
MiliWatt (mW)	KiloWatt (KW)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
MicroWatt ( $\mu$ W)	MiliWatt (mW)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
MicroWatt ( $\mu$ W)	Watt (W)	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
KiloWatt (KW)	Watt (W)	$10^3$	3 lugares a la derecha
KiloWatt (KW)	MegaWatt (MW)	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
KiloWatt (KW)	MiliWatt (mW)	$10^6$	6 lugares a la derecha
MegaWatt (MW)	KiloWatt (KW)	$10^3$	3 lugares a la derecha
MegaWatt (MW)	Watt (W)	$10^6$	6 lugares a la derecha

Tabla 10: Sistema general de unidades de medida.

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
<b>CAPACITANCIA</b>			
Farad	Milifarad (mF)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Farad	Microfarad ( $\mu$ F)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Farad	Picofarad (pF)	$10^{12}$	12 lugares a la derecha
Milifarad (mF)	Farad	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Microfarad ( $\mu$ F)	Farad	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda
Picofarad (pF)	Farad	$10^{-12}$	12 lugares a la izquierda

Para convertir:	En:	Multiplica por:	O recorre el punto decimal:
<b>INDUCTANCIA</b>			
Henry	Milihenry (mH)	$10^3$	3 lugares a la derecha
Henry	Microhenry ( $\mu$ H)	$10^6$	6 lugares a la derecha
Milihenry (mH)	Henry	$10^{-3}$	3 lugares a la izquierda
Microhenry ( $\mu$ H)	Henry	$10^{-6}$	6 lugares a la izquierda

Tabla 11: Sistema general de unidades de medida.

#### 7.4. Centro nacional de metrología.

Gracias a la trazabilidad, un laboratorio acreditado es capaz de asegurar que las mediciones efectuadas cuentan con un determinado grado de exactitud, esto es, porque sus equipos obtienen certificaciones de instituciones especializadas, las cuales mantiene un alto grado de exactitud y precisión, de igual manera, están calibrados con patrones más exactos y precisos siendo estos los patrones primarios del organismo identificado dentro de México como Centro Nacional de Metrología, que en materia de mediciones el CENAM, es el laboratorio nacional de referencia, el cual se basa en las unidades del SI.

Es un organismo dependiente de la Secretaría de Economía, y de conformidad con su página oficial “es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones; responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos para

patrones, certificación en desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones. Mantiene estrecho contacto con laboratorios, así como organismos nacionales e internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México, consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios de nuestro país". (Secretaría de Economía, 2016.)

El CENAM es el organismo que cuenta con los laboratorios nacionales primarios de metrología, tecnología, competencia técnica y con las instalaciones adecuadas para realizar las mediciones de referencia de mayor precisión en todo México. Los laboratorios que se encuentran por debajo deben contar con las certificaciones correspondientes que proporciona este organismo para poder proporcionar fiabilidad en las mediciones eléctricas; cabe destacar que entre más alejados se encuentren los equipos con los parámetros de referencia primarios, tendrán una disminución en su precisión. Lo más recomendable es efectuar las calibraciones lo más cerca posible a los patrones de referencia primarios.

Ahora bien, para poder conservar los equipos patrones de referencia, todo laboratorio debe de contar con un equipo patrón de trabajo, que es el que se utiliza día a día; mientras que el equipo patrón de referencia se conserva en condiciones óptimas. El equipo de trabajo se debe de mandar a calibrar cada cierto tiempo y esto a su vez depende de la frecuencia de uso que se le dé, hay que tomar en cuenta que este último patrón debe calibrarse con el de referencia, por ejemplo: para calibrar mi pinza amperimétrica 378 FC, necesito un multímetro de precisión de 6,5 dígitos 8845A/8846A (Ver figura 2) el cual debe estar acreditado por el CENAM, entonces este multímetro de precisión sería un equipo patrón de trabajo y el equipo utilizado por CENAM para calibrar a dicho multímetro, sería el equipo patrón primario.



Figura 2. Multímetro de precisión de 6,5 dígitos 8845A/8846A (FLUKE, 2023a.)

Una vez comprendido lo anterior, es procedente analizar la ciencia que depende del SI para su estudio, ciencia que incorpora los diferentes rangos y estándares que se necesitan para la implementación de un sistema de trazabilidad.

### **7.5. Metrología en la pinza amperimétrica 378FC.**

La metrología Incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre de medida o su campo de aplicación; tiene como objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, los métodos, las técnicas de medición, la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante. (Secretaría de Economía, 2016.)

La metrología de la pinza amperimétrica se refiere al estudio de la aplicación de los principios y técnicas de medición utilizados en este dispositivo para asegurar la precisión en la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Además, la meteorología puede ofrecer beneficios para la pinza en perimétrica 378FC, Por ejemplo: Puede generar un registro de datos que permita

almacenar la lectura de las mediciones para su posterior análisis y revisión. además, puede generar una consulta remota de datos previamente proporcionados, lo cual genera certeza en la utilización del equipo.

## **7.6. Como implementar la metrología para la pinza amperimétrica 378FC.**

Para implementar la metrología eléctrica en el uso de la pinza amperimétrica, es importante seguir ciertas acciones y consideraciones:

### **A. Selección de pinza amperimétrica de calidad:**

Es fundamental elegir una pinza amperimétrica que cumpla con los estándares de precisión y confiabilidad adecuados a el tipo de medición que se quiere realizar.

### **B. Calibración inicial:**

Antes de utilizar la pinza amperimétrica, es recomendable realizar una calibración inicial. Esto se refiere a comparar las lecturas de la pinza amperimétrica con un patrón de referencia o un instrumento de medición de alta precisión. Si existen disparidades significativas, se deben ajustar los valores en la pinza es importante establecer un programa de calibración periódica.

### **C. Calibración periódica:**

Es importante establecer un programa de calibración para la pinza amperimétrica. Lo cual debe realizarse periódicamente, con base a las necesidades del instrumento, ya que estas varían a causa de múltiples factores.

### **D. Análisis y evaluación de incertidumbre:**

Es fundamental realizar el análisis y evaluación la incertidumbre asociada en las mediciones. Puesto que esto nos proporcionará el conocimiento en los rangos de error posibles del instrumento.

## **E. Mantenimiento adecuado:**

Fundamentalmente refleja las condiciones en las cual es el instrumento debe de mantenerse a lo largo de su existencia dentro de la empresa.

### **7.7. Calibración de la pinza amperimétrica.**

La calibración de la pinza a 378 FC debe ser realizada por laboratorio de calibración acreditado ya que éste contará con el personal capacitado en metrología eléctrica para realizar dicha acción, por esta razón sólo mencionaré algunas actividades generales a realizar antes y después demandar a nuestro instrumento a calibrarlo.

#### **7.7.1. Evaluación:**

Antes de mandar nuestro instrumento a calibración es imprescindible realizar una evaluación del comportamiento de éste, ya que con ello se obtendrá una certeza de las condiciones en las que se esta enviando.

#### **7.7.2. Preparación:**

Una vez que el instrumento se encuentra dentro de las instalaciones debe realizarse un monitoreo de las condiciones en las que se encuentra, del mismo modo realizar una serie de mediciones, registrando los valores obtenidos en condiciones estables, para posteriormente analizar y evaluar la precisión con la que nuestro instrumento cuenta después de haberlo mandado a calibrar. Dicho

esto, la evaluación deberá compararse con las lecturas del instrumento antes de disponerlo a dicha calibración.

### **7.7.3. Certificación:**

Realizada la calibración el laboratorio en turno deberá proporcionar un certificado de calibración el cual deberá contar con la información necesaria para avalar que nuestro instrumento cuenta con los más altos estándares de precisión en mediciones eléctricas, dentro de este mismo certificado deben visualizarse las correcciones en los valores medidos, los equipos con los cuales se calibro a nuestro instrumento y los estándares de referencia utilizados.

Mencionado lo anterior la calibración para la pinza amperimétrica 378 FC deberá realizarse por un laboratorio que se encuentre acreditado bajo las normas correspondientes en los estándares de calidad y trazabilidad, para poder proporcionarnos la certeza de que nuestro instrumento contará con los más altos estándares de medición.

### **7.7.4. Estimación de la incertidumbre de medición.**

La estimación de incertidumbre se realizará siguiendo los criterios de la GUM. La ecuación que relaciona las variables en la calibración de pinzas amperimétricas es la siguiente ecuación:

$$E = (\bar{I}_x + \delta I_{x \text{ hist}} + \delta I_{x \text{ coil}} + \delta I_{x \text{ stb}} + \delta I_{x \text{ res}}) - (N \times (I_s + \delta I_{s \text{ esp}} + \delta I_{s \text{ carg}}))$$

Donde:

$E$  = Error

$I_{x^-}$  = Promedio de las indicaciones de la pinza amperimétrica.

$\delta I_{x hist}$  = Corrección debida al efecto de histéresis presente en las pinzas amperimétricas para la medición de intensidad de corriente eléctrica continua.

$\delta I_{x coil}$  = Corrección debida a la interacción entre la bobina y la pinza amperimétrica (posición, ángulo).

$\delta I_{x stb}$  = Corrección debida al calentamiento del núcleo de la pinza amperimétrica.

$\delta I_{x res}$  = Corrección debida a la resolución de la pinza amperimétrica.

$N$  = Número de vueltas de la bobina en el sistema de generación de intensidad de corriente.

$I_s$  = Valor de intensidad de corriente eléctrica corregido (calibración del patrón).

$\delta I_{s esp}$  = Corrección debida a la incertidumbre instrumental “especificaciones del fabricante” del patrón, este término considera todos los aspectos y características metrológicas del patrón.

$\delta I_{s carg}$  = Corrección debida a la carga entre la pinza amperimétrica/bobina con la fuente de intensidad de corriente.

(Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, 2020)

#### **7.7.4.1. Incertidumbre por repetibilidad $u(\bar{I}_x)$ .**

Se toman repeticiones independientes y al promedio de estas indicaciones de la pinza amperimétrica se asocia la incertidumbre tipo A. La distribución de la probabilidad de esta fuente de incertidumbre se considera normal.

$$u(\bar{I}_x) = \frac{s(I_x)}{\sqrt{n}}$$

(Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, 2020)

#### 7.7.4.2. Incertidumbre combinada.

Para este punto se aplica la ley de propagación de incertidumbres para magnitudes de entrada no correlacionadas.

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(\bar{I}_x) + u^2(\delta I_{x \text{ hist}}) + u^2(\delta I_{x \text{ coil}}) + u^2(\delta I_{x \text{ stb}}) + u^2(\delta I_{x \text{ res}}) + N^2 (u^2(I_s) + u^2(\delta I_{s \text{ esp}}) + u^2(\delta I_{s \text{ carg}}))}$$

(Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM, 2020)

#### 7.7.5. Calculo de incertidumbre de la pinza amperimétrica.

La incertidumbre de una pinza amperimétrica se refiere a la incertidumbre asociada con las mediciones realizadas por la pinza amperimétrica. La incertidumbre puede ser causada por diversos factores, como la precisión de la pinza amperimétrica, las condiciones ambientales, la habilidad del operador entre otros.

Para calcular la incertidumbre de una pinza amperimétrica, deben seguirse los siguientes pasos:

A. Determinar la resolución de la pinza amperimétrica:

La resolución se refiere a la menor cantidad de corriente que puede medir la pinza amperimétrica, identificada en las especificaciones del fabricante.

B. Determinar la precisión de la pinza amperimétrica:

La precisión se refiere a la diferencia entre el valor medido por la pinza amperimétrica y el valor real de la corriente, que de igual forma se encuentra en las especificaciones del fabricante.

C. Identificar los factores que pueden afectar la incertidumbre:

Estos factores pueden incluir la habilidad del operador, la temperatura ambiente, la humedad, entre otras condiciones que puedan influir en la medición.

Mencionado lo anterior, procedo a dar la fórmula para calcular la incertidumbre:

$$U_c = \sqrt{(U_a)^2 + (U_b)^2 + (U_c)^2 \dots \dots}$$

(Instituto Nacional de Metrología de Colombia – INM, 2020)

Donde  $U_c$  es la incertidumbre combinada, y  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$  etc. son las incertidumbres de los diferentes factores.

Es importante tener en cuenta que la incertidumbre de una medición es una estimación y puede variar dependiendo de las condiciones en las que se realiza la medición. Por lo tanto, es importante realizar varias mediciones y promediar los resultados para obtener una estimación más precisa.

## **7.8. Reglas para efectuar mediciones.**

Todos y cada uno de los equipos eléctricos requieren de diferentes mediciones, y al mismo tiempo, de realizarlas con diferentes magnitudes, ya sea en baja, media o alta tensión. Por lo que cada equipo cuenta con reglas específicas para no poner en riesgo al operador y realizar mediciones confiables, para ello es adecuado tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Identificar el tipo de medición por aplicar y el equipo correspondiente para realizarla.

2. Encontrarnos en el rango y posición correctos al momento de realizar la medición para poder visualizar la lectura.
3. Mantener limpio el material, los instrumentos y el área en la cual se realizará la medición.
4. En mediciones de alta exactitud, es necesario tomar en cuenta los factores de temperatura y presión de referencia para que el equipo opere óptimamente.
5. No hacer mediciones en las cuales el operador tenga que realizar maniobras que pongan en peligro su vida o de las personas que se encuentran cerca del área de medición.
6. Verificar que el equipo se encuentre en la posición 0 las veces que resulten necesarias para poder partir desde esa unidad y realizar la lectura de una forma certera.
7. Contar con los equipos de protección necesarios para poder realizar una medición sin poner en riesgo al operador, tales como: Guantes dieléctricos, Botas de seguridad, Ropa ignífuga antiestática, Casco de seguridad, Pértigas dieléctricas, Banquetas y alfombras aislantes. De los cuales a continuación se muestra de forma ilustrativa en la Figura 3.



Figura 3. Protección al realizar mediciones.(FLUKE, 2023b.)

Se requiere tener en cuenta que, todo lo anterior no se podría realizar sin tener requisitos exactos para su ejecución y sin especificaciones aprobadas tanto por organismos internacionales como nacionales. Ahora, para poder implementar la trazabilidad en México fue necesario la promulgación de diversas normativas para formalizar en toda la nación una sola base de estudio, lo que ayuda a que todos los laboratorios y empresas que realizan actividades de medición lo hagan en igualdad de términos. Por esta razón, mencionaré algunas de las normas más importantes de esta investigación.

### **7.9. Análisis de Varianza ANOVA.**

La técnica del Análisis de la Varianza (ANOVA) es una de las técnicas más utilizadas en el análisis de datos de los diseños experimentales. Se utiliza cuando se quiere probar la igualdad de dos o más medias, por lo que puede verse como una extensión de la prueba t para diferencias de dos medias. Un análisis de la varianza permite determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren. El ANOVA también puede verse como un procedimiento que permite dividir la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes, cada una de las cuales puede ser atribuido a una fuente (variable o factor) identificable. (Bernal Pérez, 2017, p. 29)

Puedo definir que el análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés, Analysis of Variance) es una base de datos estadísticos utilizados para comparar las medias de dos o más grupos numéricos y determinar la diferencia existente significativa entre ellos.

El objetivo principal de ANOVA es comparar las varianzas: La varianza es una medida, que representa la variabilidad de un conjunto de datos, con respecto

a su media. Es decir, la varianza es una medida de dispersión que indica el grado de desfase con el que cuentan los datos respecto de su media.

El proceso implica calcular la variación total, variación entre grupos, variación dentro de grupos, estadística de prueba F y P-valor(valor de probabilidad) para evaluar si las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas.

En resumen, ANOVA es un análisis estadístico indispensable para comparar medidas entre múltiples grupos determinando si existen diferencias significativas entre ellos.

En la tabla 12 se muestran las Formulas para realizar el Análisis de varianza de factor:

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRO MEDIO	CONSTANTE
ENTRE TRATAMIENTOS (VE)	$S_T = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{Ti} - \bar{Y}_{...})^2$	$V_T = K - 1$	$S_T^2 = \frac{S_T}{K - 1}$	$\frac{S_T^2}{S_R^2}$
DENTRO DE TRATAMIENTOS (VNE)	$S_R = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$V_R = N - K$	$S_R^2 = \frac{S_R}{N - K}$	$\frac{S_T^2}{S_R^2}$
TOTAL, EN RELACION A LA MEDIA GENERAL(VT)	$S_D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - N\bar{Y})^2$	$V_D = N - 1$	$S_D^2 = \frac{S_D}{N - 1}$	

Tabla 12: Formulas para realizar el Análisis de varianza de factor (Bernal Pérez, 2017, p. 31)

## **8.0. CAPÍTULO VIII.**

### **8.1. NORMATIVIDAD**

#### **8.2. Introducción**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación. (SECRETARÍA DE SALUD, 2015).

En la presente investigación, son aplicables diversas normas, algunas de las más relevantes son:

#### **8.3. NOM-008-SCFI-2002**

La Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, denominada "Sistema general de unidades de medida" tiene como propósito establecer un lenguaje común que responda a las exigencias actuales de las actividades científicas, tecnológicas, educativas, industriales y comerciales, al alcance de todos los sectores del país. (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2002)

Dicha norma se basa en las resoluciones y acuerdos de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), órgano encargado de tomar decisiones en

materia de metrología y, en particular, en lo que corresponde al Sistema Internacional de Unidades.

Su campo de aplicación es establecer las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del SI y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la CGPM que, en conjunto constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la industria, la educación y el comercio.

#### **8.4. NMX-CC-9001-IMNC-2015**

Esta NOM denominada “Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos” promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficiencia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente.

Así mismo, especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización:

- C. Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.
- D. Desea aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de la norma son genéricos y pretenden que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo o tamaño, o los productos y servicios suministrados. (Estados Unidos Mexicanos., 2015)

## **8.5. NMX-EC-17025-IMNC-2018**

La Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2018 llamada “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” se desarrolló con el objetivo de promover la confianza en la operación de los laboratorios, estableciendo requisitos que les permitan demostrar que operan de forma competente y que tiene la capacidad de generar resultados válidos. (Estados Unidos Mexicanos., 2018)

Su campo de aplicación es extenso, debido a que va enfocado a todas las organizaciones que desarrollan actividades de laboratorio, independientemente de las características de este. De la misma manera, establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración para asegurar la más alta calidad en los equipos, también incluye los requisitos técnicos necesarios para lograr la acreditación de dichos laboratorios, para demostrar que son técnicamente competentes y que sus resultados son veraces.

## **8.6. NMX-CC-10012-IMNC-2004**

Conocida como “Sistemas de gestión de las mediciones-Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”. Es la norma mexicana que especifica los requisitos genéricos y proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y para la confirmación metrológica del equipo de medición utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento de requisitos metrológicos. (Sistemas de gestión de las mediciones-requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición, 2004, p. 9.)

Es una norma idéntica a la Norma Internacional ISO 10012:2003, ambas especifican los requisitos del sistema de gestión de las mediciones, el cual debe

cumplir con los requisitos metrológicos especificados; la presente NOM no está prevista para ser utilizada como requisito, sino que, es voluntad de las partes interesadas acordar la utilización de esta norma como entrada para cumplir los requisitos del sistema de gestión de las mediciones en actividades de certificación.

## **9.0. CAPÍTULO IX.**

### **9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.**

#### **9.2. Sistema de trazabilidad para la pinza amperimétrica 378FC.**

Adquiriendo el producto identificado como Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz iFlex Fluke 378 FC, desde fabrica, debe incorporarse el sistema de trazabilidad que comenzare a describir paso a paso.

##### **9.2.1. Acciones por realizar cuando se adquiere el equipo.**

- A. Identificar las condiciones en las que se encuentra el equipo al momento de comprarlo y las condiciones en las que se transporta a la empresa.
- B. Realizar un diagnóstico con la hoja de datos técnicos del equipo ya que esta reflejará los parámetros de medida que puede realizar.
- C. Una vez hecho lo anterior, se puede etiquetar nuestro equipo.

##### **9.2.2. Acciones por realizar una vez ingresado el equipo en la empresa.**

- A. Archivar los datos del equipo y factura del fabricante.
- B. Implementar una forma de identificación del equipo, la cual será útil al momento de incorporarlo al servicio de la empresa y fuera de ella.

Para controlar el ingreso del equipo, se requiere identificar los siguientes datos:

1. Nombre.
2. Marca.
3. Modelo.
4. Número de serie.
5. Empresa en donde se adquirió.
6. Número de identificación asignado por la empresa que lo adquirió.
7. Fecha en la que se ingresó.
8. Dirección y departamento que se harán responsables del resguardo.
9. Nombre de la persona responsable del buen funcionamiento del equipo.
10. Identificar las condiciones en las que se resguardará.
11. Firma del responsable.

Ahora bien, cuando un operador requiera utilizar este equipo debe realizar un control, el cual tendrá que reflejar los siguientes datos:

1. El nombre del equipo.
2. La marca del equipo.
3. El modelo del equipo.
4. El número de serie del equipo.
5. El número de identificación del equipo.
6. El área que proporcionó el equipo.
7. La condición en la que se entrega.
8. Nombre de la persona que proporciona el equipo al operador.
9. El área en la cual se utilizará el equipo.
10. Nombre de las personas que solicitan el equipo.
11. La fecha de cuándo se solicitó el equipo.
12. Firma de quién solicitó el equipo.
13. Firma de quién autorizó la entrega del equipo.

Una vez utilizado el equipo la acción consecuente es regresarlo al departamento asignado para su resguardo, para ello de igual forma, se debe llenar el control de ingreso del equipo. En el cual incorpora la siguiente información:

1. Nombre del equipo.
2. La marca del equipo.
3. El modelo del equipo
4. El número de serie del equipo.
5. El número de identificación del equipo.
6. El área en la cual se utilizó el equipo.
7. El área en la cual se entrega el equipo.
8. La condición en la cual se entrega el equipo.
9. Nombre de la persona que entrega el equipo al encargado de resguardarlo.
10. Nombre de la persona que recibe el equipo.
11. La fecha de entrega.
12. Firma de quién recibió el equipo.
13. Firma de quién entregó el equipo.

### **9.1.3. Acciones por realizar cuando el equipo requiere calibración, mediante diferentes factores que lo denotan.**

- A. Identificar los organismos que pueden realizar la calibración hacia nuestros equipos, para que estos organismos nos proporcionen la documentación necesaria que avale a nuestro equipo, en cuanto a la certeza de sus mediciones.
- B. Una vez realizada la acción anterior, debe realizarse un análisis de los datos de nuestro equipo, siendo las siguientes:
  1. Nombre del equipo.
  2. Marca del equipo.
  3. Modelo del equipo.

4. Número de serie del equipo.
5. Instrumentos adicionales del equipo.
6. Número de identificación del equipo que anteriormente fue implementado por la empresa que lo adquirió.
7. Nombre de la empresa a la que se mandará el equipo para calibración.
8. Nombre de quién autorizó enviar a calibrar el equipo, preferentemente el encargado del área que resguarda el equipo.
9. Fecha en la que se mandará el equipo a calibrar.
10. Firma del responsable quién manda el equipo a calibrar.

Al ya contar con los datos de nuestro equipo, es procedente enviarlo al organismo que realizará la calibración.

#### **9.1.4. Acciones por realizar cuando el equipo regresa de ser calibrado por el organismo al cual se envió.**

Una vez que el organismo notifica que nuestro equipo ya se encuentra calibrado, lo mas importante es verificar que nos proporcione la información correspondiente:

- A. Certificado de calibración.
- B. Informe de calibración.
- C. Carta de trazabilidad.

Verificado lo anterior, se procede a continuar con el análisis del informe y la carta de trazabilidad.

### **9.1.5. Acciones por realizar después de analizar el informe de calibración y la carta de trazabilidad.**

Incorporar los datos del informe y de la carta de trazabilidad a nuestra base de datos. Para ello se realizan las siguientes acciones:

- A. Incorporar a nuestra base de datos la información del informe de calibración, el cual refleja los nuevos parámetros de medición de nuestro equipo calibrado.
- B. Incorporar a la base de datos la información de la carta de trazabilidad, lo que nos permite visualizar de forma gráfica la información de los equipos que se utilizaron para calibrar el nuestro y así, en caso de que el equipo patrón tenga errores, identificar cuáles fueron los equipos calibrados con él, para suspender su uso inmediatamente.
- C. Una vez suministrados los datos del informe de calibración de nuestro equipo, debe realizarse el análisis de varianza, por medio del cual se refleja de forma inmediata los niveles de disparidad con base a los parámetros de medición suministrados a las adecuaciones del laboratorio.

Por último, será reingresado nuestro equipo calibrado a la empresa con los siguientes datos:

- 1. Nombre del equipo.
- 2. Marca del equipo.
- 3. Modelo del equipo.
- 4. Número de serie del equipo.
- 5. Instrumentos adicionales del equipo.
- 6. Número de identificación del equipo que anteriormente fue implementado por la empresa que lo adquirió.
- 7. Nombre de la empresa en la cual se mandó el equipo para calibrarlo.

8. Nombre de quién autorizó el ingreso del equipo a la empresa después de calibrarlo, preferentemente el encargado del área que resguarda el equipo.
9. Fecha en la que se ingresó el equipo calibrado.
10. Firma del responsable que ingresó el equipo calibrado en la empresa.

Todo lo anterior, nos ayuda a implementar nuestro sistema de trazabilidad, cabe destacar que esto queda sujeto a cambios, dependiendo del equipo o instrumento tomándolo como propuesta.

## 10.0. CAPÍTULO X.

### 10.1. EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD

#### FORMATO DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DE MEDICION ELECTRICA.

Ciudad: Ciudad de Puebla Fecha: 24/12/2022  
Referencia: Este instrumento se adquirio en la empresa Fluke  
Nombre del Equipo: Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz, medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke  
Estado del Equipo: Buen estado.  Roto:  Dañado   
Otros: \_\_\_\_\_

#### Datos de ingreso del Equipo.

Fecha de ingreso del equipo: 26/12/2022  
Condiciones en las que el equipo se recibe:  
Calibrado:  Dañado:  Deficiencia de funcionalidad:   
Buenas condiciones:   
Otros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Observaciones de entrada del equipo: El intrumento fue adquirido con todos los aditamentos en condiciones adecuadas desde la adquisición, dicho instrumento se almaceno en el area correspondiente encargada de su resguardo.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Pofesiona capacitado con nombre y firma.  
Firma del responsable de resguardar el instrumento.

**FORMATO DE REGISTRO PARA EL INGRESO DEL EQUIPO  
EN LA EMPRESA, ORGANIZACIÓN, INDUSTRIA, O DEPENDENCIA.**

**Nombre del equipo:** Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

**Marca del equipo:** FLUKE

**Modelo del equipo:** 378 FC

**No. de serie del equipo:** 55160099

**Empresa en la que se adquirió el equipo:** FLUKE

**Fecha de ingreso del equipo:** 15/01/2023

**Número de identificación:** PA378FC-3312

**Dirección responsable:** Almacén

**Persona responsable:** Profesional capacitado.

**Condiciones de resguardo:** Empaquetado y sellado en el locker número 25, línea 2-A

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma del responsable.**

**FORMATO DE SOLICITUD DEL EQUIPO POR UN OPERADOR DENTRO  
DE LA EMPRESA, ORGANIZACIÓN, INDUSTRIA, O DEPENDENCIA.**

**Nombre del equipo:** Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

**Marca del equipo:** FLUKE

**Modelo del equipo:** 378 FC

**No. de serie del equipo:** 55160099

**No. de identificación del equipo:** PA378FC-3312

**Área que proporciona el equipo:** Almacén

**Condición en la que se entrega el equipo:** Empaquetado y sellado con todos sus accesorios

**Persona encargada del resguardo:** Profesional capacitado con nombre y firma.

**Área que solicita el equipo:** Departamento de reparaciones

**Persona que solicita el equipo:** Profesional capacitado.

**Fecha de solicitud:** 16/01/2023

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma de quien solicito el equipo.**

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma de quien autoriza la entrega**

**FORMATO DE PROCEDIMIENTO DE ENTREGA DEL EQUIPO POR EL OPERADOR QUE LO UTILIZÓ  
DENTRO DE LA EMPRESA, ORGANIZACIÓN, INDUSTRIA, O DEPENDENCIA.**

**Nombre del equipo:** Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

**Marca del equipo:** FLUKE

**Modelo del equipo:** 378 FC

**No. de serie del equipo:** 55160099

**No. de identificación del equipo:** PA378FC-3312

**Área que solicitó el equipo:** Departamento de reparaciones

**Dirección responsable:** Almacén

**Condición en la que se entrega el equipo:** Guardado en su caja con todos sus accesorios.  
En la última medición el equipo presentó un error  
en los niveles especificados.

**Nombre de la persona que entrega el equipo:** Profesional capacitado.

**Fecha de entrega del equipo:** 02/02/2023

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma de quien recibe:**

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma de quien entrega:**

**FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS DEL EQUIPO, ANTES DE MANDARLO A CALIBRACIÓN.**

**Nombre del equipo:** Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

**Marca del equipo:** FLUKE

**Modelo del equipo:** 378 FC

**No. de serie del equipo:** 55160099

**Accesorios:** 1.- Pinza amperimétrica  
2.- Sonda flexible de corriente de 48 cm (18 pulg.)  
3.- Pinza de cocodrilo (negra)  
4.- Juego de cables de prueba con aislamiento.  
5.- Juego de puntas de prueba.  
6.- Maletín de transporte.

**No. de identificación del equipo:** PA378FC-3312

**Empresa que calibrará el equipo:** CENAM  
km 4.5 carretera a los Cues, 76246 Municipio del Marques, Qro.

**Persona que autoriza mandar a calibrar el equipo:** Profesional capacitado.

**Fecha en la que se manda el equipo a calibrar:** 05/02/2023

Profesional capacitado con nombre y firma.  
**Firma del responsable quien manda al equipo a calibrar.**

**FORMATO DE SALIDA DE LOS EQUIPOS DE MEDICION ELECTRICA.**

Ciudad: Ciudad de Puebla Fecha: 08/02/2023  
Referencia: Este instrumento se mandara a el laboratorio de calibracion  
Nombre del Equipo: Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

Estado del Equipo: Buen estado.  Roto:  Dañado

Otros: \_\_\_\_\_

**Datos de salida del Equipo.**

Motivo de salida del equipo:

Mantenimiento:  Calibracion:  El operador lo utilice:

Otros: \_\_\_\_\_

Responsable del instrumento: Profesional capacitado.

Cargo: Jefe de laboratorio.

Autorizo: Profesional capacitado.

Observaciones de salida: El instrumento se trasladara a el laboratorio que realizara la  
calibracion con todos los aditamentos necesarios para su analisis, ademas de que enciende  
y apaga en forma optima.

Profesional capacitado con nombre y firma.  
Firma del responsable del instrumento.

Profesional capacitado con nombre y firma  
Firma del responsable que autoriza.

**FORMATO DE INGRESO DE LOS EQUIPOS DE MEDICION ELECTRICA.**

Ciudad: Ciudad de Puebla Fecha: 15/02/2023  
Referencia: Este instrumento se adquirio en la empresa Fluke  
Nombre del Equipo: Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

Estado del Equipo: Buen estado.  Roto:  Dañado

Otros: \_\_\_\_\_

**Datos de ingreso del Equipo.**

Fecha de ingreso del equipo: 15/02/2023

Condiciones en las que el equipo se recibe:

Calibrado:  Dañado:  Deficiencia de funcionalidad:

Buenas condiciones:

Otros: \_\_\_\_\_

Observaciones de entrada del equipo: El intrumento fue adquirido con todos los aditamentos  
en condiciones adecuadas desde la adquisición, dicho instrumento se almaceno en el area correspondiente encargada  
de su resguardo.

Profesional capacitado con nombre y firma.  
Firma del responsable de resguardar el instrumento.

**FORMATO DE REINGRESO DEL EQUIPO EN LA EMPRESA, ORGANIZACIÓN,  
INDUSTRIA, O DEPENDENCIA, DESPUÉS DE MANDARLO A CALIBRAR.**

**Nombre del equipo:** Pinza amperimétrica de CA/CC con verdadero valor eficaz,  
medida de tensión sin contacto e iFlex Fluke

**Marca del equipo:** FLUKE

**Modelo del equipo:** 378 FC

**No. de serie del equipo:** 55160099

**Accesorios:**

- 1.- Pinza amperimétrica
- 2.- Sonda flexible de corriente de 48 cm (18 pulg.)
- 3.- Pinza de cocodrilo (negra)
- 4.- Juego de cables de prueba con aislamiento.
- 5.- Juego de puntas de prueba.
- 6.- Maletín de transporte.

**Número de identificación:** PA378FC-3312

**Empresa que calibró el equipo:** CENAM

**Persona que recibe el equipo:** Profesional capacitado.

**Fecha en la que se ingresa el equipo calibrado:** 20/02/2023

Profesional capacitado con nombre y firma.

**Firma del responsable del equipo.**

INFORME DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE METROLOGÍA

FOLIO No: 2022-738

Hoja 1 de 3

SOLICITANTE:

DIRECCIÓN:

CONTACTO:

Telefono:

EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN

Descripción	Identificación	Marca	Modelo	Serie	Clase de exactitud
<b>Ampermetro de Gancho</b>	<b>2583</b>	<b>Fluke</b>	<b>378 FC</b>	<b>55160099</b>	<b>Ver especificación</b>

PATRONES EMPLEADOS

Descripción	Marca	Modelo	Serie y/o ID	Exactitud	Folio de Calib.	Vigencia
<b>MULTICALBRADOR</b>	<b>FLUKE</b>	<b>5520A</b>	<b>P045</b>	<b>Ver especificaciones</b>	<b>202231284</b>	<b>14/06/2023</b>

Resultado:

CUMPLE: Cumple las especificaciones del fabricante/CUMPLE PARCIALMENTE: Algunas mediciones o funciones NO cumple con las especificaciones del fabricante/NO CUMPLE: No cumple con las especificaciones del fabricante o falla de equipo/  
CALIBRADO: No se evalúa la conformidad.

Frecuencia de calibración solicitada: 12 Meses

Lugar de Calibración: Laboratorio de metrología

Incertidumbre con factor de cobertura k= 2

Para un nivel aproximado de confianza del 95%

Realizó: Profesional capacitado con nombre y firma

Autorizó: Profesional capacitado con nombre y firma

HOJA DE RESULTADOS DEL INFORME DE CALIBRACIÓN

No SERIE Y/O ID:	2583	FOLIO: 2022-738
	Tensión Eléctrica Continua-Altern, Resistencia	HOJA 2 DE 3
		TEMP.DE CAL EN °C: 22.2
		HUMEDAD RELATIVA%: 54.7

LECTURA Patrón	LECTURA Instrumento	ERROR	LIMITES (±)	INCERTIDUMBRE (±)	ALCANCE	ANÁLISIS DE DATOS			
						Gráfico de tendencias	Evaluación		
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						0-500 mV		CUMPLE	
50	mV	50.0	mV	0	2.0				0.120
250	mV	250.0	mV	0	1.2				0.023
450	mV	450.1	mV	0.022	1.1				0.013
-450	mV	-450.3	mV	-0.067	1.1	0.013		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						0-600 V		CUMPLE	
60	V	60.0	V	0.056	1.8				0.150
300	V	300.2	V	0.056	1.2				0.029
540	V	540.1	V	0.012	1.1				0.016
-540	V	-539.3	V	-0.013	1.1	0.011		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						600-1000 V		CUMPLE	
700	V	699.0	V	-0.14	1.7				0.082
800	V	800.0	V	0	1.6				0.072
900	V	899.0	V	-0.11	1.6				0.064
-900	V	-899.0	V	-0.11	1.6	0.064		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,5%L + 5 Dig.						0-600 V		CUMPLE	
60	V	60.0	V	0	2.3				0.100
300	V	299.9	V	-0.033	1.7				0.025
540	V	540.0	V	0	1.6				0.027
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,5%L + 5 Dig.						600-1000 V		CUMPLE	
700	V	700.0	V	0	2.2				0.086
800	V	800.0	V	0	2.1				0.076
900	V	901.0	V	0.11	2.1				0.069
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						0-600 Ω		CUMPLE	
60	Ω	59.7	Ω	-0.44	1.8				0.240
300	Ω	300.0	Ω	0.033	1.2				0.021
540	Ω	541.0	Ω	0.19	1.1				0.012
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						600-6000 Ω		CUMPLE	
700	Ω	701.0	Ω	0.14	1.7				0.083
3000	Ω	3002.0	Ω	0.067	1.2				0.021
5400	Ω	5402.0	Ω	0.037	1.1				0.011
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		CUMPLE	
Exactitud Utilizad: 1,0%L + 5 Dig.						6-60 KΩ		CUMPLE	
7	KΩ	7.0	KΩ	-0.048	1.7				0.130
30	KΩ	30.1	KΩ	0.17	1.2				0.020
54	KΩ	54.0	KΩ	0.056	11.0				0.011
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		CUMPLE	

lectura patron	lectura instrumento
50	50.0
250	250.0
450	450.1
-450	-450.3

60	60.0
300	300.2
540	540.1
-540	-539.3

700	699.0
800	800.0
900	899.0
-900	-899.0

60	60.0
300	299.9
540	540.0

700	700.0
800	800.0
900	901.0

60	59.7
300	300.0
540	541.0

700	701.0
3000	3002.0
5400	5402.0

7	7.0
30	30.1
54	54.0

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
lectura patron	27	15551	575.962963	1396317.883
lectura instrumento	27	15557.48	576.202963	1397285.997

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.777600005	1	0.777600005	0.000000556700261550279	0.999407535	4.0266314
Dentro de los grupos	72633700.87	52	1396801.94			
Total	72633701.65	53				

### Análisis estadístico de varianza para el informe de calibración primera parte

En este caso se observa gráficamente el análisis para la lectura del patrón y la lectura del instrumento en una hoja de Excel, además de que se utilizaron las formulas de la tabla 11. Así mismo a continuación se muestra la obtención de los resultados:

SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON

$$\begin{aligned} &= (50) + (250) + (450) + (-450) + (60) + (300) + (540) + (-540) + (700) + (800) + (900) + (-900) \\ &+ (60) + (300) + (540) + (700) + (800) + (900) + (60) + (300) + (540) + (700) + (3000) + (5400) \\ &+ (7) + (30) + (54) = 15551 \end{aligned}$$

$$\text{PROMEDIO DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON} = \frac{15551}{27} = 575.962963$$

SUMA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO

$$\begin{aligned} &= (50.0) + (250.0) + (450.1) + (-450.3) + (60.0) + (300.2) + (540.1) + (-539.3) + (699.0) + (800.0) \\ &+ (899.0) + (-899.0) + (60.0) + (299.9) + (540.0) + (700.0) + (800.0) + (901.0) + (59.7) + (300.0) \\ &+ (541.0) + (701.0) + (3002.0) + (5402.0) + (7.0) + (30.0) + (54.0) = 15557.48 \end{aligned}$$

$$\text{PROMEDIO DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO} = \frac{15557.48}{27} = 576.202963$$

$$\text{SUMA TOTAL} = 15551 + 15557.48 = 31108.48$$

$$\text{NUMERO DE DATOS POR COLUMNA} \approx n_i = 27$$

$$\text{NUMERO DE DATOS TOTALES DE LAS COLUMNAS} \approx N = 54$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} \approx FC = \frac{(31108.48)(31108.48)}{54} = 17921065.33$$

VARIANZA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON

$$\begin{aligned}
& (50 - 575.9629)^2 + (250 - 575.9629)^2 + (450 - 575.9629)^2 + (-450 - 575.9629)^2 \\
& + (60 - 575.9629)^2 + (300 - 575.9629)^2 + (540 - 575.9629)^2 + (-540 - 575.9629)^2 \\
& + (700 - 575.9629)^2 + (800 - 575.9629)^2 + (900 - 575.9629)^2 + (-900 - 575.9629)^2 \\
& + (60 - 575.9629)^2 + (300 - 575.9629)^2 + (540 - 575.9629)^2 + (700 - 575.9629)^2 + (800 - 575.9629)^2 \\
& + (900 - 575.9629)^2 + (60 - 575.9629)^2 + (300 - 575.9629)^2 + (540 - 575.9629)^2 + (700 - 575.9629)^2 \\
& + (3000 - 575.9629)^2 + (5400 - 575.9629)^2 + (7 - 575.9629)^2 + (30 - 575.9629)^2 + (54 - 575.9629)^2 \\
\hline
& 26
\end{aligned}$$

$$\text{VARIANZA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON} = \frac{36304264.96}{26} = 1396317.883$$

#### VARIANZA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO

$$\begin{aligned}
& (50.0 - 576.2029)^2 + (250.0 - 576.2029)^2 + (450.1 - 576.2029)^2 + (-450.3 - 576.2029)^2 + (60.0 - 576.2029)^2 \\
& + (300.2 - 576.2029)^2 + (540.1 - 576.2029)^2 + (-539.3 - 576.2029)^2 + (699.0 - 576.2029)^2 + (800.0 - 576.2029)^2 \\
& + (899.0 - 576.2029)^2 + (-899.0 - 576.2029)^2 + (60.0 - 576.2029)^2 + (299.9 - 576.2029)^2 + (540.0 - 576.2029)^2 \\
& + (700.0 - 576.2029)^2 + (800.0 - 576.2029)^2 + (901.0 - 576.2029)^2 + (59.7 - 576.2029)^2 + (300.0 - 576.2029)^2 \\
& + (541.0 - 576.2029)^2 + (701.0 - 576.2029)^2 + (3002.0 - 576.2029)^2 + (5402.0 - 576.2029)^2 + (7.0 - 576.2029)^2 \\
& + (30.0 - 576.2029)^2 + (54.0 - 576.2029)^2 \\
\hline
& 26
\end{aligned}$$

$$\text{VARIANZA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO} = \frac{36329521.86}{26} = 1397289.302 \approx 1397285.9965$$

$$\text{SUMA DE CUADRADOS TOTALES} = S_R = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_1)^2 = \begin{aligned} & (50)^2 + (250)^2 + (450)^2 + (-450)^2 + (60)^2 + (300)^2 \\ & + (540)^2 + (-540)^2 + (700)^2 + (800)^2 + (900)^2 + (-900)^2 \\ & + (60)^2 + (300)^2 + (540)^2 + (700)^2 + (800)^2 + (900)^2 \\ & + (60)^2 + (300)^2 + (540)^2 + (700)^2 + (3000)^2 + (5400)^2 \\ & + (7)^2 + (30)^2 + (54)^2 + (50.0)^2 + (250.0)^2 + (450.1)^2 \\ & + (-450.3)^2 + (60.0)^2 + (300.2)^2 + (540.1)^2 + (-539.3)^2 \\ & + (699.0)^2 + (800.0)^2 + (899.0)^2 + (-899.0)^2 + (60.0)^2 \\ & + (299.9)^2 + (540.0)^2 + (700.0)^2 + (800.0)^2 + (901.0)^2 \\ & + (59.7)^2 + (300.0)^2 + (541.0)^2 + (701.0)^2 + (3002.0)^2 \\ & + (5402.0)^2 + (7.0)^2 + (30.0)^2 + (54.0)^2 = 90554760.74 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados = 90554760.74

$$S_R = 90554760.74 - FC = 90554760.74 - 17921065.33 = 72633695.41$$

$$\begin{aligned} \text{SUMA DE CUADRADOS TRATAMIENTOS} = S_T &= \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{ti} - \bar{Y}_{...})^2 \\ &= \left( \frac{(\text{SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON})^2}{n_i} \right. \\ &\quad \left. + \frac{(\text{SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO})^2}{n_i} \right) - FC \end{aligned}$$

$$S_T = \left( \frac{15551^2}{27} + \frac{15557.48^2}{27} \right) - 17921065.33 = 0.777600002$$

$$\begin{aligned} \text{SUMA DE CUADRADOS DEL ERROR} = S_D &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij}^2 - N\bar{Y})^2 = S_T - S_R = 72633695.41 - 0.777600002 \\ &= 72633694.63 \approx 72633701.65 \end{aligned}$$

NUMERO DE COLUMNAS=K=2

TOTAL, DE DATOS POR ANALIZAR =N=54

GRADOS DE LIBERTAD ENTRE GRUPOS =  $V_T = K - 1 = 2 - 1 = 1$

GRADOS DE LIBERTAS DENTRO DE LOS GRUPOS =  $V_R = N - K = 54 - 2 = 52$

GRADOS DE LIBERTAD TOTALES =  $V_D = N - 1 = 54 - 1 = 53$

PROMEDIO DE LOS CUADRADOS ENTRE GRUPOS =  $S_T^2 = \frac{S_T}{K - 1} = \frac{0.777600002}{1} = 0.777600002 \approx 0.777600005$

PROMEDIO DE LOS CUADRADOS DENTRO DE LOS GRUPOS =  $S_R^2 = \frac{S_R}{N - K} = \frac{72633695.41}{52} = 1396801.835$   
 $\approx 1396801.94$

$$F = \frac{S_T^2}{S_R^2} = \frac{0.777600005}{1396801.94} = 0.000000556700261550279$$

Para calcular la probabilidad lo realice con la hoja de calculo de Excel aplicando la siguiente formula:

PROBABILIDAD

= DISTR. F. CD(F; GRADOS DE IBERTAD ENTRE GRUPOS; GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DE LOS GRUPOS) =

$$\begin{aligned} \text{APLICANDOLA RESULTA} &= \text{DISTR. F. CD}(0.000000556700261550279; 1; 52) \approx 0.000000556700261550279, 1, 52) \\ &= 0.999407535 \end{aligned}$$

Para calcular el valor crítico F lo realice con la hoja de cálculo de Excel aplicando la siguiente fórmula:

VALOR CRÍTICO F

$$= \text{INV. F. CD}(0.05; \text{GRADOS DE LIBERTAD ENTRE GRUPOS}; \text{GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DE LOS GRUPOS}) =$$

$$\text{APLICANDOLA RESULTA} = \text{INV. F. CD}(0.05; 1; 52) \approx 0.05, 1, 52) = 4.0266314$$

Hipótesis nula:

La lectura de los parámetros eléctricos en la pinza amperimétrica 378FC conformados por Tensión Eléctrica Continua, Tensión Eléctrica Alterna y Resistencia, cuentan con niveles de precisión adecuados mostrados en el informe de calibración establecidos por el instrumento patrón con una eficiencia mayor o igual a 95%

En conclusión, por correspondencia del análisis de varianza se verifica que todas las lecturas del instrumento cuentan con los valores de precisión en medición más elevados con una confiabilidad del 95% dado que el valor de significancia es de 0.05 y el valor de probabilidad es de 0.999407535 resultando mayor el valor de probabilidad que el valor de significancia refiriendo que la hipótesis nula es aceptada.

HOJA DE RESULTADOS DEL INFORME DE CALIBRACIÓN

No SERIE Y/O ID:		2583	FOLIO: 2022-738
		Tensión Elctrica Contínua-Altern, Resistencia	HOJA 3 DE 3
			TEMP.DE CAL EN °C: 22.2
			HUMEDAD RELATIVA%: 54.7

LECTURA Patrón		LECTURA Instrumento		ERROR	LIMITES (±)	INCERTIDUMBRE (±)	ALCANCE	ANÁLISIS DE DATOS		
								Gráfico de tendencias	Evaluación	
Exactitud Utilizad:				2,0%L + 5 Dig.			0-999.9 A		CUMPLE	
100	A	100.2	A	0.20%	2.5%	0.50%				CUMPLE
250	A	250.9	A	0.37%	2.2%	0.67%				CUMPLE
500	A	502.2	A	0.45%	2.1%	0.53%				CUMPLE
750	A	752.7	A	0.36%	2.1%	0.47%				CUMPLE
900	A	902.6	A	0.29%	2.1%	0.43%				CUMPLE
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
Exactitud Utilizad:				2,0%L + 5 Dig.			0-999.9A  60 HZ		CUMPLE	
100	A	100.3	A	0.30%	2.5%	0.70%				CUMPLE
250	A	250.9	A	0.35%	2.2%	0.78%				CUMPLE
500	A	501.9	A	0.37%	2.1%	0.64%				CUMPLE
750	A	752.3	A	0.31%	2.1%	0.59%				CUMPLE
900	A	902.0	A	0.22%	2.1%	0.58%				CUMPLE
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				

FIN DEL DOCUMENTO

lectura del patron	lectura del instrumento
100	100.2
250	250.9
500	502.2
750	752.7
900	902.6

100	100.3
250	250.9
500	501.9
750	752.3
900	902.0

#### Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
lectura del patron	10	5000	500	98888.88889
lectura del instrumento	10	5016	501.6	99431.99333

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12.8	1	12.8	0.000129084	0.991060007	4.413873419
Dentro de los grupos	1784887.94	18	99160.44111			
Total	1784900.74	19				

### Análisis estadístico de varianza para el informe de calibración segunda parte

En este caso se observa gráficamente el análisis para la lectura del patrón y la lectura del instrumento en una hoja de Excel, además de que se utilizaron las formulas de la tabla. Así mismo a continuación se muestra la obtención de los resultados:

#### SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON

$$= (100) + (250) + (500) + (750) + (900) + (100) + (250) + (500) + (750) + (900) = 5000$$

$$\text{PROMEDIO DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON} = \frac{5000}{10} = 500$$

#### SUMA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO

$$= (100.2) + (250.9) + (502.2) + (752.7) + (902.6) + (100.3) + (250.9) + (501.9) + (752.3) + (902.0) \\ = 5016.0$$

$$\text{PROMEDIO DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO} = \frac{5016.0}{10} = 501.6$$

$$\text{SUMA TOTAL} = 5000 + 5016.0 = 10016.0$$

$$\text{NUMERO DE DATOS POR COLUMNA} \approx n_i = 10$$

$$\text{NUMERO DE DATOS TOTALES DELAS COLUMNAS} \approx N = 20$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} \approx FC = \frac{(10016.0)(10016.0)}{20} = 5016012.8$$

VARIANZA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON

$$\begin{aligned} & (100 - 500)^2 + (250 - 500)^2 + (500 - 500)^2 + (750 - 500)^2 + (900 - 500)^2 + \\ & = \frac{(100 - 500)^2 + (250 - 500)^2 + (500 - 500)^2 + (750 - 500)^2 + (900 - 500)^2}{9} = \frac{890000}{9} \end{aligned}$$

$$\text{VARIANZA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON} = \frac{890000}{9} = 98888.88889$$

VARIANZA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO

$$\begin{aligned} & (100.2 - 501.6)^2 + (250.9 - 501.6)^2 + (502.2 - 501.6)^2 + (752.7 - 501.6)^2 + (902.6 - 501.6)^2 + \\ & = \frac{(100.3 - 501.6)^2 + (250.9 - 501.6)^2 + (501.9 - 501.6)^2 + (752.3 - 501.6)^2 + (902.0 - 501.6)^2}{9} = \frac{975221.94}{9} \end{aligned}$$

$$\text{VARIANZA DE COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO} = \frac{975221.94}{9} = 108357.99333$$

SUMA DE CUADRADOS TOTALES =  $S_R$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 = 100^2 + 250^2 + 500^2 + 750^2 + 900^2 + 100^2 + 250^2 + 500^2 + 750^2 + 900^2 \\
 &+ 100.2^2 + 250.9^2 + 502.2^2 + 752.7^2 + 902.6^2 + 100.3^2 + 250.9^2 + 501.9^2 + 752.3^2 + 902.0^2 \\
 &= 6800913.54
 \end{aligned}$$

$$S_R = 90554760.74 - FC = 6800913.54 - 5016012.8 = 1784900.74$$

$$\begin{aligned}
 \text{SUMA DE CUADRADOS TRATAMIENTOS} &= S_T = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{ti} - \bar{Y}_{...}) \\
 &= \left( \frac{(\text{SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL PATRON})^2}{n_i} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{(\text{SUMA DE LA COLUMNA LECTURA DEL INSTRUMENTO})^2}{n_i} \right) - FC
 \end{aligned}$$

$$S_T = \left( \frac{5000^2}{10} + \frac{5016^2}{10} \right) - 5016012.8 = 12.8$$

$$\text{SUMA DE CUADRADOS DEL ERROR} = S_D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij}^2 - N\bar{Y})^2 = S_T - S_R = 12.8 - 1784900.74 = 1784887.94$$

NUMERO DE COLUMNAS=K=2

TOTAL, DE DATOS POR ANALIZAR =N=20

$$\text{GRADOS DE LIBERTAD ENTRE GRUPOS} = V_T = K - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\text{GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DE LOS GRUPOS} = V_R = N - K = 20 - 2 = 18$$

$$\text{GRADOS DE LIBERTAD TOTALES} = V_D = N - 1 = 20 - 1 = 19$$

$$\text{PROMEDIO DE LOS CUADRADOS ENTRE GRUPOS} = S_T^2 = \frac{S_T}{K - 1} = \frac{12.8}{1} =$$

$$\text{PROMEDIO DE LOS CUADRADOS DENTRO DE LOS GRUPOS} = S_R^2 = \frac{S_R}{N - K} = \frac{1784900.74}{18} = 99161.15222$$

$$F = \frac{S_T^2}{S_R^2} = \frac{12.8}{99161.15222} = 0.0001290828$$

Para calcular la probabilidad lo realice con la hoja de calculo de Excel aplicando la siguiente formula:

*PROBABILIDAD*

$$= \text{DISTR.F.CD}(F; \text{GRADOS DE LIBERTAD ENTRE GRUPOS}; \text{GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DE LOS GRUPOS}) = \\ \text{APLICANDOLA RESULTA} = \text{DISTR.F.CD}(0.0001290828; 1; 18) \approx 0.0001290828, 1, 18) = 0.991060039$$

Para calcular el valor critico F lo realice con la hoja de calculo de Excel aplicando la siguiente formula:

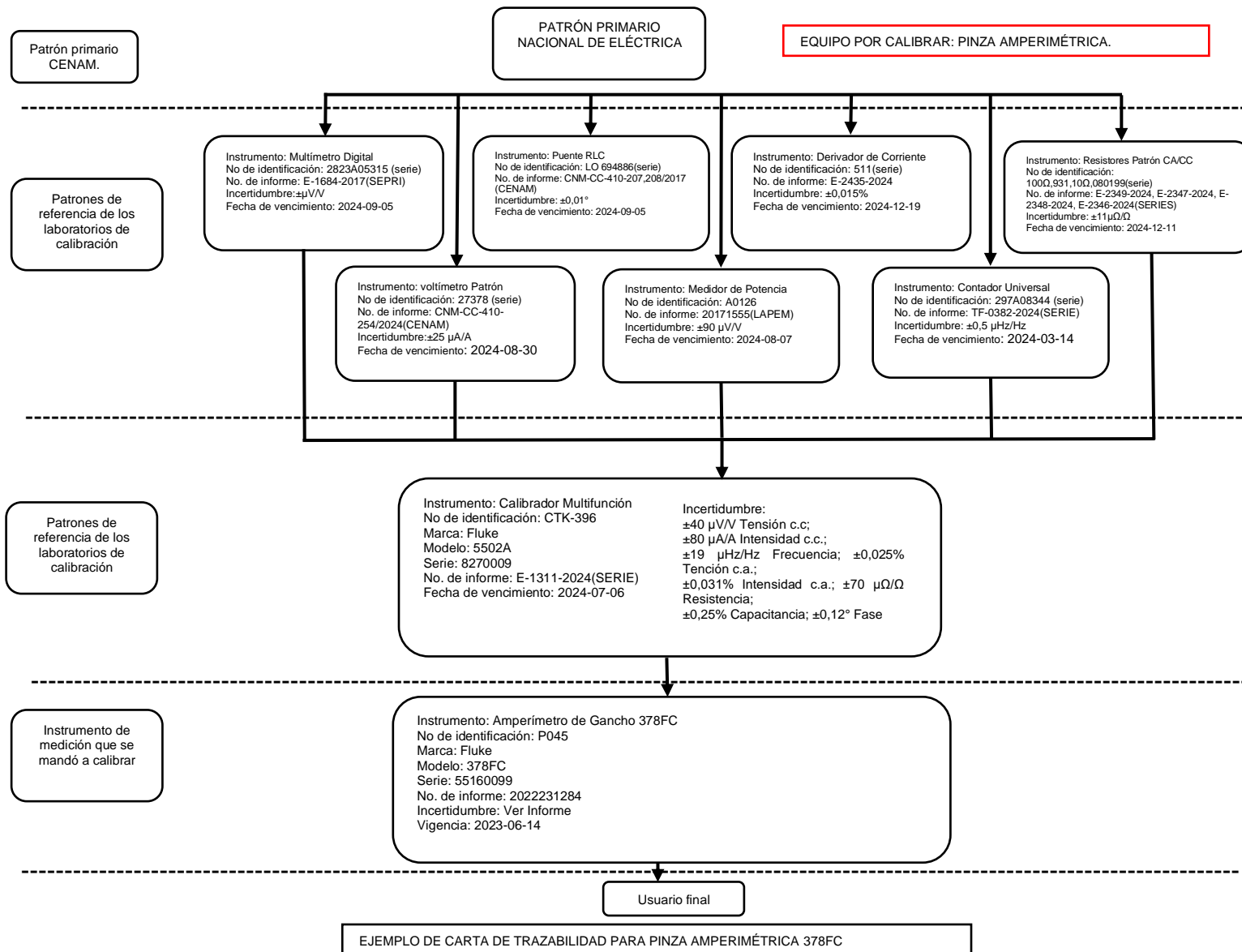
*VALOR CRITICO F*

$$= \text{INV.F.CD}(0.05; \text{GRADOS DE LIBERTAD ENTRE GRUPOS}; \text{GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DE LOS GRUPOS}) = \\ \text{APLICANDOLA RESULTA} = \text{INV.F.CD}(0.05; 1; 18) \approx 0.05, 1, 18) = 4.413873419$$

Hipótesis nula:

La lectura de los parámetros eléctricos en la pinza amperimétrica 378FC conformados por Tensión Eléctrica Continua, Tensión Eléctrica Alterna y Resistencia, cuentan con niveles de precisión adecuados mostrados en el informe de calibración establecidos por el instrumento patrón con una eficiencia mayor o igual a 95%

En conclusión, por correspondencia del análisis de varianza se verifica que todas las lecturas del instrumento cuentan con los valores de precisión en medición más elevados con una confiabilidad del 95% dado que el valor significancia es de 0.05 y el valor de probabilidad es de 0.991060039 resultando mayor el valor de probabilidad que el valor de significancia refiriendo que la hipótesis nula es aceptada.



## 10.2. Conclusión

La trazabilidad dentro y fuera de la industria aumenta la eficiencia de operación hacia el objeto al cual se implementa.

En este sentido la trazabilidad incorporada a la pinza amperimétrica 378FC refleja un análisis más especializado en como puede mejorar la calidad del instrumento, un ejemplo de ello es al momento de incorporar este sistema dentro de la industria ya que al tomar el control de todos los departamentos y áreas por las cuales, es trasladada, puede evidenciarse de forma efectiva el punto en el cual los parámetros de medición dejaron de ser adecuados, esto a su vez es posible con el personal altamente calificado para proporcionar dicho método de evaluación, preparación, y certificación con base a los protocolos normalizados correspondientes para realizar mediciones, las cuales se encuentran estandarizadas con organismos especializados de medida, que fungirán como estándares de funcionalidad, mitigando las posibles lecturas inexactas en los equipos e instrumentación que así lo requieran.

Para culminar satisfactoriamente con los objetivos planteados en este trabajo de investigación es necesario analizar la implementación del sistema de trazabilidad, para lograrlo, en primera instancia se selecciono la pinza amperimétrica 378FC que posteriormente fungió como objeto de estudio, consiguientemente se suministraron los requisitos y requerimientos de funcionalidad para el instrumento en forma secuencial al nivel de importancia del usuario con base a la casa de la calidad (House of Quality o "QDF"), una vez determinadas dichas necesidades se procedió a adquirir toda la información del instrumento, incorporándola en Excel en los formatos correspondientes de control en dicho instrumento, en las áreas por las cuales tendrá que circular, del mismo modo estas acciones mejoraron la facilidad en el monitoreo de posibles fallas, señalando el momento en el cual es adecuado realizar calibraciones por un laboratorio que cuente con personal capacitado, instalaciones, normativas

adecuadas para proporcionar el certificado de calibración, cartas de trazabilidad y el informe de calibración. Realice un análisis de varianza en los datos del informe, dicho análisis proporcione la disparidad entre las mediciones de nuestro instrumento, dando certeza de que su funcionalidad es precisa al mantener los mas altos estándares de medición.

### 10.3. Referencias

Alfaro Tanco, J. A., Rábade Herrero, L. A., & Álvarez, J. L. (2007). Relaciones de integración empresaproveedor: Influencia de la trazabilidad. *Universia Business Review*, (15), 54–67.

Bernal Pérez, A. M. (2017). Ventajas y desventajas del análisis de un diseño de medidas repetidas mediante análisis de varianza univariado, multivariado y modelos lineales mixtos [TRABAJO DE GRADO, UNIVERSIDAD DEL TOLIMA]. <https://core.ac.uk/download/pdf/199456754.pdf>.

Cardini, F. (2011, 26 de agosto). Manual de Buenas Prácticas de Recall. Manual de Buenas Prácticas de Recall. [http://www.inofood.cl/neo\\_2011/pdf/Manual%20Recall%20FINAL%20V3.pdf](http://www.inofood.cl/neo_2011/pdf/Manual%20Recall%20FINAL%20V3.pdf).

Centro Español de Metrología. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. VIM - Centro Español de Metrología. <https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>.

Centro Español de Metrología. (2015, marzo). USO DEL CONCEPTO DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA POR LOS LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN. [https://www.enac.es/documents/7020/563119/Doc\\_ENAC\\_CEM\\_trazabilidad/4c53078c-e94a-42ee-a063-cdf4c13f7cb3#:~:text=En%20el%20ámbito%20de%20la,de%20medición%20de%20la%20industria](https://www.enac.es/documents/7020/563119/Doc_ENAC_CEM_trazabilidad/4c53078c-e94a-42ee-a063-cdf4c13f7cb3#:~:text=En%20el%20ámbito%20de%20la,de%20medición%20de%20la%20industria).

Diario Oficial de la Federación. (2002, 27 de noviembre). Norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002, sistema general de unidades de medida general system of units. <https://www.cenam.mx/Documentos/NOM-008-SCFI-2002%20Modif%20090924.pdf>

Estados Unidos Mexicanos. (2004). Requisitos de gestión de las mediciones - Requisitos de los procesos de medición y los equipos de medición (NMX-CC-10012-IMNC-2004). Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. [https://kupdf.net/download/nmx-cc-10012-imnc-2004pdf\\_5a96ddc3e2b6f5bb3d3a795f\\_pdf](https://kupdf.net/download/nmx-cc-10012-imnc-2004pdf_5a96ddc3e2b6f5bb3d3a795f_pdf).

Estados Unidos Mexicanos. (2015). Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos (NMX-CC-9001-IMNC-2015). Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. <https://itp.itpachuca.edu.mx/SGC/documentos%20de%20referencia/NORMA%20ISO%209001.2015%20IMNC.pdf>.

Estados Unidos Mexicanos. (2018). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (PROY-NMX-EC-17025-IMNC-2018). Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/668831/NMX-EC-17025-IMNC-2018.pdf>.

FLUKE. (2023). Pinza amperimétrica de CA/CC de verdadero valor eficaz con iFlex Fluke 378 FC. <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/378-fc>.

García Ortega, B. (2021). Industria 4.0. La cuarta revolución industrial. Industria 4.0. La cuarta revolución industrial - RiuNet. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/165996/García%20-%20Industria%204.0.%20La%20cuarta%20revoluciónndustrial.pdf?sequence=1>

González Sara, A. (2014, noviembre). Quality Function Deployment: UNA HERRAMIENTA PARA ESTABLECER LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE UN EDIFICIO EN MÉXICO. Quality Function Deployment: - RiuNet. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47822/MEMORIA\\_AGonzálezTFM%2005.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47822/MEMORIA_AGonzálezTFM%2005.pdf?sequence=1).

GREEN, R. (2007, junio). TRAZABILIDAD DE CARNES EN EL MERCADO MUNDIAL. trazabilidad de carnes en el mercado mundial - IICA. <http://repiica.iica.int/docs/B0492e/B0492e.pdf>

Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM. (2020, 8 de octubre). GUÍA DE CALIBRACIÓN DE PINZAS AMPERIMÉTRICAS INM/GTM EM-CCA/02 Bogotá. [https://inm.gov.co/web/wp-content/uploads/2021/02/GUÍA-DE-CALIBRACIÓN-DE-PINZAS-AMPERIMÉTRICAS-INM\\_GTM-EM-CCA\\_02.pdf](https://inm.gov.co/web/wp-content/uploads/2021/02/GUÍA-DE-CALIBRACIÓN-DE-PINZAS-AMPERIMÉTRICAS-INM_GTM-EM-CCA_02.pdf).

KEYENCE. (2023). Libro de la trazabilidad. Principios de trazabilidad. [https://www.keyence.com.mx/ss/products/marketing/traceability/basic\\_about.jsp](https://www.keyence.com.mx/ss/products/marketing/traceability/basic_about.jsp).

LANDAZUR, M. M. (2016). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL PRODUCTO PASTA DE CACAO DE LA EMPRESA VALENCORP EN LA CIUDAD DE QUITO [Trabajo de grado inédito]. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.

MARTINEZ BOTIA, V. D. R. (2014). IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE TRAZABILIDAD PARA GANADO DE CARNE BOVINO EN LA EMPRESA INDUSTRIAL, COMERCIAL FRIGORÍFICO Y PLAZA DE FERIAS ZIPAQUIRÁ (E.F.Z.). [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1281&context=adminstracion\\_agronegocios](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1281&context=adminstracion_agronegocios).

MORENO ROMERO, F. (2010, mayo). CIFRAS SIGNIFICATIVAS. CIFRAS SIGNIFICATIVAS - EVA Fing. [https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/210187/mod\\_resource/content/0/Cifras%20significativas\(1\).pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/210187/mod_resource/content/0/Cifras%20significativas(1).pdf).

Olaya Escobar, E. S., Cortés Rodríguez, C. J., & Duarte Velasco, O. G. (2005). Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano. REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN, 25(1), 30-38.

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (PROY-NMX-EC-17025-IMNC-2018). (2018). Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Secretaría de Agricultura y. Desarrollo Rural. (2017, 17 de julio). ¿Qué es la trazabilidad? <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/de-donde-proviene-lo-que-como>.

SECRETARÍA DE SALUD. (2015, 20 de agosto). Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes. GOBIERNO DE MÉXICO. <https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>.

Tabares, M. S., Barrera, A. F., Arroyave, J. D., & Pineda, J. D. (2007). Un método para la trazabilidad de requisitos en el proceso unificado de desarrollo. *Revista EIA*, (8), 69–82.

Torres Vega, I. (2019). *Cómo implantar ISO 9001: 2015 paso a paso*. (2a ed.).

Universidad Tecnológica de Pereira. (2022, 7 de julio). PROCEDIMIENTO PARA MANEJO DE EQUIPOS. PROCEDIMIENTO PARA MANEJO DE EQUIPOS - UTP. [https://www2.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/calidad/archivos/SGC-PRO-009\\_V12\\_Manejo\\_de\\_Equipos.pdf](https://www2.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/calidad/archivos/SGC-PRO-009_V12_Manejo_de_Equipos.pdf)

Villarroel Duque, J. X. (2015). Aplicación de la metodología QFD para el diseño de un nuevo producto de fibra de madera resistente a la humedad en aglomerados Cotopaxi s.a [TRABAJO DE GRADO inédito]. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS