



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**“Estudio de factibilidad técnica, operativa y económica para  
la implementación de un laboratorio de metrología basado en  
la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**MARLON JOSÉ CARRIÓN AGUILAR**

**CHRISTIAN DAVID MOROCHO SORIA**

**DIRECTOR:**

**ROBERT ESTEBAN ROCKWOOD IGLESIAS**

**CUENCA – ECUADOR**

**2017**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado de manera especial a mis padres Cosme y Alexandra, quienes con su incondicional apoyo y sacrificio hicieron posible que pueda culminar mi carrera universitaria, a mi esposa Karina por su constante ayuda y motivación, a mis hermanas Samanta y Josselin por siempre brindarme su apoyo y a mis abuelitas Dora y Matilde por sus valiosos consejos durante esta experiencia y durante toda mi vida, este triunfo es por y para ustedes.

**Marlon Carrión Aguilar**

Dedico esta tesis a mi esposa y mi hijo que siempre fueron la principal motivación de esta meta alcanzada. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos.

A mi compañero de estudio Marlon, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo mi alma.

**Christian Morocho Soria**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme alcanzar este anhelado objetivo, a la Universidad del Azuay mediante la Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz y todo su personal, por su valioso aporte en mi formación profesional, de manera especial al Ing. Robert Rockwood por su imprescindible aporte durante la realización de este proyecto, a mi compañero y amigo Christian por su apoyo durante todo este proceso y a todas las personas que de alguna manera aportaron para que hoy pueda alcanzar este objetivo, muchas gracias.

**Marlon Carrión Aguilar**

En primer lugar, un agradecimiento especial para el Ingeniero Robert Rockwood por sus conocimientos y paciencia, ya que sin él no hubiese sido posible realizar este proyecto.

A mi esposa e hijo que siempre creyeron en mí y a mis padres por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, en especial a mi madre por hacerme ver la vida de una forma diferente y guiarme en mis decisiones.

**Christian Morocho Soria**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS.

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS, NORMAS Y PROCESOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD, TÉCNICA OPERATIVA Y ECONÓMICA, A TRAVÉS DE LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE</b> .....	6
1.1.    Metrología .....	6
1.1.1.    Tipos de metrología.....	6
1.1.1.1 Metrología industrial.....	6
1.1.1.2 Metrología legal .....	7
1.1.1.3 Metrología científica .....	8
1.1.2.    Áreas de la metrología .....	8
1.2.    Calibración .....	9
1.3.    Medida y medición.....	9
1.4.    Patrón de medida .....	9
1.5.    Exactitud y precisión de medida.....	9
1.5.1.    Exactitud de medida.....	10
1.5.2.    Precisión de medida. ....	10

1.6.	Trazabilidad.....	10
1.6.1.	Trazabilidad a nivel internacional.....	12
1.6.2.	¿Cómo obtener trazabilidad?.....	13
1.6.3.	Trazabilidad de las mediciones en instrumentos de par torsional.....	13
1.6.4.	Utilidad de la trazabilidad.....	14
1.7.	Incertidumbre.....	14
1.7.1.	Estimación de incertidumbre en las mediciones.....	15
1.7.1.1	Incertidumbre de medición.....	17
1.7.1.2	Incertidumbre estándar.....	17
1.7.1.3	Incertidumbre estándar combinada ( $\mu\text{c}$ ).....	17
1.7.1.4	Incertidumbre expandida (U).....	17
1.7.2.	Componentes de la incertidumbre.....	18
1.8.	Mensurando.....	19
1.8.1.	Mensurando para servicios de calibración de herramientas de par torsional.....	19
1.9.	Verificación.....	19
1.10.	Interpretación de los resultados.....	20
1.11.	Torquímetro.....	20
1.11.1.	Clasificación de los torquímetros.....	20
1.11.1.1	Torquímetro de click.....	20
1.11.1.2	Torquímetros electrónicos.....	22
1.11.1.3	Torquímetro tipo dial o reloj.....	22
1.11.1.4	Atornillador torquímetro.....	23
1.12.	Par de torsión o par de aprete.....	24
1.13.	Laboratorio de metrología.....	24

1.13.1.	Normativa relacionada .....	24
1.13.2.	Normas que solventen los procesos de medición.....	25
1.14.	Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.....	26
1.14.1.	Introducción .....	26
1.14.2.	Objeto y campo de aplicación.....	27
1.14.3.	Términos y definiciones.....	28
1.15.	Estudio de factibilidad .....	29
1.16.	Conclusiones.....	29
<b>CAPÍTULO II: DEFINIR Y ESPECIFICAR LOS REQUISITOS DEL PROYECTO, ENFOCADOS A LA ELABORACIÓN DE LOS MANUALES DE PROCESOS DEL LABORATORIO.....</b>		<b>31</b>
2.	Requisitos Técnicos de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.....	31
2.1.	Personal .....	31
2.1.1.	Dirección.....	32
2.2.	Instalaciones y condiciones ambientales.....	33
2.3.	Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.....	34
2.3.1.	Selección de los métodos.....	34
2.3.2.	Validación de los métodos .....	35
2.3.3.	Estimación de la incertidumbre de la medición .....	36
2.3.4.	Control de los datos.....	36
2.4.	Equipos.....	36
2.5.	Trazabilidad de las mediciones .....	38
2.5.1.	Calibración .....	38
2.5.2.	Patrones de referencia .....	38
2.5.3.	Transporte y almacenamiento .....	39
2.6.	Muestreo.....	39

2.7.	Manipulación de los ítems de calibración .....	40
2.8.	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración. ....	40
2.9.	Informe de los resultados .....	41
2.9.1.	Certificados de calibración.....	42
2.9.1.1	Opiniones e interpretaciones .....	43
2.9.1.2	Resultados de calibración obtenidos de los subcontratistas.....	43
2.9.1.3	Transmisión electrónica de los resultados.....	43
2.9.1.4	Presentación de los certificados de calibración.....	43
2.9.1.5	Modificaciones a los certificados de calibración .....	43
2.10.	Normas de calibración .....	44
2.11.	Normas de calidad .....	44
2.11.1.	Norma ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos.....	44
2.11.1.1	Sistema de Gestión de la Calidad y sus Procesos .....	45
2.11.1.2	Planificación.....	46
2.11.1.3	Mejora .....	46
2.11.1.4	Información documentada.....	47
2.11.1.5	Implementación del sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 en una organización .....	48
2.12.	Certificación.....	50
2.13.	Presentación de resultados .....	51
2.14.	Análisis estadístico de una muestra de mediciones .....	52
2.14.1.	Estadística descriptiva.....	52
2.14.2.	Estadística inferencial .....	52
2.14.3.	Desarrollo de un proyecto estadístico .....	52
2.14.4.	Distribución normal .....	53

2.14.5. Estimación de intervalo de confianza para la media ( $\sigma$ desconocida) .....	54
2.14.5.1 T de student .....	54
2.14.5.2 Estimación del intervalo de confianza para una proporción .....	55
2.14.6. Análisis de varianza .....	56
2.14.7. P-valor de un contraste de hipótesis.....	57
2.14.7.1 Definición de p-valor .....	58
2.14.7.2 Calculo del p-valor.....	58
2.14.8. Prueba f de Fisher.....	59
2.14.9. Contrastes de hipótesis no paramétricas .....	61
2.14.9.1 Contrastes de bondad de ajuste .....	61
2.14.9.2 Test $\chi^2$ de bondad de ajuste .....	62
2.14.10. Requisitos del proyecto, enfocados a la elaboración de los manuales de procesos del laboratorio .....	64
<b>CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN, ENFOCADOS A CUBRIR LOS REQUERIMIENTOS ESTIPULADOS EN LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.....</b>	<b>65</b>
3. Propuesta de diseño.....	65
3.1. Diseño físico del laboratorio .....	65
3.1.1. Zona de entrega y recepción de herramientas .....	65
3.1.2. Bodega de almacenamiento.....	66
3.1.3. Zona de revisión y calibración .....	67
3.1.4. Oficinas administrativas.....	67
3.2. Diseño de la gestión administrativa.....	68
3.3. Perfiles y responsabilidades de cada puesto de trabajo .....	69
3.3.1. Alta dirección .....	70

3.3.2.	Dirección de calidad.....	71
3.3.3.	Jefe técnico.....	72
3.3.4.	Técnico de calibración .....	73
3.3.5.	Departamentos de soporte .....	74
3.3.5.1	Departamento de contabilidad.....	74
3.3.5.2	Departamento de talento humano.....	75
3.3.5.3	Departamento de compras.....	76
3.4.	Políticas del laboratorio.....	76
3.4.1.	Políticas de calidad.....	76
3.4.1.1	Objetivos de calidad.....	77
3.4.1.2	Responsabilidad y autoridad .....	77
3.4.1.3	Revisión por la alta dirección.....	78
3.4.1.4	Control de la producción y de la prestación del servicio .....	79
3.4.1.5	Control de los equipos de ensayo y calibración .....	79
3.4.1.6	Auditorías internas .....	80
3.4.1.7	Mejora continua .....	81
3.4.2.	Políticas de valores y ética .....	81
3.4.3.	Políticas de seguridad, salud y ambiente.....	82
3.5.	Procedimientos técnicos para la calibración.....	83
3.5.1.	Procedimiento para la calibración de torquímetros.....	87
3.5.1.1	Procedimiento para la recepción y almacenamiento de los torquímetros .	88
3.5.1.2	Procedimiento para la verificación de los torquímetros.....	92
3.5.1.3	Procedimiento para la calibración y recalibración de torquímetros.....	96
3.5.1.4	Procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración	111
3.1.5.5	Procedimiento para la entrega de los torquímetros .....	115

3.1.5.6 Procedimiento para medir la conformidad del cliente .....	118
3.1.5.7 Procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas. ....	121
3.1.5.8 Respaldo de los procesos desarrollados .....	125
<b>CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD</b> .....	<b>126</b>
4. Estudio de factibilidad .....	126
4.1. Mercado actual de la ciudad .....	126
4.2. Tamaño de la muestra .....	127
4.3. Resultados obtenidos de la encuesta .....	128
4.3.1. Tipo de trabajo realizado por las empresas consultadas .....	129
4.3.2. Utilización y mantenimiento de las herramientas de precisión .....	130
4.3.3. Calibración periódica de los instrumentos de precisión .....	130
4.3.4. Personal encargado de la calibración de los instrumentos de medición ..	131
4.3.5. Intención de contratación .....	132
4.3.6. Períodos estimados para la calibración de los instrumentos de precisión	132
4.3.7. Costos estimados sugeridos para el servicio de calibración .....	133
4.4. Competencia del laboratorio de metrología .....	134
4.5. Análisis de los resultados obtenidos mediante la encuesta .....	137
4.6. Factibilidad técnica .....	138
4.7. Factibilidad operativa .....	139
4.7.1. Equipo necesario para la calibración de llaves dinamométricas .....	139
4.7.1.1 Transductores .....	140
4.7.1.2 Bancada .....	141
4.7.1.3 Patrones de referencia .....	142
4.7.1.4 Herramientas de apoyo .....	142

4.8. Factibilidad económica.....	143
4.8.1. Análisis de la inversión .....	143
CONCLUSIONES.....	158
RECOMENDACIONES:.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	161
ANEXOS.....	164

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ejemplo de trazabilidad de las mediciones.....	11
Figura 1.2: Trazabilidad de las mediciones en el ámbito internacional.....	13
Figura 1.3: Torquímetro de click .....	21
Figura 1.4: Torquímetro electrónico .....	22
Figura 1.5: Torquímetro tipo dial o reloj .....	23
Figura 1.6: Atornillador torquímetro.....	24
Figura 2.1: Consideraciones que deberá tener en cuenta la dirección del laboratorio con respecto a sus recursos humanos.....	32
Figura 2.2: Esquema para la utilización de métodos no normalizados .....	35
Figura 2.3: Esquema del estado y utilización de las herramientas del laboratorio. ....	37
Figura 2.4: Orden jerárquico de los patrones de referencia. ....	39
Figura 2.5: Forma adecuada para presentar los resultados de un proceso de ensayo o calibración. ....	41
Figura 2.6: Esquema a seguir para la implementación de un sistema de gestión de calidad ISO 9001 en una organización.....	49
Figura 2.7: Esquema a seguir para resolver un problema mediante estadística.....	53
Figura 3.1: Organigrama jerárquico de los puestos de trabajo dentro del laboratorio....	69
Figura 3.2: Torquímetro de barra a torsión o a flexión. ....	84
Figura 3.3: Torquímetro de caja rígida con escala graduada. ....	85
Figura 3.4: Torquímetro de caja rígida e indicador electrónico de medida. ....	85
Figura 3.5: Torquímetro regulable con escala graduada o con visor. ....	85
Figura 3.6: Torquímetro con par fijo.....	86
Figura 3.7: Torquímetro regulable sin escala graduada. ....	86
Figura 3.8: Torquímetro con barra de flexión, regulable con escala graduada. ....	86
Figura 3.9: Mapa de procesos del laboratorio de metrología.....	87
Figura 3.10: Diagrama de flujo del procedimiento para la recepción de los torquímetros.....	90
Figura 3.11: Diagrama de flujo del procedimiento para la verificación de los torquímetros.....	94
Figura 3.12: Ensayo de un torquímetro en posición vertical. ....	98

Figura 3.13: Ensayo de un torquímetro en posición horizontal. ....	98
Figura 3.14: Diagrama de flujo del procedimiento para la calibración y recalibración de torquímetros. ....	109
Figura 3.15: Diagrama de flujo del procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración.....	113
Figura 3.16: Diagrama de flujo del procedimiento para la entrega de los torquímetros.....	116
Figura 3.17: Diagrama de flujo del procedimiento para medir la conformidad del cliente.....	119
Figura 3.18: Diagrama de flujo del procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas.....	123
Figura 4.1: Gráfico del universo de la investigación.....	129
Figura 4. 2: Gráfico de las empresas consultadas en la investigación .....	129
Figura 4.3: Gráfico del mantenimiento de las herramientas en los talleres consultados	130
Figura 4.4: Gráfico de la calibración periódica de las herramientas de precisión en los talleres consultados. ....	131
Figura 4.5: Gráfico de los encargados de calibrar las herramientas de precisión en los talleres consultados. ....	131
Figura 4.6: Gráfico de la intención de contratación del servicio de calibración de herramientas de precisión.....	132
Figura 4.7: Gráfico de la estimación de periodos de calibración de la herramientas por parte de los talleres consultados.....	133
Figura 4. 8: Gráfico del valor estimado a pagar por parte de los talleres por el servicio de calibración. ....	133
Figura 4.9: Gráfico de las empresas más utilizadas para la calibración de las herramientas de precisión.....	134
Figura 4.10: Listado oficial de laboratorios de calibración acreditados en el país .....	136
Figura 4.11: Ubicación exacta de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay con sus respectivas coordenadas.....	139
Figura 4.12: Comprobador electrónico STAHLWILLE Sensotork.....	140
Figura 4.13: Bancada STAHLWILLE .....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Responsabilidades en el procedimiento para la recepción y almacenamiento de los torquímetros.....	91
Tabla 3.2: Tolerancias admisibles para torquímetros tipo I.....	93
Tabla 3.3: Tolerancias admisibles para torquímetros tipo II clases A, B Y G.....	93
Tabla 3.4: Responsabilidades en el procedimiento para la verificación de los torquímetros.....	95
Tabla 3.5: Número de mediciones a realizar por cada tipo de torquímetros.....	100
Tabla 3.6: Responsabilidades en el procedimiento para la calibración y recalibración de Torquímetros. ....	110
Tabla 3.7: Responsabilidades en el procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración.....	114
Tabla 3.8: Responsabilidades en el procedimiento para la entrega de los torquímetros.....	117
Tabla 3.9: Responsabilidades en el procedimiento para la medición de la conformidad del cliente. ....	120
Tabla 3.10: Responsabilidades en el procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas. ....	124
Tabla 4.1: Inversión fija (en dólares americanos).....	143
Tabla 4.2: Capital de trabajo para un mes de operación (en dólares americanos). ....	144
Tabla 4.3: Inversión total .....	144
Tabla 4.4: Depreciación de maquinaria, equipos, herramienta e instalaciones. ....	145
Tabla 4.5: Depreciación de equipos de cómputo. ....	146
Tabla 4.6: Depreciación de muebles y equipos de oficina.....	146
Tabla 4.7: Rol de sueldos .....	147
Tabla 4.8: Rol de provisiones.....	147
Tabla 4.9: Total de gastos de un año de funcionamiento.....	148
Tabla 4.10: Ingresos anuales bajo un escenario positivo. ....	149
Tabla 4.11. Ingresos anuales bajo un escenario negativo. ....	150
Tabla 4.12: Flujo de caja del laboratorio de metrología (escenario positivo).....	151
Tabla 4.13: Flujo de caja del laboratorio de metrología (escenario negativo).....	153
Tabla 4.14: Valor Actual Neto (en dólares americanos).....	154

Tabla 4.15: Valor Actual Neto (en dólares americanos).....	155
Tabla 4.16: Tasa Interna de Retorno (escenario positivo) .....	156
Tabla 4.17: Tasa Interna de Retorno (escenario negativo) .....	156
Tabla 4.18: Periodo de recuperación bajo escenario positivo.....	157
Tabla 4.19: Periodo de recuperación bajo escenario negativo.....	157

**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1.....	164
ANEXO 2.....	166
ANEXO 3.....	167
ANEXO 4.....	169
ANEXO 5.....	171
ANEXO 6.....	172
ANEXO 7.....	174

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, OPERATIVA Y ECONÓMICA  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE  
METROLOGÍA BASADO EN LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006**

**RESUMEN**

Este estudio determinó la factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de un laboratorio de metrología basado en la norma ISO 17025. La información levantada del mercado corrobora la necesidad de este tipo de laboratorios en nuestro medio; mediante el estudio del estado del arte se conoció la normativa y procedimientos que permitirán la gestión del laboratorio.

En este estudio se esbozan los procesos que permitirán certificar la prueba de ensayo y calibración de torquímetros, basados en la norma ISO 6789. Finalmente se analizaron los costos de montaje y operación, cuyos resultados son favorables para la ejecución del proyecto.

**Palabras Clave:** ISO 17025, ISO 6789, metrología, torquímetros, certificación de laboratorios.



Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo

**DIRECTOR DE ESCUELA**



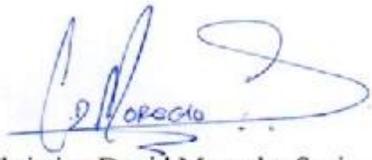
Marlon José Carrión Aguilar

**AUTOR**



Ing. Roberth Esteban Rockwood Iglesias

**DIRECTOR DE TESIS**



Christian David Morocho Soria

**AUTOR**

**TECHNICAL, OPERATIONAL AND ECONOMIC FEASIBILITY STUDY FOR  
THE IMPLEMENTATION OF A METROLOGY LABORATORY BASED ON  
THE NTE INEN ISO / IEC 17025: 2006 STANDARD**

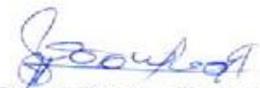
**ABSTRACT**

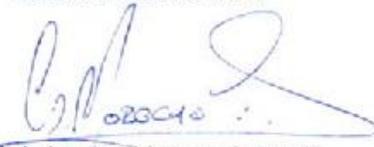
This study determined the technical, operational and economic feasibility for the implementation of a metrology laboratory based on ISO 17025. The gathering of market data validated the need for this type of laboratories in our environment. The analysis of the-state-of-the-art allowed the researchers to identify the regulations and procedures that will allow the necessary arrangements for the laboratory. This research outlined the processes that will make it possible to obtain the test certification and calibration of torque wrenches, based on ISO 6789. Finally, the assembly and operation costs were analyzed; and the results demonstrated that the implementation of the project is feasible.

**Keywords:** ISO 17025, ISO 6789, metrology, torque meters, laboratory certification.

  
Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo  
Iglesias  
**SCHOOL DIRECTOR**

  
Marlon José Carrión Aguilar  
**AUTHOR**

  
Ing. Robert Esteban Rockwood  
**THESIS DIRECTOR**

  
Christian David Morocho Soria  
**AUTHOR**

  
Magali Steege  
AZUAY  
Español Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Marlon José Carrión Aguilar

Christian David Morocho Soria

“Trabajo de titulación”

Ing. Robert Esteban Rockwood Iglesias

Septiembre, 2017.

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, OPERATIVA Y ECONÓMICA  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE METROLOGÍA  
BASADO EN LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006**

**INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a la información oficial obtenida del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) a fecha 24 de enero del 2017, actualmente en nuestro país no existe un laboratorio de metrología acreditado para realizar la calibración de herramientas especializadas como micrómetros, reloj comparador, calibradores, torquímetros, etc. Este factor incide directamente sobre la calidad de los procesos desarrollados, dificulta la certificación de procesos y productos, limita el alcance y las proyecciones que estas pudieran tener. El presente proyecto estudiará la factibilidad, técnica operativa y económica para la implementación de un laboratorio de metrología basado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.

El uso de esta norma internacional permitirá el intercambio de información y experiencia, como también la armonización de normas y procedimientos en las diferentes actividades realizadas dentro de los laboratorios.

## **Objetivos**

- Identificar los requerimientos, normas y procesos que se deben considerar en el estudio de factibilidad, técnica operativa y económica para la implementación de un laboratorio de metrología, a través de la revisión del estado del arte.
- Definir y especificar los requisitos del proyecto, enfocados a la elaboración de los manuales de procesos del laboratorio.
- Elaborar la propuesta del diseño de procesos para la calibración de herramientas especializadas, enfocada a cubrir los requerimientos estipulados en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.
- Realizar el estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de metrología para la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

## **Estudios previos**

Se han revisado diferentes fuentes bibliográficas, con el propósito de conocer las metodologías empleadas para procesos de certificación basados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” en diferentes laboratorios:

En el año 2011 se desarrolló el “Diseño de un laboratorio de metrología para el ensayo y calibración de medidores de energía eléctrica y transformadores de medición”. En donde los autores de este trabajo de graduación determinaron que en la actualidad en nuestro país no existe un laboratorio acreditado internacionalmente para realizar el ensayo y/o calibración de equipos de medida, este estudio tiene como objetivo principal establecer los lineamientos generales para el diseño de un laboratorio de metrología en donde se realizarán ensayos y calibraciones a contadores de energía eléctrica y transformadores de medida, si bien es cierto en los laboratorios existentes realizan pruebas a sus equipos es necesario que estos sean certificados. Estos laboratorios son muy importantes para las empresas distribuidoras, ya que les permiten garantizar que sus equipos de medición brinden un servicio de calidad al consumidor final.

Finalizado el trabajo los autores llegaron a las conclusiones que la acreditación de los laboratorios de contadores de energía eléctrica de las empresas distribuidoras es factible debido a que la mayor parte de ellas cuentan con los equipos e infraestructura necesaria, sin embargo, el ámbito de acreditación deberá ser muy bien definido en base a sus requerimientos. En lo referente al personal éste deberá ser capacitado en materia de metrología. También que en la actualidad los laboratorios de las empresas distribuidoras en donde realizan los ensayos y/o calibraciones a los contadores de energía eléctrica y a los transformadores de medida no cumplen con todos los requisitos establecidos con los estándares de calidad según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”. (Illescas y Ortega 2011). Este particular muestra la importancia que tiene en nuestro medio contar con laboratorios certificados que permitan monitorear y validar los diferentes instrumentos de medición.

Otro estudio realizado en el año 2014 titulado “Desarrollo e implementación de la documentación en los procesos del laboratorio de control de calidad en la planta industrial Guapán perteneciente a la UCEM - CEM de acuerdo a la Norma ISO/IEC 17025:2005”. Se trabajó en establecer la documentación de todas las actividades que se realizan en el laboratorio de control de calidad de la planta Guapán, incluyendo procedimientos generales, instructivos, registros y todo lo que afecte a la calidad de los ensayos conforme a lo establecido en la Norma ISO/IEC 17025.

Culminado el trabajo concluyeron que la aplicación de este trabajo ha permitido solventar la gran mayoría de no - conformidades en el laboratorio de control de calidad, lo que permitirá continuar con el proceso de acreditación en base a la norma 17025:2005 con procesos, claros, organizados y documentados. La implementación de estos objetivos de calidad repercutirá en el resto de la organización más allá del laboratorio, ya que permitirá un mejor control de la calidad, detección de problemas de manera más rápida y clara, estabilidad de los procesos, disminución de paradas no programadas, eliminación de los reclamos relativos a mala calidad, eliminación de la toma de acciones innecesarias, re inspección, entre otros que están enfocadas a la satisfacción del cliente y rentabilidad de la empresa. (Valverde 2014)

En el 2011 se realizó el “Estudio y diseño del laboratorio de humedad para el centro de metrología del Ejército Ecuatoriano, bajo la norma NTE INEN ISO/IEC17025”, en este trabajo mediante un estudio de mercado realizado en la ciudad de Quito se pretende determinar las empresas que se convertirían en potenciales clientes del Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano (CMEE) en función de los instrumentos de medición que posean, y contribuirá a la determinación de la factibilidad para la implementación del laboratorio. Una vez que se cuente con éste estudio y diseño del mencionado Laboratorio, enmarcado en la norma internacional vigente, que rige la implementación de laboratorios que garanticen su sistema de gestión y su competencia técnica, se podrá realizar su implementación al disponer de los recursos necesarios y de esta forma brindar el servicio de calibración requerido por las empresas que cuentan con esta clase de instrumentos de medición para humedad, logrando así que sus procesos productivos se encuentren cumpliendo estándares internacionales de calidad.

En las conclusiones del trabajo se determinó que en nuestro país no se dispone de un laboratorio de Humedad acreditado encaminado a proporcionar a las empresas esta clase de servicio, por lo que hubo dificultad en obtener la información, pues las empresas proveedoras de estos equipos patrones deben importarlos con sus certificados de calibración avalados con trazabilidad reconocida a laboratorios acreditados. Con una adecuada operación de estos patrones luego de que se ha logrado desarrollar y estandarizar el procedimiento de calibración para termohigrómetros, higrómetros y psicrómetros, que será ejecutado en éste laboratorio; se conseguirá brindar un servicio de calidad que cumpla básicamente con la norma NTE INEN ISO/IEC 17025 y con la normativa nacional e internacional. Además, que es factible la implementación del laboratorio de Humedad que realizará la calibración de instrumentos de medición de ésta magnitud, como los termohigrómetros, higrómetros y psicrómetros, lo que permitirá a la industria, tener instrumentos que proporcionen medidas precisas y confiables, que serán utilizadas en sus procesos de producción. Factibilidad que ha sido posible establecerla luego que ha cumplido con los criterios de aceptación de evaluación de proyectos, como el Valor Presente Neto mayor a cero, y una Tasa Interna de retorno mayor a la Tasa Mínima aceptable de retorno. (Guaño 2011).

## **Propósitos del proyecto**

Las herramientas especializadas son utilizadas diariamente en la industria para realizar los diferentes procesos de producción o mantenimiento que deben efectuarse, la falta de certificados de calibración de estas herramientas por laboratorios acreditados incide directamente sobre la calidad de los procesos desarrollados, dificulta la certificación de procesos y productos, y limita el alcance y las proyecciones que estas pudieran tener.

La propuesta consiste en plantear una alternativa para lograr obtener la acreditación de un laboratorio, cuyas competencias permitan el estudio y certificación de herramientas especializadas, sin necesidad de enviar las mismas a otra región o fuera del país, lo que a su vez reducirá costos adicionales a la industria, y se mejorarán los procesos en pos del aseguramiento de la calidad de productos y servicios.

Finalmente, el proyecto proporcionará la orientación para aplicar la planificación, ejecución y procesos que se llevarán a cabo en el laboratorio de metrología.

## **Metodología**

Se utilizará una metodología bibliográfica para recopilar y seleccionar los diversos aportes teóricos y estudios concernientes al diseño de un laboratorio de calibración de equipos de medición, los mismos que servirán para componer un fundamento teórico que respalde el desarrollo de la investigación.

Se realizará una investigación analítica deductiva para definir, clasificar y caracterizar el objeto de estudio, de modo que se puedan alcanzar descripciones generales con respecto al diseño del laboratorio de calibración de instrumentos de medida; y así definir los procesos que se requieren llevar a cabo, para la calibración de llaves dinamométricas.

Para la verificación de la factibilidad se recurrirá a un estudio de mercado en la ciudad de Cuenca mediante el método de la encuesta.

## **CAPÍTULO I**

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS, NORMAS Y PROCESOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD, TÉCNICA OPERATIVA Y ECONÓMICA, A TRAVÉS DE LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.**

#### **1.1. Metrología**

Según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) la metrología es la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación.

La Metrología cubre tres actividades principales:

1. La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas; por ejemplo, el metro.
2. La realización de las unidades de medida por métodos científicos; por ejemplo, la realización del metro mediante el empleo de láseres estabilizados
3. El establecimiento de las cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de las mediciones y diseminando dicho conocimiento; por ejemplo, la relación documentada existente entre un micrómetro de exteriores utilizado en una sala de ingeniería de precisión y el laboratorio primario en metrología óptica de longitudes. (CEM, CENAM, INDECOPI 2008).

##### **1.1.1. Tipos de metrología**

En base a la exactitud y las necesidades la metrología se divide en tres tipos:

###### **1.1.1.1 Metrología industrial**

Este campo tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de las mediciones que se realizan día a día en la industria. Se aplica en las diferentes etapas de fabricación del producto: desde la recepción de las materias primas, pasando por el control del proceso

de fabricación, hasta la inspección final y entrega del producto al cliente. Asegurar medidas bien hechas en una empresa implica evitar y/o reducir costos de mala calidad. (Rodríguez 2009).

Este tipo de metrología se aplica en:

- La calibración de los equipos de medición y prueba.
- La etapa de diseño de un producto o servicio.
- La inspección de materias primas, proceso y producto terminado.
- Durante el servicio técnico al producto.
- Durante las acciones de mantenimiento.
- Durante la prestación de un servicio.

#### **1.1.1.2 Metrología legal**

Su objetivo es proteger a los consumidores y garantizar que éstos reciban los bienes y servicios en cantidades que correspondan a las que los fabricantes declaran en las etiquetas o en la publicidad de los productos. Del mismo modo, que los contadores con que se cobran diversos servicios públicos o los equipos de medición y pesaje de los establecimientos comerciales funcionen adecuadamente y registren correctamente los consumos.

El ejercicio de la metrología legal pertenece a los gobiernos. Éstos deben crear oficinas de control que se encarguen de verificar la idoneidad de funcionamiento de: (Rodríguez 2009).

- Pesas, balanzas y básculas
- Cintas métricas
- Surtidores de combustible
- Taxímetros
- Contadores eléctricos, de agua y de gas
- El contenido de productos pre – empacados
- El Control de emisiones industriales y escapes de gas de automóviles para la protección del medio ambiente, entre otras.

### **1.1.1.3 Metrología científica**

En este campo se investiga intensamente para mejorar los patrones, las técnicas y métodos de medición, los instrumentos y la exactitud de las medidas. Se ocupa, entre otras, de actividades de: (Rodríguez 2009).

- El mantenimiento de patrones internacionales.
- Búsqueda de nuevos patrones que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición.
- Mejoramiento de la exactitud de las mediciones para los desarrollos científicos y tecnológicos.

### **1.1.2. Áreas de la metrología**

La metrología también puede clasificarse según el tipo de variable que se está midiendo. De acuerdo con este criterio se han establecido áreas como: (Rodríguez 2009).

- Masas y balanzas
- Mediciones longitudinales y geométricas
- Temperatura (termometría)
- Presión (Manometría)
- Electricidad (Mediciones eléctricas)
- Humedad (Higrometría)
- Volumen
- Densidad
- Tiempo y frecuencia
- Fuerza
- Torque
- Ph
- Otras

## **1.2. Calibración**

La calibración es el procedimiento metrológico por medio del cual se compara un equipo de medición cualquiera con un equipo patrón de referencia cuya exactitud es determinante para dicho proceso. (Botero y Ardilla 2008).

## **1.3. Medida y Medición**

La palabra “medida” puede tener distintos significados en lengua española. Por esta razón, este término no se emplea aislado en el presente vocabulario. Por la misma razón se ha introducido la palabra “medición” para describir la acción de medir. La palabra “medida” interviene sin embargo numerosas veces para formar términos de este vocabulario de acuerdo con el uso corriente, sin provocar ambigüedad. Se puede citar, por ejemplo: instrumento de medida, aparato de medida, unidad de medida, método de medida. Eso no significa que la utilización de la palabra “medición” en lugar de “medida” en estos términos no sea aceptable, si se encuentra conveniente hacerlo. (CEM, CENAM, INDECOPI 2008).

## **1.4. Patrón de medida**

Un patrón de medida es una medida materializada, un instrumento de medida, un material de referencia o un sistema de medida concebido para definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud, de modo que sirva de referencia. (CEM, CENAM, INDECOPI 2008).

Ejemplo: El metro se define como la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de  $1/299\,792\,458$  s. El metro se realiza a nivel primario mediante la longitud de onda de un láser estabilizado de helio-neón. En niveles inferiores se utilizan patrones materializados, como los bloques patrón, asegurándose la trazabilidad mediante el empleo de interferometría óptica para determinar la longitud de los bloques patrón con referencia a la longitud de onda de la luz láser mencionada anteriormente. (CEM, CENAM, INDECOPI 2008).

## **1.5. Exactitud y precisión de medida**

A continuación, se especificará la diferencia entre exactitud y precisión de medida.

### **1.5.1. Exactitud de medida.**

Es la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. El concepto “exactitud de medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeña es la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. (Error de medida) (CEM 2008).

### **1.5.2. Precisión de medida.**

Es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. Es habitual que la precisión de una medida se exprese numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica, la varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas. Con frecuencia, “precisión de medida” se utiliza, erróneamente, en lugar de exactitud de medida. (CEM 2008).

## **1.6. Trazabilidad**

La trazabilidad es una propiedad del proceso de medición donde el resultado puede ser relacionado por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones entre patrones nacionales e internacionales teniendo todas las incertidumbres determinadas. (Schmidt y Lazos 2008). La figura 1.1 muestra un proceso sistemático que permite verificar la trazabilidad de un proceso de medición



Figura 1. 1: Ejemplo de trazabilidad de las mediciones

Fuente: <http://www.lysconsultores.com/nt002.htm> - consultado el 04 de Abril de 2016

La trazabilidad es una propiedad o atributo del resultado que entrega un instrumento o un sistema de medición. Esto significa que la trazabilidad es un atributo no del instrumento si no de la respuesta que se obtiene al emplearse aquel.

La segunda idea de interés en la definición del concepto se relaciona con el hecho de que cualquier eslabón de calibración (en la cadena que conecta a los patrones nacionales con el instrumento en cuestión) debe incluir la declaración de la incertidumbre del proceso de calibración.

El tercer concepto de importancia en la definición de trazabilidad se refiere al hecho de que un resultado de medición, o el valor de un material de referencia con trazabilidad es comparable al que se obtendría si hipotéticamente el patrón nacional fuera empleado

para realizar la misma medición; por supuesto, tomando en consideración las declaraciones de incertidumbre respectivas.

En suma, se puede afirmar que para garantizar que una medición cumple con los requisitos de exactitud preestablecidos, no basta con disponer de un certificado o informe de calibración, si no también: (Arias 2002).

- Interpretar y usar adecuadamente los datos suministrados en el certificado de calibración.
- Usar el equipo de medición de acuerdo a las recomendaciones establecidas en el certificado de calibración.
- Mantener el instrumento o sistema de calibración bajo condiciones de operación comparables a las que prevalecieron durante su calibración.

#### **1.6.1. Trazabilidad a nivel internacional**

La trazabilidad a nivel internacional, y por lo tanto la exactitud de los patrones nacionales se asegura a través del trabajo conjunto entre el *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) y los Institutos Nacionales de Metrología (INM's), en términos de los lineamientos establecidos en la Convención del Metro. Esto se ilustra en la fig. 1.2 donde se muestran las conexiones entre el BIPM, los INM's, los laboratorios de calibración y las aplicaciones industriales. En esta figura se aprecia la conexión que debe existir entre los INM's para establecer el grado de equivalencia entre los mismos. Actualmente el *Comité International des Poids et Mesures* (CIPM) promueve el acuerdo de reconocimiento mutuo entre los INM's. (Arias 2002).

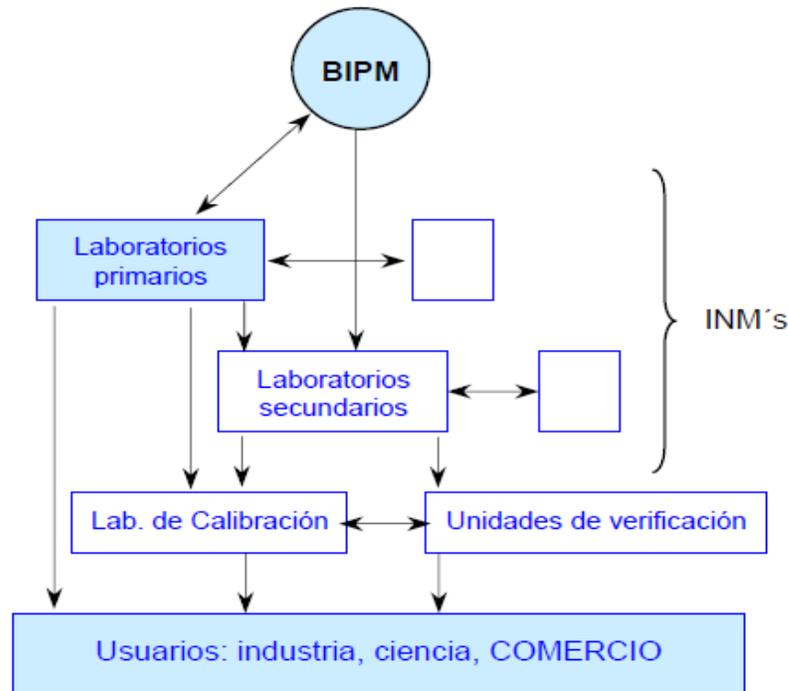


Figura 1. 2: Trazabilidad de las mediciones en el ámbito internacional

Fuente: Arias, 2002

### 1.6.2. ¿Cómo obtener trazabilidad?

De la definición del concepto de trazabilidad se aprecia que es indispensable “enganchar” el instrumento o patrón de medición en cuestión a algún patrón nacional o internacional adecuado, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Es de notarse que no es indispensable realizar una comparación directa entre el instrumento en cuestión y los patrones nacionales, basta que en cada eslabón de comparación que los conecte exista una declaración de incertidumbre respecto del proceso de comparación. (Arias 2002).

### 1.6.3. Trazabilidad de las mediciones en instrumentos de par torsional

La trazabilidad de las mediciones de los instrumentos de par Torsional debe ser a patrones internacionales en Ecuador ya que según la página oficial del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) uno de los mecanismos con los cuales el INEN asegura la trazabilidad de los instrumentos y equipos de medición que utiliza la industria

en sus procesos productivos es a través de las Calibraciones. El INEN brinda servicios de calibración únicamente en las magnitudes de Masa, Fuerza, Presión, Humedad, Temperatura y Energía, evidenciada con los respectivos certificados o informes de calibración.

Los sistemas de medición por el método primario deberán ser evaluados incluyendo todas las magnitudes y factores de influencia necesarios para estimar una incertidumbre razonable de medición. Algunos factores son: incertidumbre del brazo de palanca (incluyendo la influencia por acción de la fuerza), la incertidumbre por nivelación y alineación del sistema, incertidumbre por accesorios de acoplamiento, incertidumbre por la acción de la fuerza y otros que podrían aplicar. (CENAM, ema 2008).

#### **1.6.4. Utilidad de la trazabilidad**

La trazabilidad es la propiedad de las mediciones que permite hacer comparaciones entre ellas, por lo que es indispensable para construir la confianza en las mismas. Cabe subrayar que sólo tienen sentido las comparaciones entre medidas asociadas a una misma magnitud.

La trazabilidad de una medición está relacionada con la diseminación de la unidad correspondiente a esa medición. La expresión del valor de una magnitud incluye la referencia a una unidad de medida, la cual ha sido elegida por acuerdo, y por tanto, las medidas de la misma magnitud deben estar referidas a la misma unidad. Aun cuando la definición de trazabilidad no impone limitaciones sobre la naturaleza de las referencias determinadas, es conveniente lograr la uniformidad universal de las mismas mediante el uso de las unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, las cuales ya han sido convenidas en el marco de la Convención del Metro. En Ecuador, es obligatorio el uso del Sistema General de Unidades, el cual contiene a las unidades del SI. (CENAM, ema 2008).

#### **1.7. Incertidumbre**

La incertidumbre es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al valor de la magnitud medida, el resultado de la

medición está influido por la estimación del valor de la magnitud como por la estimación de incertidumbre. (Schmidt y Lazos 2008).

Cabe indicar que todas las mediciones formales se presentan ya con su incertidumbre asociada, en nuestro país la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 98-3 en su parte 3 nos presenta una Guía Para la Expresión de la Incertidumbre de Medida.

Como ejemplo tenemos: Se dispone de un cronómetro que indica hasta la décima de segundo con el que se realizan 10 medidas de la caída libre de un cuerpo siempre desde una misma altura, y se obtiene un valor medio del tiempo de caída de  $t = 8,358$  s, con una desviación típica de la media de  $0,057$  s, asociada a la repetibilidad de la medida, como falta de sincronización al pulsar el cronómetro, tanto al inicio como al final. De esta manera, como la resolución del cronómetro es  $\delta x = 0,1$  s, la incertidumbre asociada a la resolución del instrumento es  $\mu_{resol}(t) = 0,29 \delta x = 0,029$ s, mientras que la incertidumbre típica, asociada a la repetibilidad de la medida, es  $\mu_{repet}(t) = 0,057$ s. La incertidumbre asociada a la determinación de  $t$  tiene estas dos contribuciones, de forma que resulta:

$$\mu(t) = \sqrt{\mu_{resol}(t)^2 + \mu_{repet}(x_i)^2} = 0,064s$$

Tomando un nivel de confianza del 95% ( $k = 2$ ), la incertidumbre expandida es  $U(t) = 2 \times 0,064$ s esto es igual a  $0,128$ s. Usando las técnicas de redondeo que veremos a continuación, el resultado final del valor medido de  $t$  sería:

$$t = 8,36 \pm 0,13s \text{ con un nivel de confianza del 95\% (k=2)}$$

Si quisiéramos utilizar el valor de  $t$  en otro calculo posterior en el que intervengan  $t$  y su incertidumbre  $\mu(t)$  hay que tener en cuenta que su valor estimado es  $8,358$ s y su incertidumbre,  $0,064$ s.

### 1.7.1. Estimación de incertidumbre en las mediciones

La incertidumbre en las mediciones es un concepto cuya aplicación es relativamente reciente. De hecho, la formación profesional de los estudiantes no incorpora todavía el concepto de la incertidumbre en las mediciones; nuestros estudiantes siguen formándose

profesionalmente pensando que un resultado de medición se compone sólo de un elemento. La omisión de la incertidumbre como parte del resultado de medición limita la capacidad para tomar decisiones en cualquier ambiente de la vida diaria.

En alguna medida, el valor de incertidumbre nos da idea de la “calidad” del trabajo de medición o calibración realizado; a menor incertidumbre mayor conocimiento del proceso de medición y viceversa. Sin embargo, lograr incertidumbres “infinitesimales” no debe ser la obsesión de todo metrologo, en realidad, para cada proceso de medición se debe establecer de manera realista el valor de la incertidumbre de medición requerida en términos del riesgo. Miguel de Montaigne, filósofo francés escribió alguna vez “... no hay nada más cierto que la incertidumbre ni ser más orgulloso que el hombre...”; esta frase, escrita hace algunos cientos de años no ha perdido vigencia; en metrología sabemos, y aceptamos, que la variabilidad de los procesos, de las condiciones ambientales, las limitaciones de tiempo y espacio no permitirán lograr mediciones “perfectas” (con incertidumbre cero).

En décadas pasadas era una práctica común que las normas técnicas relacionadas con la estimación de incertidumbre se generasen al interior de cada uno de los Comités Técnicos de ISO o de otras organizaciones. A este respecto, la norma ISO 5168, relacionada con la estimación de incertidumbres en la medición de flujo de fluidos, fue editada por vez primera en 1978; este documento fue uno de los primeros en abordar el tema de la estimación de la incertidumbre en las mediciones, sobre todo pensando en una forma de soportar las operaciones de transferencia de custodia de fluidos valiosos.

No fue sino hasta 1993 cuando un grupo de organismos internacionales culmina los esfuerzos por editar una Guía para la Estimación de la incertidumbre en las mediciones (GUM). Desde entonces, este documento es empleado como referencia para la estimación de incertidumbres. En 1994 Van der Grinten publica un documento en el cual compara los resultados de estimación de incertidumbre al emplear la GUM y la norma ISO 5168, encontrando diferencias muy pequeñas entre ambos métodos. Conocer la incertidumbre de un resultado de medición es útil en los siguientes casos: (Arias 2002).

- Lograr la optimización de recursos.
- Resolver disputas comerciales.
- Dictaminar sobre cumplimiento con especificaciones.
- Asegurar la intercambiabilidad de piezas.
- Comparaciones entre laboratorios.

#### **1.7.1.1 Incertidumbre de medición**

Parámetro, asociado con el resultado de la medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando. (Arias 2002).

#### **1.7.1.2 Incertidumbre estándar**

Es la incertidumbre del resultado de una medición expresado como una desviación estándar. (Arias 2002).

#### **1.7.1.3 Incertidumbre estándar combinada ( $\mu c$ )**

Se define como la incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando el resultado es obtenido de los valores de un número dado de otras magnitudes. (Arias 2002).

#### **1.7.1.4 Incertidumbre expandida (U)**

Cantidad que define un intervalo alrededor del resultado de la medición y del cual se espera que comprenda un porcentaje alto de los valores que razonablemente pudieran ser atribuidos al mensurando.

La diferencia entre los términos incertidumbre y error debe siempre permanecer en mente. Por ejemplo, el resultado de una medición después de aplicar los factores de corrección puede ubicarse muy cerca del valor del mensurando, esto es, puede tener un error despreciable, y sin embargo puede tener un valor de incertidumbre grande. (Arias 2002).

### 1.7.2. Componentes de la incertidumbre

Generalmente la incertidumbre de un resultado de medición consta de varias componentes. Estas componentes pueden agruparse en dos categorías, según el método usado para estimar sus valores:

- **Tipo A:** Aquellas que se evalúan por métodos estadísticos.
- **Tipo B:** Aquellas que se evalúan por otros métodos.

Es importante aclarar que no siempre existe una correspondencia entre la clasificación de las componentes de la incertidumbre en las categorías A y B y la clasificación usada comúnmente como “aleatoria” o “sistemática”.

Una fuente de error sistemático es aquella que hace que todas las medidas repetidas de una magnitud se desvíen en una misma dirección (siempre por encima o siempre por debajo del valor verdadero). La persona que ejecuta una medición debe esforzarse por identificar las fuentes de error sistemático que afecten el resultado y debe procurar eliminarlas del procedimiento experimental. Si ello no es posible, deberá entonces estimar cuantitativamente el error sistemático y sustraerlo del resultado de medición antes reportarlo y de calcular su incertidumbre. Una vez aplicada la corrección o correcciones, el resultado se llamará resultado corregido:

$$y_{\text{corregido}} = y - \text{error}(es) = y + \text{corrección}(es)$$

Donde se ha usado la definición: corrección = -error. La anterior expresión implica entonces que las correcciones son cantidades de entrada.

Un mal ajuste del cero de una balanza o el error de paralaje al leer una escala son ejemplos de errores sistemáticos que pueden eliminarse ajustando el equipo o perfeccionando el procedimiento de medición.

En cambio, el uso de un micrómetro en un sitio sin control ambiental, a una temperatura alejada del rango de uso estipulado por el fabricante ( $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ); las pérdidas de calor a través de un calorímetro, o el desajuste en cero de un termómetro de vidrio debido a la dilatación del bulbo, son ejemplos de efectos sistemáticos que no pueden eliminarse,

pero que deben cuantificarse y corregirse antes de reportar el resultado de medición. (Rodríguez 2009).

## **1.8. Mensurando**

Según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) “El mensurando es la magnitud que se desea medir”

La especificación de un mensurando requiere el conocimiento de la naturaleza de la magnitud y la descripción del estado del fenómeno, cuerpo o sustancia cuya magnitud es una propiedad, incluyendo las componentes pertinentes y las entidades químicas involucradas.

En la segunda edición del VIM y en IEC 60050-300:2001, el mensurando está definido como “magnitud particular sujeta a medición”.

La medición, incluyendo el sistema de medida y las condiciones bajo las cuales se realiza ésta, podría alterar el fenómeno, cuerpo o sustancia, de tal forma que la magnitud bajo medición difiriera del mensurando. En este caso sería necesario efectuar la corrección apropiada. (CEM 2008).

### **1.8.1. Mensurando para servicios de calibración de herramientas de par torsional**

Según (CENAM, ema 2008). El par torsional que se aplica a un cuerpo, sistema o máquina, es el par torsional aplicado a un instrumento de medición con el propósito de determinar su error de calibración. La herramienta de medición de par torsional, se denominará en lo sucesivo “Torquímetro”, cuyo resultado de medición se obtiene mediante la lectura en el dispositivo indicador, o en ocasiones, mediante valores ingresados en tablas o ecuaciones que nos permitan obtener el resultado de la medición expresado en unidades de par torsional del SI.

## **1.9. Verificación**

Confirmación y provisión de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados. (NMX-CC-9000-IMNC 2000).

## **1.10. Interpretación de los resultados**

Cuando se ejecuta una medición o la calibración de un instrumento de medición, tratamos de incorporar en ello todos los cuidados y conocimientos disponibles, de tal forma que el resultado obtenido es considerado como la mejor estimación de lo que deseamos medir (el mensurando). Sin embargo, de la experiencia, y después de lo expuesto en las secciones anteriores, sabemos que la variación (en ocasiones irreductible) de las magnitudes de entrada ocasiona variaciones en el resultado de medición; de tal forma que al final del ejercicio el resultado de la medición debe expresarse como un intervalo de valores, centrado alrededor de la mejor estimación del mensurando, que ofrezca una confianza del orden de 95 % de que cualquier valor dentro de dicho intervalo pueda razonablemente ser atribuido al mensurando. (Arias 2002).

## **1.11. Torquímetro**

El torquímetro también conocido como llave dinamométrica es una herramienta de precisión, las cuales son empleadas para aplicar una tensión determinada en los tornillos, tuercas, bulones, etc. Son útiles en aplicaciones donde los accesorios de sujeción, como las tuercas y/o tornillos, deben tener una tensión específica. Es común su empleo en equipos para manejo de líquidos y gases a baja presión, motores de combustión interna, aire acondicionado, puentes y estructuras de gran tamaño, tubería industrial, ensamble de electrodomésticos, equipos eléctricos y electrónicos, entre otros. (De Máquinas y Herramientas 2011).

### **1.11.1. Clasificación de los torquímetros**

Diferentes fabricantes en el mercado han diseñado instrumentos de torque de precisión según el propósito de su uso, entre los más comunes están:

#### **1.11.1.1 Torquímetro de click**

Es el instrumento de torque más popular de la industria, en la punta del torquímetro se ubica una llave o dado hexagonal con la medida del perno a apretar, su funcionamiento es manual y de aplicación directa; es decir, en este tipo de torquímetros, el torque deseado se determina antes de efectuar la operación en un anillo con escalas grabadas en

el vástago en sistema inglés y sistema métrico decimal por láser, y se muestran de manera horizontal en el vástago y de manera vertical en el mango. Una vez se aplica la fuerza, al llegar al valor de tensión preciso y requerido, el instrumento produce un salto o disparo audible, un sonido o click.

Al finalizar la fuerza en el torquímetro, automáticamente éste queda preparado para una nueva operación. Generalmente, todas las partes del torquímetro están hechas de acero y templadas para evitar el desgaste; las partes externas tienen un recubrimiento de níquel y cromo para prevenir la oxidación. La posición de la palanca de la cabeza de la matraca permite dos posiciones con acción de matraca para giro a la izquierda o a la derecha y posición fija con la palanca al centro. Estos instrumentos tienen una fuerza de torque desde 120 lb.in a 3.000 lb.ft, según su fabricante. En la figura 1.3 se muestra un torquímetro de click en funcionamiento.



Figura 1. 3: Torquímetro de click

Fuente: metalactual.com - consultado el 17/02/2016

Según Duane Vallejos, aunque, bien calibrados y empleados correctamente, los torquímetros tipo click tienen un rango bajo de error, (de  $\pm 4$  por ciento), con dichos instrumentos, por lo general, se cometen errores de sobre torque ya que, si no se cuenta con instrumentos adicionales y especiales de medición, es imposible saber con certeza el torque aplicado. (Parsons 2011).

### 1.11.1.2 Torquímetros electrónicos

Estos torquímetros son muy precisos ya que cuentan con un visor electrónico en el que se selecciona el torque requerido, hay instrumentos desde 4 lb.in hasta 600 lb.ft. Los instrumentos electrónicos son afectados por la gravedad y por ello antes de montarlo sobre un perno para cualquier operación, bien sea vertical u horizontal, es necesario colocarlos en cero absolutos y después emplearlo. Si no se ajusta el cero absoluto antes de realizar el torque se puede perder hasta un 4 por ciento de precisión.



Figura 1. 4: Torquímetro electrónico

Fuente: demaquinasyherramientas.com - consultado el 17/02/2016

Los torquímetros de este tipo son extremadamente exactos, cuentan con un sistema digital en el que se elige la unidad base de medida, el torque requerido e incluso el ángulo de apriete. El gran beneficio de este instrumento radica en que la pantalla digital muestra el torque aplicado, con lo que se puede tener certeza de la operación, lo cual no es posible en otros torquímetros. (Parsons 2011).

### 1.11.1.3 Torquímetro tipo dial o reloj

Estos torquímetros poseen una carátula circular graduada, generalmente en lb.ft y torquímetro electrónico o digital. N.m, y dos agujas una de las cuales indica el torque a aplicar y la otra de memoria, que indica cuál fue el torque máximo aplicado la última vez según el modelo y fabricante. La carátula giratoria permite elegir entre las escalas

internas o externas de la misma dependiendo del sentido en el que se vaya a aplicar el torque o el tipo de rosca del sujetador; la escala externa se utiliza para roscas derechas y la escala interna se utiliza para roscas izquierdas, todas las partes metálicas están hechas de acero templado, las partes externas tienen un recubrimiento de níquel y cromo. Hay versiones de reloj que logran rangos desde 2 lb.oz hasta 3.000 lb.ft.



Figura 1. 5: Torquímetro tipo dial o reloj

Fuente: demaquinasyherramientas.com - consultado el 17/02/2016

Básicamente, el tipo reloj es una versión mejor costo-beneficio que el electrónico, es más económico, y antes de que existieran los digitales, el reloj se empleaba para torques muy precisos. Otro beneficio, es que pueden soportar condiciones ambientales más bruscas que los digitales. (Parsons 2011).

#### **1.11.1.4 Atornillador torquímetro**

Son instrumentos sencillos para aplicaciones que no exigen rangos altos de torque, máximo 40 lb.in. El mercado ofrece destornilladores de precisión con escala graduada, dial o visor, e incluso también hay instrumentos de este tipo con indicador electrónico de medida. (Parsons 2011).



Figura 1. 6: Atornillador torquímetro

Fuente: carredana.com.mx - consultado el 17/02/2016

### **1.12. Par de torsión o par de aprete**

El par de torsión o aprete es el producto de una fuerza tangencial por la distancia entre su punto de aplicación de carga y un centro de rotación. La unidad de medida según el SI es el N.m. (CEM 2006).

### **1.13. Laboratorio de metrología**

Un laboratorio de metrología es un lugar que cuenta con los requisitos técnicos, operativos y bibliográficos necesarios para detectar el funcionamiento, calibración y mantenimiento de herramientas utilizadas en la medición de magnitudes, de tal manera que se garantice la normalización mediante la trazabilidad de dichos elementos, aminorando así la incertidumbre en la medida obtenida, utilizando un rango de tolerancia preestablecido.

#### **1.13.1. Normativa relacionada**

Según lo consultado en la página web oficial del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) en Ecuador actualmente la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 es la norma internacionalmente reconocida para evaluar la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración. La norma NTE INEN ISO 15189 es la norma internacional para evaluar la competencia técnica de los laboratorios clínicos.

Estas son las normas con la que el Servicio de Acreditación Ecuatoriano, (SAE), acredita a los laboratorios.

Para su correcta interpretación y aplicación la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 a su vez se apoya en documentos como la Norma ISO/IEC 17000 Evaluación de la conformidad – Vocabulario y principios generales, Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de metrología (VIM), publicado por BIPM, IEC, IFCC, ISO, UIPAC y OIML. Además, también se apoya en otras normas y guías relacionadas.

### **1.13.2. Normas que solventen los procesos de medición.**

De acuerdo a la información obtenida en la oficina del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) por parte del Ing. César Cabrera, funcionario de dicha institución, cuando se carece de normativas nacionales, se puede recurrir a normativas internacionales para respaldar los diferentes procesos de medición necesarios, según lo consultado las normas o criterios técnicos son voluntarios, es decir que el INEN no exige el uso de una norma o entidad específica, ya que esto depende del solicitante.

Al ser la ISO la organización de estandarización más importante a nivel mundial, varios de los laboratorios y empresas que hemos investigado trabajan directamente con normas que solventen los procesos de ensayo y calibración dictadas por este organismo, como es el caso para la calibración de llaves dinamométricas los laboratorios nacionales investigados tratan de basarse en la Norma ISO 6789:2003 *“Assembly tools for screws and nuts -- Hand torque tools -- Requirements and test methods for design conformance testing, quality conformance testing and recalibration procedure”*.

Varios organismos nacionales han tomado esta norma internacional como referencia y las han adaptado a sus respectivos países como es el caso de la norma UNE-EN ISO 6789:2004 Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas. Herramientas dinamométricas manuales. Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración (ISO 6789:2003).

#### **1.14. Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006**

La Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” fue desarrollada por la Organización Internacional de Normalización ISO en cooperación con la Comisión Electrotécnica Internacional en el año 1999.

##### **1.14.1. Introducción**

La primera edición (1999) de esta Norma Internacional fue producto de la amplia experiencia adquirida en la implementación de la Guía ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001, a las que reemplazó. Contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

La primera edición hacía referencia a las Normas ISO 9001:1994 e ISO 9002:1994. Dichas normas han sido reemplazadas por la Norma ISO 9001:2000, lo que hizo necesario alinear la Norma ISO/IEC 17025. En esta segunda edición se han modificado o agregado apartados sólo en la medida que fue necesario a la luz de la Norma ISO 9001:2000.

Es conveniente que los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración se basen en esta Norma Internacional para sus acreditaciones. El capítulo 4 establece los requisitos para una gestión sólida. El capítulo 5 establece los requisitos para la competencia técnica en los tipos de ensayos o de calibraciones que el laboratorio lleva a cabo.

El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad que se considera que cumple la Norma ISO 9001 así como esta Norma Internacional. Por ello, se ha tenido el cuidado de incorporar todos aquellos requisitos de la Norma ISO 9001 que son pertinentes al alcance de los servicios de ensayo y de calibración cubiertos por el sistema de gestión del laboratorio.

Los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplen esta Norma Internacional funcionarán, por lo tanto, también de acuerdo con la Norma ISO 9001. La conformidad del sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio, con los requisitos de la Norma ISO 9001, no constituye por sí sola una prueba de la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente válidos. Por otro lado, la conformidad demostrada con esta Norma Internacional tampoco significa que el sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio cumple todos los requisitos de la Norma ISO 9001.

La aceptación de los resultados de ensayo y de calibración entre países debería resultar más fácil si los laboratorios cumplen esta Norma Internacional y obtienen la acreditación de organismos que han firmado acuerdos de reconocimiento mutuo con organismos equivalentes que utilizan esta Norma Internacional en otros países.

El uso de esta Norma Internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como a la armonización de normas y procedimientos. (NTE INEN-ISO/IEC 17025 2006).

#### **1.14.2. Objeto y campo de aplicación**

**a)** Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

**b)** Esta Norma Internacional es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y

desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.

c) Las notas que se incluyen proporcionan aclaraciones del texto, ejemplos y orientación. No contienen requisitos y no forman parte integral de esta Norma Internacional.

d) Esta Norma Internacional es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. También puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios.

e) El cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de seguridad, relacionados con el funcionamiento de los laboratorios, no está cubierto por esta Norma Internacional.

f) Si los laboratorios de ensayos y de calibración cumplen los requisitos de esta Norma Internacional, actuarán bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001. Ésta Norma Internacional cubre requisitos para la competencia técnica que no están cubiertos por la Norma ISO 9001. (NTE INEN-ISO/IEC 17025 2006).

### **1.14.3. Términos y definiciones**

A los fines de esta Norma Internacional se aplican los términos y definiciones pertinentes de la Norma ISO/IEC 17000 y del Vocabulario Internacional de Metrología VIM. (NTE INEN-ISO/IEC 17025 2006).

En la Norma ISO 9000 se establecen las definiciones generales relativas a la calidad, mientras que en la Norma ISO/IEC 17000 se establecen definiciones que se refieren específicamente a la certificación y la acreditación de laboratorios. Cuando las definiciones de la Norma ISO 9000 sean diferentes, tienen preferencia las de la Norma ISO/IEC y las del Vocabulario Internacional de Metrología. (NTE INEN-ISO/IEC 17025 2006).

### **1.15. Estudio de factibilidad**

En palabras de (Miranda 2005) el estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativa o de formulación dentro del ciclo del proyecto. Se formula con base en información que tiene la menor incertidumbre posible para medir las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, apoyándose en él se tomará la decisión de proceder o no con su implementación.

Según lo investigado sobre laboratorios de calibración de torquímetros en el país, pudimos constatar que no hay un laboratorio acreditado para la calibración de estas herramientas especializadas, pero si existen laboratorios no acreditados que lo hacen, entre los consultados tenemos: Tecnimetro, Castillo Hermanos, Simetric, Metrolab, Prointec, entre otros.

Los costos investigados en todos estos laboratorios varían dependiendo en si no del tipo de Torquímetro si no de la capacidad de torque y del mango del mismo, también interviene los repuestos que se tengan que emplear en casos de avería, lo que encarece el servicio.

### **1.16. Conclusiones**

En base a la recopilación de información teórica, estudios y proyectos realizados con anterioridad respecto al estudio de factibilidad técnica operativa y económica para la implementación de un laboratorio de metrología, podemos concluir que la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 evalúa la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración, esto quiere decir que esta Norma internacional se utilizará para garantizar la calidad de los procesos de calibración realizados en el laboratorio, mientras que con la Norma ISO 6789:2003 podremos solventar y tener una guía técnica para los procesos de medición realizados en las herramientas especializadas, en este caso los torquímetros.

Al no contar en nuestro país con normativas que nos permita solventar los procesos de calibración y medición tendremos que basarnos en normas, guías técnicas y estudios realizados por organismos internacionales reconocidos cuya fuente sea válida.

Para la realización del estudio de factibilidad se recurrirá al análisis de tres puntos fundamentales como lo son la parte técnica en donde se investigará toda la maquinaria y equipos necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio, en la parte operativa se analizará al personal debidamente calificado que debería cumplir los procesos establecidos dentro del laboratorio, y por último en la parte económica se considerará todo lo concerniente a gastos, costos, oferta y demanda actual en nuestro país.

## **CAPÍTULO II**

### **DEFINIR Y ESPECIFICAR LOS REQUISITOS DEL PROYECTO, ENFOCADOS A LA ELABORACIÓN DE LOS MANUALES DE PROCESOS DEL LABORATORIO.**

#### **2. Requisitos técnicos de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006**

Muchos factores determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizadas por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes:

- De los factores Humanos.
- De las instalaciones y condiciones ambientales.
- De los métodos de ensayo y de calibración, y de la validación de los métodos.
- De los equipos.
- De la trazabilidad de las mediciones.
- Del muestreo.
- De la manipulación de los ítems de ensayo y de calibración.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, menciona aspectos tanto teóricos como prácticos que se deben considerar para cada uno de los factores que intervienen en los diferentes procesos de medición, ensayo o calibración. A continuación, se mencionan las características más importantes.

#### **2.1. Personal**

Es deseable que el personal que realiza las tareas operativas del laboratorio tenga instrucción específica en la rama ocupacional; se debe considerar aspectos importantes, como su: educación, formación, experiencia, destrezas y habilidades, así como su motivación para realizar el trabajo. La naturaleza del laboratorio de ensayos metrológicos de la Escuela de Ingeniería Automotriz, será un laboratorio que principalmente atienda las necesidades del sector industrial, sin embargo, debe aportar académicamente a la formación de los estudiantes, por ello las prácticas, así como los

ensayos que estos realicen deberán ser debidamente supervisados; para este particular se establecerán políticas que faciliten y permitan el quehacer de estudiante y profesores en este laboratorio. La norma recomienda que la jerarquización de los laboratoristas sea horizontal, de esta forma todos deberán estar en capacidad y en condición de operar los equipos, realizar ensayos y calibraciones, evaluar los resultados y firmar informes y certificados de calibración.

La figura 2.1 muestra algunas de las consideraciones que deberá tener en cuenta la dirección del laboratorio, con respecto a sus recursos humanos:

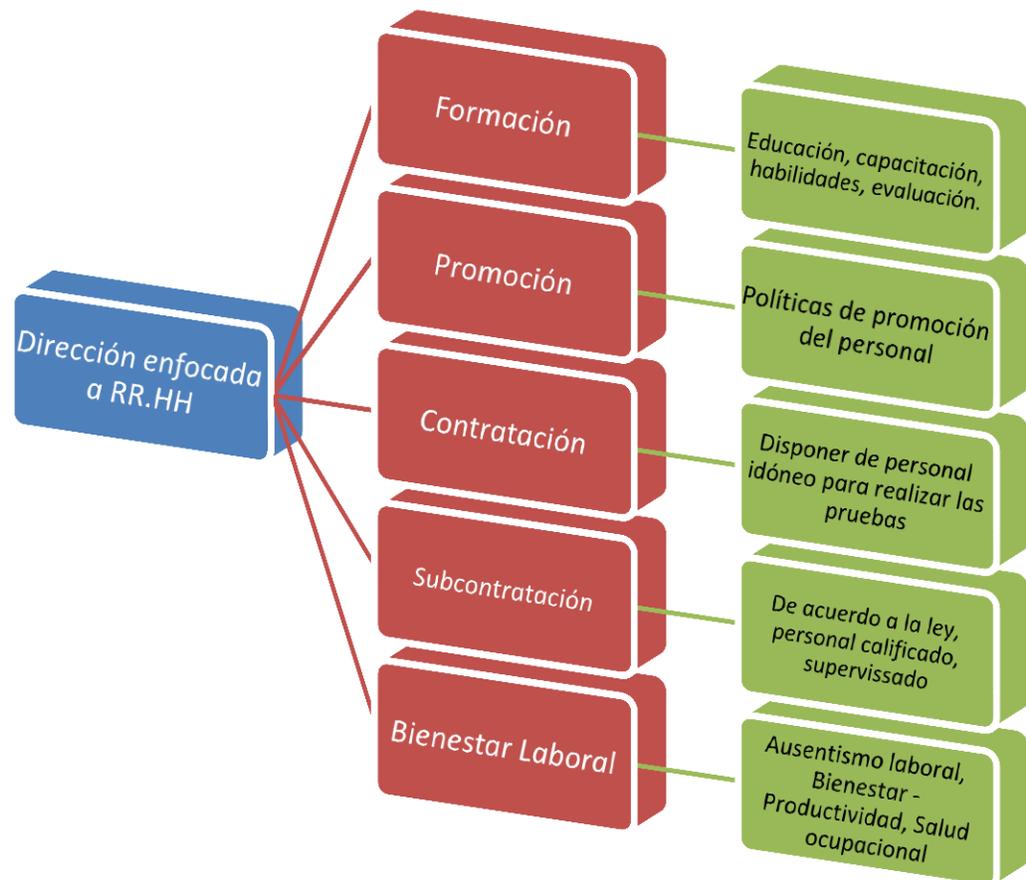


Figura 2. 1: Consideraciones que deberá tener en cuenta la dirección del laboratorio con respecto a sus recursos humanos

### 2.1.1. Dirección

Dentro de las principales funciones que deberá cumplir la dirección tenemos:

- Deberá autorizar a grupos de trabajo de acuerdo a actividades específicas.
- Registrar autorizaciones y competencia del personal.
- Proporcionar accesibilidad a los registros.

## **2.2. Instalaciones y condiciones ambientales.**

Garantizar y documentar que las instalaciones y condiciones ambientales sean las idóneas para las mediciones o calibraciones de los instrumentos en el laboratorio, en caso de ser necesario suspender las actividades y trasladarse a otro lugar tomando en cuenta siempre que estos factores no afecten la calidad de los procesos desarrollados. A continuación, se detallarán algunos factores que la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” considera dar especial atención:

- Esterilidad Biológica Polvo
- Electromagnetismo
- Radiación
- Humedad
- Suministro Eléctrico
- Fuentes de agua
- Temperatura
- Ruido
- Vibración

Es importante además considerar que la dirección del laboratorio deberá establecer políticas y disponer de personal capacitado para la limpieza adecuada de las diferentes áreas de trabajo presentes en el laboratorio, tomando en cuenta una separación efectiva entre áreas de trabajo diferentes, para de esta manera evitar la llamada contaminación cruzada y garantizar la calidad de los procesos desarrollados en el laboratorio.

### **2.3. Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.**

Se debe establecer procedimientos adecuados para los diferentes procesos de ensayo o calibración que se deben realizar en las herramientas, entre los cuales se debe tomar en cuenta:

- El muestreo
- La manipulación
- El transporte
- Almacenamiento
- Preparación
- Incertidumbre

En el laboratorio de calibración se deberá incluir también manuales de los procesos (gestión de la calidad) además es conveniente contar con instrucciones apropiadas para el uso correcto de los equipos, así como para su mantenimiento.

#### **2.3.1. Selección de los métodos.**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” establece como requisito que para seleccionar el método de calibración adecuado se tomen en cuenta los siguientes aspectos:

- Métodos apropiados para los ensayos o calibraciones, de preferencia utilizar Normativas Nacionales o Internacionales
- Utilizar la última versión disponible de la norma
- Complementar con detalles adicionales
- Contar con autonomía para la selección del método apropiado (tomando en cuenta la opinión del cliente)
- En caso de que no exista una norma propia para un determinado proceso de calibración, se deberán establecer métodos propios, y utilizar los mismos previo a su validación (Figura 2.2), si se llega a dar este caso, es requerido comunicar al cliente el método utilizado



Figura 2. 2: Esquema para la utilización de métodos no normalizados

### 2.3.2. Validación de los métodos

La validación es la confirmación a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos que diseña o desarrolla, los métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, así como las ampliaciones y modificaciones de los métodos normalizados, para confirmar que los métodos son aptos al fin previsto. La validación debe ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación o del campo de aplicación dados. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

La gama y la exactitud de los valores que se obtienen empleando métodos validados (por ejemplo, la incertidumbre de los resultados, el límite de detección, la selectividad del método, la linealidad, el límite de repetibilidad o de reproducibilidad, la robustez ante influencias externas o la sensibilidad cruzada frente a las interferencias provenientes de la matriz de la muestra o del objeto de ensayo) tal como fueron fijadas para el uso previsto, deben responder a las necesidades de los clientes. (Norma Técnica Ecuatoriana

NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”).

La validación generalmente se realiza de los métodos no Normalizados, de los métodos desarrollados por el laboratorio, de los métodos normalizados utilizados fuera del alcance previsto y de los métodos normalizados ampliados o modificados.

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

Para realizar una correcta estimación de la incertidumbre de la medición se debe considerar lo siguiente:

- El laboratorio debe contar con procedimientos adecuados para la estimación de la incertidumbre de todos los procesos de ensayo y calibración.
- Identificar todos los componentes de la incertidumbre en todos los casos posibles.
- Garantizar la información de resultados de la incertidumbre.
- Estimación razonable en función de la experiencia y registros anteriores.
- Utilizar métodos apropiados para análisis de la incertidumbre y todos sus componentes.

### **2.3.4. Control de los datos**

Para el almacenamiento y procesamiento de los datos de una manera adecuada los equipos del laboratorio deberán contar con programas adecuados y validados para garantizar la seguridad de los datos de calibración, mantenimiento planificado, funcionar en las condiciones ambientales adecuadas y poseer las seguridades adecuadas para proteger, almacenar y trasladar los datos de una manera que no comprometa su integridad.

## **2.4. Equipos**

En la figura 2.3 se detalla las condiciones en las que deben estar los equipos previos a su utilización, los requisitos específicos para el registro de cada equipo, la correcta utilización, identificación, manipuleo, transporte y almacenamiento de los mismos.

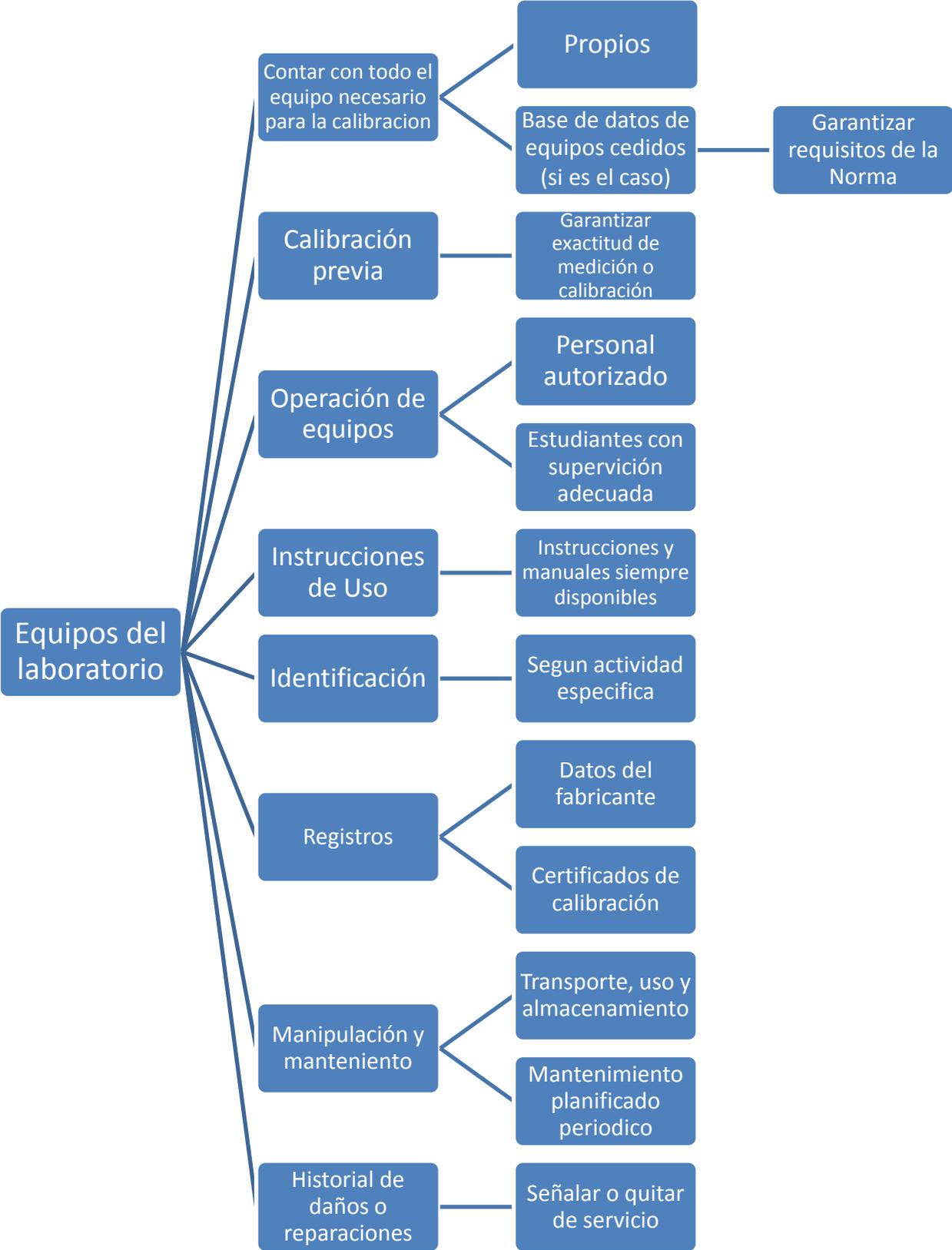


Figura 2. 3: Esquema del estado y utilización de las herramientas del laboratorio.

## **2.5. Trazabilidad de las mediciones**

Se debe calibrar todos los equipos y herramientas utilizados en laboratorio antes de ponerlos en uso, para lo cual es necesario planificar y poner en marcha un programa y procedimientos para mantenimiento y calibración exclusiva para los equipos del laboratorio.

### **2.5.1. Calibración**

Para asegurar las calibraciones hechas por el laboratorio se debe seguir de manera necesaria e obligatoria las siguientes consideraciones:

- Trazabilidad en función al Sistema Internacional de Unidades (SI)
- Trazabilidad de patrones de medición al sistema SI a través de comparaciones con patrones primarios de la unidad de medida del SI.
- Vinculación a las unidades del SI mediante referencia a los patrones primarios o secundarios nacionales.
- Garantizar servicios externos utilizando laboratorios calificados capaces de demostrar su trazabilidad y de emitir certificados metrológicamente comprobables.
- Establecer la trazabilidad a patrones de medición apropiados en caso de no poder realizar calibraciones en unidades del SI.
- Promover el intercambio de información y patrones entre laboratorios acreditados.

### **2.5.2. Patrones de referencia**

Se debe contar con patrones de referencia únicamente utilizados para la calibración, los cuales serán calibrados a priori y a posteriori cualquier ajuste metrológico según un orden jerárquico (figura 2.4) de donde se pueda obtener trazabilidad comprobada.



Figura 2. 4: Orden jerárquico de los patrones de referencia.

Se deben realizar comprobaciones periódicas y programadas de todos los patrones de referencia primarios, con el fin de garantizar los procedimientos desarrollados por los mismos.

### 2.5.3. Transporte y almacenamiento

Para el transporte y almacenamiento de los patrones de referencia primarios del laboratorio debe existir un método apropiado, mediante el cual se preserven de la mejor manera, evitando que sufran daños o pierdan sus características para la calibración.

## 2.6. Muestreo

El proceso de muestreo consiste en tomar parte de un producto para proveer una muestra representativa del total, para la calibración. Para realizarlo de manera adecuada:

- El laboratorio debe tener y utilizar planes de muestreo que estén estructurados con bases sólidas en métodos estadísticos apropiados, los mismos que deben estar disponibles en las instalaciones.

- El laboratorio debe registrar todos los cambios que se presenten durante la realización del muestreo ya sea por pedido del cliente o por circunstancias adversas, y debe incluir los mismos en los informes de resultados concernientes.
- El laboratorio debe contar con un registro específico de datos extraídos del muestreo, así como del encargado y de condiciones de realización del mismo.

### **2.7. Manipulación de los ítems de calibración**

Al momento de realizar la manipulación de los ítems de calibración en el laboratorio, para evitar cualquier inconveniente se deberá:

- Contar con procedimientos para manipular, transportar y almacenar las herramientas a calibrar, con la finalidad de proteger y conservar las mismas.
- Definir sistemas para la identificación de las herramientas a calibrar, los mismos que deben estar presentes durante el transcurso de la herramienta en el laboratorio, deben ser únicos y trazables a los registros, además deben permitir la subdivisión y transferencia de los mismos.
- Registrar las fallas presentes en la herramienta una vez recibida y consultar sobre las mismas con el propietario en caso de duda.
- Garantizar la conservación de las herramientas a calibrar dentro del laboratorio, contando con procedimientos, instalaciones y condiciones ambientales apropiadas para la manipulación y almacenamiento de las mismas.

### **2.8. Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración.**

Para poder asegurar la calidad de los procesos y resultados de las calibraciones realizadas en el laboratorio, se debe contar con actividades de control de la calidad. Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” se debe contemplar los siguientes parámetros:

- El uso regular de materiales de referencia certificados o un control de la calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios.

- La participación en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud.
- La repetición de calibraciones utilizando el mismo método o métodos diferentes.
- La repetición de la calibración de los objetos retenidos.
- La correlación de los resultados para diferentes características de un ítem.

Si las actividades de control de la calidad realizadas no brindan los resultados esperados se debe tomar las acciones correspondientes para solucionar el problema ya que esto puede influir en los resultados finales de la calibración

### 2.9. Informe de los resultados

En la figura 2.5 se detalla la forma correcta y adecuada para presentar los resultados de un proceso de ensayo o calibración:

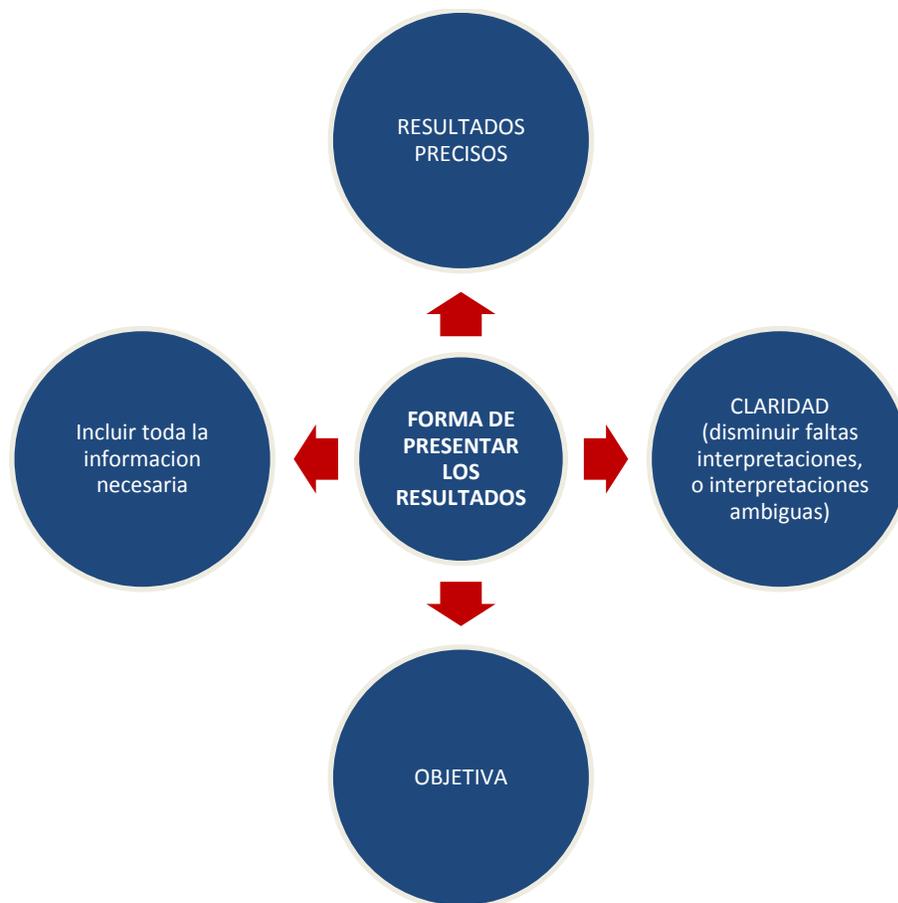


Figura 2. 5: Forma adecuada para presentar los resultados de un proceso de ensayo o calibración.

### **2.9.1. Certificados de calibración**

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” los certificados de calibración deben incluir la siguiente información:

- Un título.
- El nombre y la dirección del laboratorio y el lugar donde se realizaron las calibraciones, si fuera diferente de la dirección del laboratorio.
- Una identificación única del certificado de calibración y en cada página una identificación para asegurar que la pagina es reconocida como parte del certificado de calibración, y una clara identificación del final del certificado de calibración.
- El nombre y la dirección del cliente.
- La identificación del método utilizado.
- Una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o de los ítems calibrados.
- La fecha de recepción del o de los ítems sometidos a la calibración, cuando esta sea esencial para la validez y la aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución de la calibración.
- Una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, cuando estos sean pertinentes para la validez o la aplicación de los resultados.
- Los resultados de las calibraciones con sus unidades de medida, cuando corresponda.
- El o los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el certificado de calibración;
- Cuando corresponda, una declaración de que los resultados solo están relacionados con los ítems calibrados.

Además de los requisitos indicados, los certificados de calibración deben incluir, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de calibración, lo siguiente:

- Las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición.
- La incertidumbre de la medición o una declaración de cumplimiento con una especificación metrológica identificada o con partes de esta.
- Evidencia de que las mediciones son trazables.

#### **2.9.1.1 Opiniones e interpretaciones**

En caso de ser necesario, y de contar con fundamentos, los laboratoristas podrán emitir sus aportes acerca del proceso y resultados de la calibración, los mismos que deberán adjuntarse de manera escrita al correspondiente certificado de calibración.

#### **2.9.1.2 Resultados de calibración obtenidos de los subcontratistas**

El procedimiento, en caso de necesitar los servicios de otro laboratorio debe ser el mismo, esto quiere decir que el laboratorio contratado debe emitir el correspondiente certificado de calibración al laboratorio solicitante.

#### **2.9.1.3 Transmisión electrónica de los resultados**

Cuando el cliente solicite los resultados o los certificados de calibración vía electrónica o de manera digital, se puede responder a su demanda teniendo en cuenta los requisitos ya establecidos de seguridad y confidencialidad en la transmisión de datos correspondiente.

#### **2.9.1.4 Presentación de los certificados de calibración**

Dependiendo del tipo de calibración realizada, el laboratorio puede presentar un certificado de calibración diferente, con el fin de poder describir de forma clara y concisa el tipo de trabajo realizado en la herramienta correspondiente.

#### **2.9.1.5 Modificaciones a los certificados de calibración**

En caso de ser necesario realizar un cambio a un certificado de calibración se debe realizar un nuevo documento cumpliendo todos los requisitos de la Norma, en el cual debe estar presente la siguiente cita:

“Suplemento al informe de “Certificado de Calibración”, número de serie... [U otra identificación], o una forma equivalente de redacción”.

Si el error cometido por cualquier motivo (no precisamente técnico) amerita un nuevo certificado de calibración completo, este deberá obligatoriamente detallar el certificado al que reemplaza.

## **2.10. Normas de calibración**

Nuestro proyecto se enfoca en la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas, razón por la cual se basará en la Norma Internacional ISO 6789:2003 *“Assembly tools for screws and nuts -- Hand torque tools -- Requirements and test methods for design conformance testing, quality conformance testing and recalibration procedure”*.

Varios organismos nacionales han tomado esta norma internacional como referencia y las han adaptado a sus respectivos países como es el caso de la norma UNE-EN ISO 6789:2004 *“Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas. Herramientas dinamométricas manuales. Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”* en la cual nos basaremos por motivos de idioma.

## **2.11. Normas de calidad**

Si bien la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 *“Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”* establece los requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración, está a su vez se apoya en otras normas para garantizar en los laboratorios un correcto sistema de gestión de la calidad como por ejemplo la Norma ISO 9001:2015 *“Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”*.

### **2.11.1. Norma ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos**

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad, cuando una organización:

- a) Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y
- b) Aspira a 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 y los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño y el producto suministrado. (ISO 9001:2015)

#### **2.11.1.1 Sistema de Gestión de la Calidad y sus Procesos**

La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional. La organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización, y debe:

- a) Determinar las entradas requeridas y las salidas esperadas de estos procesos;
- b) Determinar la secuencia e interacción de estos procesos;
- c) Determinar y aplicar los criterios y los métodos (incluyendo el seguimiento, las mediciones y los indicadores del desempeño relacionados) necesarios para asegurarse de la operación eficaz y el control de estos procesos;
- d) Determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad;
- e) Asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos;
- f) Abordar los riesgos y oportunidades determinados;
- g) Evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos;
- h) Mejorar los procesos y el sistema de gestión de la calidad. (Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”.)

### **2.11.1.2 Planificación**

Al planificar el sistema de gestión de la calidad, la organización debe considerar las cuestiones referidas en el conocimiento de la organización y de su contexto, y los requisitos referidos en la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, y determinar los riesgos y oportunidades que es necesario abordar con el fin de:

- a) asegurar que el sistema de gestión de la calidad pueda lograr sus resultados previstos;
- b) aumentar los efectos deseables;
- c) prevenir o reducir efectos no deseados;
- d) lograr la mejora

La organización debe planificar:

- a) las acciones para abordar estos riesgos y oportunidades;
- b) la manera de: 1) integrar e implementar las acciones en sus procesos del sistema de gestión de la calidad y 2) evaluar la eficacia de estas acciones.

Las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades deben ser proporcionales al impacto potencial en la conformidad de los productos y los servicios.

### **2.11.1.3 Mejora**

La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente. Éstas deben incluir:

- a) mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas futuras;
- b) corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados;
- c) mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Los ejemplos de mejora pueden incluir corrección, acción correctiva, mejora continua, cambio abrupto, innovación y reorganización. (Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”.)

#### **2.11.1.4 Información documentada**

El sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir:

- a) la información documentada requerida por esta Norma Internacional;
- b) la información documentada que la organización determina como necesaria para la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La extensión de la información documentada para un sistema de gestión de la calidad puede variar de una organización a otra, debido a:

- el tamaño de la organización y a su tipo de actividades, procesos, productos y servicios;
- la complejidad de los procesos y sus interacciones;
- la competencia de las personas.

Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse de que lo siguiente sea apropiado:

- a) la identificación y descripción (por ejemplo, título, fecha, autor o número de referencia);
- b) el formato (por ejemplo, idioma, versión del software, gráficos) y los medios de soporte (por ejemplo, papel, electrónico);
- c) la revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación.

La información documentada requerida por el sistema de gestión de la calidad y por esta Norma Internacional se debe controlar para asegurarse de que:

- a) esté disponible y sea idónea para su uso, donde y cuando se necesite;
- b) esté protegida adecuadamente (por ejemplo, contra pérdida de la confidencialidad, uso inadecuado o pérdida de integridad).

Para el control de la información documentada, la organización debe abordar las siguientes actividades, según corresponda:

- a) distribución, acceso, recuperación y uso;
- b) almacenamiento y preservación, incluida la preservación de la legibilidad;
- c) control de cambios (por ejemplo, control de versión);
- d) conservación y disposición.

La información documentada de origen externo, que la organización determina como necesaria para la planificación y operación del sistema de gestión de la calidad, se debe identificar, según sea apropiado, y controlar. La información documentada conservada como evidencia de la conformidad debe protegerse contra modificaciones no intencionadas.

El acceso puede implicar una decisión en relación al permiso, solamente para consultar la información documentada, o al permiso y a la autoridad para consultar y modificar la información documentada. (Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”)

#### **2.11.1.5 Implementación del sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 en una organización**

La implementación de esta norma internacional permitirá a las organizaciones sobrevivir al exigente mercado actual, ya que podrán responder a las exigencias de los clientes, los mismos que debido al nivel de los requerimientos industriales exigen una certificación de parte de sus proveedores, ya que la certificación garantiza la calidad de los productos o servicios.

Otra de las ventajas que esta norma ofrece es permitir una competencia ecuánime en el mercado, porque se garantiza la calidad de los procesos desarrollados tanto de pequeñas, medianas o grandes empresas, motivo por el cual la calidad de los productos o servicio será igual. También ayuda a la sistematización de la gestión y obtener la máxima rentabilidad y eficacia, constituyendo una inversión y esfuerzo que resulta muy

productivo para las empresas, dándoles una ventaja competitiva y mejorando también su organización interna.

Con la aplicación de esta norma se facilita además la implementación de certificaciones posteriores, ya que la misma constituye la base de procesos de gestión de calidad.

A continuación, tenemos un esquema de procesos a seguir para la implementación de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 en una organización (figura 2.6). En el cual se detalla de manera general los pasos a seguir para la implementación del sistema de gestión de calidad, para mayor detalle de los pasos a seguir y cómo hacerlo recomendamos consultar el contenido de la Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos”.

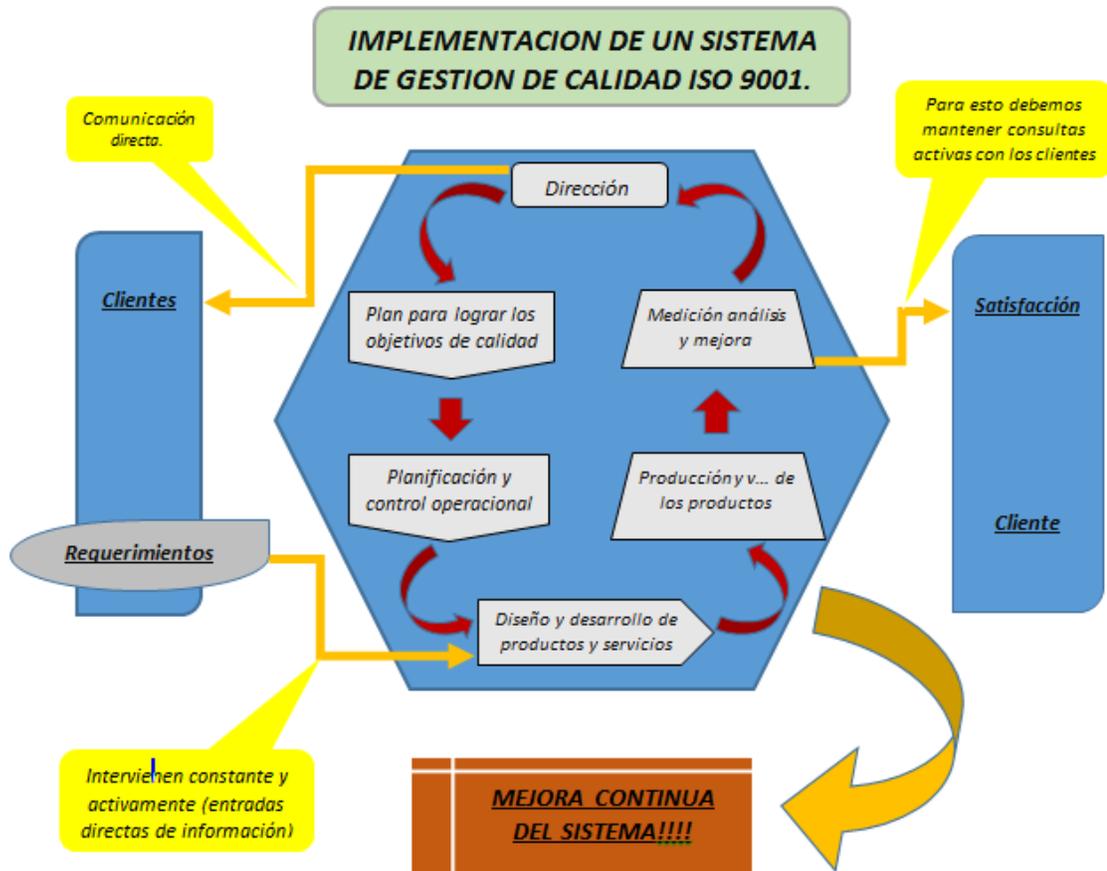


Figura 2. 6: Esquema a seguir para la implementación de un sistema de gestión de calidad ISO 9001 en una organización.

En la implementación del sistema de gestión de calidad bajo la Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos” en una organización la dirección cumple un rol primordial ya que siempre debe mantener una línea de comunicación directa con los clientes, para, de esta manera conocer sus requerimientos, atender a sus quejas y también tener constancia de su satisfacción; además debe elaborar un plan para lograr los objetivos de calidad, de preferencia junto con los colaboradores para escuchar sus opiniones y también lograr que todos tengan conocimiento sobre las nuevas políticas de calidad a implementar en la organización.

Se debe también establecer la planificación de la central operacional y los roles que van a desempeñar cada uno de los colaboradores, de esta manera se podrá establecer las obligaciones y atribuciones de cada rol, lo que mejora sustancialmente la organización.

Los requerimientos que los clientes hacen llegar a la dirección son de suma importancia durante el proceso de diseño y desarrollo de los productos y servicios, ya que los mismos deben estar enfocados en lograr la satisfacción del cliente; el siguiente proceso es la producción y provisión de los productos y servicios, en el cual la organización plantada agiliza el proceso y minimiza el porcentaje de fallas en el mismo; luego de esto se procede con la medición y análisis de la aceptación que los productos y servicios han tenido en los clientes, también de ser el caso las mejoras correspondientes, lo cual va a depender directamente de la satisfacción de los clientes, en donde interviene nuevamente la dirección mediante su línea de comunicación directa.

El objetivo principal de todo este proceso a desarrollar es lograr la mejora continua del sistema de gestión de la calidad, teniendo siempre al cliente en un plano central y participando de manera activa.

## **2.12. Certificación**

Según la página oficial del Servicio de Acreditación Ecuatoriano La norma NTE INEN ISO/IEC 17025 es la norma internacionalmente reconocida para evaluar la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración. Esta es la norma con la que el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) acredita a los laboratorios de ensayo y calibración en el país.

Para solicitar la acreditación un laboratorio debe tener conocimiento y competencia técnica en las actividades para las que solicita la acreditación, y cumplir con los siguientes requisitos generales:

1. Ser una entidad legalmente constituida, con personería jurídica.
2. Tener implementado un sistema de gestión de la calidad en su organización, de acuerdo a la norma internacional NTE INEN ISO/IEC 17025 o NTE INEN ISO 15189.
3. Contar con personal competente para el desarrollo de las actividades para las que solicita la acreditación.
4. Poseer una infraestructura adecuada para sus operaciones.
5. Conocer y cumplir los requisitos establecidos por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano, (SAE).

### **2.13. Presentación de resultados**

Los resultados siempre se presentan con cierta incertidumbre de acuerdo a un intervalo de confianza, para el análisis de la desviación estándar se puede realizar:

- Procedimientos estándar.
- Procedimientos de análisis por pares.
- Procedimientos de análisis por agrupación

En el caso, en el que la norma técnica utilizada en un ensayo específico describa la metodología para el tratamiento de la incertidumbre, se deberá siempre utilizar la metodología estipulada en la norma, en cambio para el caso en el que las normas técnicas utilizadas en el ensayo, no estipule ninguna metodología para estimar la incertidumbre asociada al proceso de medición, se deberán utilizar métodos estándar para el tratamiento de la misma. Las nociones de estadística inferencial que servirán como guía para el tratamiento de la incertidumbre de medición, se presentan a continuación.

Para la presentación de resultados con un intervalo de confianza, se puede utilizar funciones de distribución de probabilidad “normal o T de student.

Para análisis de varianza se pueden realizar pruebas de hipótesis de dispersión de las mediciones, pruebas P-valor, prueba F de Fisher, prueba chi cuadrado, T de student.

#### **2.14. Análisis estadístico de una muestra de mediciones**

La estadística es una ciencia inductiva que permite inferir características cualitativas y cuantitativas de un conjunto mediante los datos contenidos en un subconjunto del mismo. El objetivo fundamental de la Estadística es analizar datos y transformarlos en información útil para tomar decisiones. La estadística ha alcanzado un nivel de desarrollo muy alto y constituye actualmente el soporte necesario para todas las ciencias y para la investigación científica, siendo el apoyo para tomar decisiones en un entorno de incertidumbre, es importante resaltar que las técnicas estadísticas deben usarse apropiadamente para que la información obtenida sea válida. (Rodríguez, Luis 2007).

##### **2.14.1. Estadística descriptiva**

Es el uso de las técnicas para obtener y analizar datos, incluyendo el diseño de cuestionarios en caso de ser necesarios. Se debe usar un plan para la obtención de los datos. Es el estudio de las técnicas para recopilar, organizar y presentar datos obtenidos en un estudio estadístico para facilitar su análisis y aplicación. (Rodríguez, Luis 2007).

##### **2.14.2. Estadística inferencial**

Son las técnicas estadísticas utilizadas para realizar inferencias estadísticas que permiten validar las hipótesis propuestas. Técnicas para obtención de resultados basados en la información contenida en muestras. (Rodríguez, Luis 2007).

##### **2.14.3. Desarrollo de un proyecto estadístico**

En forma resumida, la figura 2.7 describe los pasos para resolver un problema usando las técnicas estadísticas.



Figura 2. 7: Esquema a seguir para resolver un problema mediante estadística

Fuente: Rodríguez, Luis 2007

#### 2.14.4. Distribución normal

Abrahan De Moivre (1733) fue el primero en obtener la ecuación matemática de la curva normal. Kart Friedrich Gauss y Márquez De Laplace (principios del siglo diecinueve) desarrollaron más ampliamente los conceptos de la curva. La curva normal también es llamada curva de error, curva de campana, curva de Gauss, distribución gaussiana o curva de Moivre. Su altura máxima se encuentra en la media aritmética, es decir su ordenada máxima corresponde a una abscisa igual a la media aritmética. La asimetría de la curva normal es nula y por su grado de apuntamiento o curtosis se clasifica en mesocúrtica. Su ecuación matemática de la función de densidad es: (Suárez, Mario 2012)

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Dónde:

$\sigma$  = Desviación Estándar

$\sigma^2$  = Varianza

$\pi$  = Constante Matemática (3.1416)

e = Constante Matemática

X = Valor en el Eje Horizontal

Y = Altura de la Curva Para Cualquier Valor de x

$\mu$  = Media Aritmética

### 2.14.5. Estimación de intervalo de confianza para la media ( $\sigma$ desconocida)

Así como la media poblacional  $\mu$  suele ser desconocida, rara vez se conoce la desviación estándar real de la población  $\sigma$ . Por lo tanto, se requiere desarrollar una estimación del intervalo de confianza de  $\mu$  usando sólo los estadísticos de muestra  $\bar{X}$  y  $S$ . Se emplea la siguiente fórmula:

$$\bar{X} - t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde  $t_{n-1}$  es el valor crítico de la distribución T con  $n-1$  grados de libertad para un área de  $\alpha/2$  en la cola superior.

La distribución T supone que la población está distribuida normalmente. Esta suposición es particularmente importante para  $n < 30$ . Pero cuando la población es finita y el tamaño de la muestra constituye más del 5% de la población, se debe usar el factor finito de corrección para modificar las desviaciones estándar. Por lo tanto, si cumple:

$$\frac{n}{N} \cdot 100\% > 5\%$$

Se aplica la ecuación:

$$\bar{X} - t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

Siendo  $N$  el tamaño de la población y  $n$  el tamaño de la muestra. (Suárez, Mario 2012).

#### 2.14.5.1 T de student

Si la variable aleatoria  $X$  se distribuye normalmente, entonces el siguiente estadístico tiene una distribución T con  $n - 1$  grados de libertad.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Esta expresión tiene la misma forma que el estadístico Z en la ecuación para la distribución muestral de la media con la excepción de que S se usa para estimar la  $\sigma$  desconocida. (Suárez, Mario 2012).

**Entre las principales propiedades de la distribución T se tiene:**

En apariencia, la distribución T es muy similar a la distribución normal estandarizada. Ambas distribuciones tienen forma de campana. Sin embargo, la distribución T tiene mayor área en los extremos y menor en el centro, a diferencia de la distribución normal. Puesto que el valor de  $\sigma$  es desconocido, y se emplea S para estimarlo, los valores T son más variables que los valores Z. Los grados de libertad  $n - 1$  están directamente relacionados con el tamaño de la muestra n. A medida que el tamaño de la muestra y los grados de libertad se incrementan, S se vuelve una mejor estimación de  $\sigma$  y la distribución T gradualmente se acerca a la distribución normal estandarizada hasta que ambas son virtualmente idénticas. Con una muestra de 120 o más, S estima  $\sigma$  con la suficiente precisión como para que haya poca diferencia entre las distribuciones T y Z. Por esta razón, la mayoría de los especialistas en estadística usan Z en lugar de T cuando el tamaño de la muestra es igual o mayor de 30.

Como se estableció anteriormente, la distribución T supone que la variable aleatoria X se distribuye normalmente. En la práctica, sin embargo, mientras el tamaño de la muestra sea lo suficientemente grande y la población no sea muy sesgada, la distribución t servirá para estimar la media poblacional cuando  $\sigma$  sea desconocida. Los grados de libertad de esta distribución se calculan con la siguiente fórmula:  $n - 1$  Donde n = tamaño de la muestra (Suárez, Mario 2012).

**2.14.5.2 Estimación del intervalo de confianza para una proporción**

Sirve para calcular la estimación de la proporción de elementos en una población que tiene ciertas características de interés. La proporción desconocida de la población, se representa con la letra griega  $\pi$ . La estimación puntual para  $\pi$  es la proporción de la muestra,  $p = \frac{x}{n}$ , donde n es el tamaño de la muestra y X es el número de elementos en

la muestra que tienen la característica de interés. La siguiente ecuación define la estimación del intervalo de confianza para la proporción de la población.

$$p - Z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \leq \pi \leq p + Z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Donde:

$$p = \text{proporción de la muestra} = \frac{X}{n} = \frac{\text{número de elementos con características de interés}}{\text{tamaño de la muestra}}$$

$\pi$  = proporción de la población

Z = valor crítico para la distribución normal estandarizada

N = tamaño de la muestra

Cuando la población es finita (N) y el tamaño de la muestra (n) constituye más del 5% de la población, se debe usar el factor finito de corrección. Por lo tanto si cumple: (Suárez, Mario 2012).

$$\frac{n}{N} \cdot 100\% > 5\%$$

Se aplica la ecuación

$$p - Z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \leq \pi \leq p + Z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

#### 2.14.6. Análisis de varianza

El análisis de varianza es una técnica que se puede utilizar para decidir si las medias de dos o más poblaciones son iguales. La prueba se basa en una muestra única, obtenida a partir de cada población. El análisis de varianza puede servir para determinar si las diferencias entre las medias muestrales revelan las verdaderas diferencias entre los valores medios de cada una de las poblaciones, o si las diferencias entre los valores medios de la muestra son más indicativas de una variabilidad de muestreo. Si el valor

estadístico de prueba (análisis de varianza) nos impulsa a aceptar la hipótesis nula, se concluiría que las diferencias observadas entre las medias de las muestras se deben a la variación casual en el muestreo (y por tanto, que los valores medios de población son iguales). Si se rechaza la hipótesis nula, se concluiría que las diferencias entre los valores medios de la muestra son demasiado grandes como para deberse únicamente a la casualidad (y por ello, no todas las medias de población son iguales).

Los datos para el análisis de varianza se obtienen tomando una muestra de cada población y calculando la media muestral y la variancia en el caso de cada muestra. Existen tres supuestos básicos que se deben satisfacer antes de que se pueda utilizar el análisis de variancia.

- 1) Las muestras deben ser de tipo aleatorio independiente.
- 2) Las muestras deben ser obtenidas a partir de poblaciones normales.
- 3) Las poblaciones deben tener variancias iguales (es decir,  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ )

El análisis de varianza, como su nombre lo indica, comprende el cálculo de varianzas. La varianza de una muestra es el promedio de las desviaciones elevadas al cuadrado de la media del grupo. Simbólicamente, esto se representa de la siguiente manera:

$$\text{varianza de la muestra} = s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Cabe observar que se debe utilizar  $n - 1$ , ya que se está trabajando con datos muestrales. De ahí que, para obtener la varianza muestral, el procedimiento sea el siguiente: (Suárez, Mario 2012).

- 1) Calcular la media muestral
- 2) Restar la media de cada valor de la muestra.
- 3) Elevar al cuadrado cada una de las diferencias.
- 4) Dividir entre  $n - 1$ .

#### **2.14.7. P-valor de un contraste de hipótesis**

Históricamente, la forma más común de actuar en un contraste de hipótesis pasa por elegir un nivel de significación (bajo), que determina un límite para el error tipo I que estamos

dispuestos a asumir. Ese nivel de significación determina toda la región de rechazo y, examinado si el valor del estadístico cae en ella, podemos concluir si rechazamos o no la hipótesis nula en favor de la alternativa con el nivel de confianza requerido.

Existe, sin embargo, otra forma de actuar que ha tenido un auge enorme desde que las computadoras se han convertido en una herramienta al alcance de cualquiera. Bajo esta forma de actuar, calcularemos el valor del estadístico de contraste y valoraremos cómo es de extremo este valor bajo la distribución en el muestreo de la hipótesis nula. Si es más extremo que el nivel de significación deseado, se rechazará la hipótesis nula en favor de la alternativa. Esta medida de cuán extremo es el valor del estadístico se llama **p-valor**. (Saéz, Antonio 2012).

#### 2.14.7.1 Definición de p-valor

De forma general, supongamos que queremos contrastar una hipótesis estadística simple del tipo  $H_0 : \theta = \theta_0$ , frente a alguna de las alternativas siguientes:  $H_1 : \theta \neq \theta_0$ ,  $H_1 : \theta > \theta_0$  o  $H_1 : \theta < \theta_0$ . Supongamos además que el contraste se realiza mediante un estadístico que notaremos  $S$ , y que el valor del estadístico para la muestra es  $s$ . El **p-valor** asociado al contraste se define como el mínimo nivel de significación con el que la hipótesis nula sería rechazada en favor de la alternativa. (Saéz, Antonio 2012).

#### 2.14.7.2 Calculo del p-valor

Para comprender cómo se calcula el p-valor de un contraste es necesario distinguir entre contrastes unilaterales o de una cola frente a contrastes bilaterales o de dos colas. Como ya comentamos, los contrastes del tipo  $H_0 : \theta = \theta_0$ , frente a  $H_1 : \theta \neq \theta_0$  son contrastes bilaterales o de dos colas, ya que el rechazo de la hipótesis nula en favor de la alternativa puede producirse porque el estadístico de contraste toma valores muy altos o muy bajos. Por contra, los contrastes del tipo  $H_0 : \theta = \theta_0$ , frente a  $H_1 : \theta > \theta_0$  o  $H_1 : \theta < \theta_0$  son contrastes unilaterales o de una cola, ya que el rechazo de la hipótesis nula en favor de la alternativa puede producirse sólo si el estadístico de contraste toma valores muy altos (cuando  $H_1 : \theta > \theta_0$ , llamado contraste a la derecha) o muy bajos (cuando  $H_1 : \theta < \theta_0$ , llamado contraste a la izquierda).

Por tanto, teniendo en cuenta la definición de p-valor, su cálculo se realiza de la siguiente forma: Si el contraste es unilateral a la izquierda ( $H_1 : \theta < \theta_0$ ),

$$p = P[S \leq s/H_0]$$

Si el contraste es unilateral a la derecha ( $H_1 : \theta > \theta_0$ ),

$$p = P[S > s/H_0]$$

Si el contraste es bilateral ( $H_1 : \theta \neq \theta_0$ ),

$$p = 2 \times \min \{P[S \leq s/H_0], P[S > s/H_0]\}$$

Hay que decir que el uso del p-valor se ha extendido hasta convertirse en el método más habitual de toma de las decisiones desde que el uso de los ordenadores y del software de cálculo está a disposición de la mayoría de los usuarios. Hoy en día casi nadie hace Estadística a mano, y prácticamente todos los programas estadísticos proporcionan el p-valor como dato para la toma de las decisiones.

#### 2.14.8. Prueba F de Fisher

A diferencia de otras pruebas de medias que se basan en la diferencia existente entre dos valores, el análisis de varianza emplea la razón de las estimaciones, dividiendo la estimación intermedia entre la estimación interna

$$\text{Razón } F = \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{ns_x^2}{(s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_k^2)/k}$$

Esta razón F fue creada por Ronald Fisher (1890-1962), matemático británico, cuyas teorías estadísticas hicieron mucho más precisos los experimentos científicos.

El valor estadístico de prueba resultante se debe comparar con un valor tabular de F, que indicará el valor máximo del valor estadístico de prueba que ocurriría si  $H_0$  fuera verdadera, a un nivel de significación seleccionado. Antes de proceder a efectuar este cálculo, se debe considerar las características de la distribución F. La distribución F tiene las siguientes características:

- Existe una distribución F diferente para cada combinación de tamaño de muestra y número de muestras. Por tanto, existe una distribución F que se aplica cuando se toman cinco muestras de seis observaciones cada una, al igual que una distribución F diferente para cinco muestras de siete observaciones cada una. A propósito de esto, el número de distribuciones de muestreo diferentes es tan grande que sería poco práctico hacer una extensa tabulación de distribuciones. Por tanto, como se hizo en el caso de la distribución t, solamente se tabulan los valores que más comúnmente se utilizan. En el caso de la distribución F, los valores críticos para los niveles 0,05 y 0,01 generalmente se proporcionan para determinadas combinaciones de tamaños de muestra y número de muestras.
- La distribución es continua respecto al intervalo de 0 a  $+\infty$ . La razón más pequeña es 0. La razón no puede ser negativa, ya que ambos términos de la razón F están elevados al cuadrado. Por otra parte, grandes diferencias entre los valores medios de la muestra, acompañadas de pequeñas variancias muestrales pueden dar como resultado valores extremadamente grandes de la razón F.
- La forma de cada distribución de muestreo teórico F depende del número de grados de libertad que estén asociados a ella. Tanto el numerador como el denominador tienen grados de libertad relacionados.

Los grados de libertad para el numerador y el denominador de la razón F se basan en los cálculos necesarios para derivar cada estimación de la variancia de la población. La estimación intermedia de variancia (numerador) comprende la división de la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre el número de medias (muestras) menos uno, o bien,  $k - 1$ . Así,  $k - 1$  es el número de grados de libertad para el numerador. En forma semejante, el calcular cada variancia muestral, la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre el valor medio de la muestra y cada valor de la misma se divide entre el número de observaciones de la muestra menos uno, o bien,  $n - 1$ . Por tanto, el promedio de las variancias muestrales se determina dividiendo la suma de las variancias de la muestra entre el número de muestras, o  $k$ . Los grados de libertad para el denominador son entonces,  $k(n - 1)$ . (Suárez, Mario 2012).

### 2.14.9. Contrastes de hipótesis no paramétricas

Todos los contrastes que hemos descrito se basan, directa o indirectamente (a través del teorema central del límite) en que los datos se ajustan a la distribución normal, haciendo inferencia de una u otra forma sobre sus parámetros. Vamos a considerar contrastes que no necesitan de tal hipótesis, por lo que no se enuncian como contrastes sobre algún parámetro desconocido: de ahí que formen parte de los llamados contrastes no paramétricos o contrastes de hipótesis no paramétricas. (Suárez, Mario 2012).

#### 2.14.9.1 Contrastes de bondad de ajuste

Gracias a lo estudiado en el apartado correspondiente a la estimación puntual de parámetros ahora somos capaces de ajustar una distribución a unos datos mediante algún método de estimación (momentos, máxima verosimilitud). Sin embargo, hasta ahora no disponemos de ninguna herramienta capaz de juzgar si ese ajuste es bueno o malo, o como de bueno es. De hecho, en la relación de problemas correspondiente dejamos abierta esta cuestión, ya que solo pudimos valorar esta bondad del ajuste mediante representaciones gráficas, lo que solo nos dio una visión parcial del problema que puede ser muy subjetiva.

Los dos contrastes de hipótesis que vamos a describir ahora van a permitir contrastar como hipótesis nula.

*$H_0$  : la distribución se ajusta adecuadamente a los datos*

Frente a la alternativa

*$H_1$  : la distribución no se ajusta adecuadamente a los datos*

Facilitando además un p-valor que permitirá, además, comparar la bondad de distintos ajustes.

Decir, por último, que aunque estos dos contrastes de hipótesis pueden aplicarse a cualquier tipo de variables están especialmente indicados para variables de tipo discreto o cualitativo en el caso del primero de ellos (test  $X^2$  de bondad de ajuste). (Suárez, Mario 2012).

### 2.14.9.2 Test $X^2$ de bondad de ajuste

**Ejemplo.** Supongamos que un tahúr del Misisipi quiere probar un dado para ver si es adecuado para jugar honestamente con él. En ese caso, si notamos por  $p_i$  a la probabilidad de que en el lanzamiento del dado resulte el valor  $i=1,2,\dots, 6$ , el tahúr quiere probar la hipótesis

$$H_0 : p_i = \dots = p_6 = \frac{1}{6}$$

Frente a la alternativa de  $H_1$  que algún  $p_i$  sea distinta de  $\frac{1}{6}$ .

Para realizar la prueba, lanzará el dado 600 veces, anotando el número de veces que se da cada resultado. Estas cantidades se denominan frecuencias observadas. Por otra parte, si el dado fuera justo (hipótesis  $H_0$ ), en 600 lanzamientos deberían darse aproximadamente 100 de cada resultado posible. Estas frecuencias se denominan frecuencias esperadas. El tahúr tomará la decisión con respecto al dado a partir de la comparación de las frecuencias observadas y las esperadas.

A continuación, vamos a describir el test  $X^2$ , que permite realizar pruebas de este tipo. Como hemos comentado en la introducción, con ella podremos juzgar ajustes de los que hemos logrado en el capítulo de estimación puntual, pero también podremos utilizarla en ejemplos como el que acabamos de ver, en el que el experto está interesado en contrastar datos experimentales con respecto a una distribución teórica que le resulta de interés.

En primer lugar y de forma más general, supongamos que tenemos una muestra de tamaño  $N$  de una v.a. discreta o cualitativa,  $X$ , ajustada a un modelo dado por una distribución.

Consideremos una partición del conjunto de valores que puede tomar la variable:  $S_1, \dots, S_r$ . En principio, esta partición podría ser simplemente todos y cada uno de los valores que toma la variable  $X$ , pero, como veremos, es posible que tengamos que agrupar algunos de ellos.

Seguidamente, consideremos la probabilidad, según la distribución dada por el ajuste que queremos evaluar, de cada una de estas partes,

$$p_i = P \left[ X \in S_i / H_0 \right] > 0.$$

De igual forma, calculemos  $O_i$ , el número de observaciones de la muestra que caen en cada conjunto  $S_i$ . La idea del test es comparar el número de observaciones  $O_i$  que caen realmente en cada conjunto  $S_i$  con el número esperado de observaciones que deberían caer en  $S_i$  si el ajuste es el dado por nuestro modelo, que sería  $N \times p_i$ . Para ello, una medida que compara estas dos cantidades viene dada por:

$$D = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - N \times p_i)^2}{N \times p_i}$$

Si, para una muestra dada, esta v.a. toma un valor  $d$  muy alto, indica que los valores observados no cuadran con el ajuste que hemos propuesto (con lo cual se rechazaría la hipótesis nula en favor de la alternativa); si, por el contrario, toma un valor  $d$  bajo, indica que nuestro ajuste corresponde bien con los datos de la muestra, por lo que es aceptable la hipótesis nula.

El problema final es decidir cuándo el valor de la v.a.  $D$ ,  $d$ , es lo suficientemente alto como para que nos resulte inaceptable el ajuste. Para decidirlo hay que tener en cuenta que cuando  $N$  es razonablemente alto y la hipótesis  $H_0$  es cierta, la distribución de probabilidad de  $D$  es  $\chi^2$  con  $r - k - 1$  grados de libertad, es decir,

$$D / H \xrightarrow{N \gg} \chi^2_{r - k - 1},$$

Donde  $k$  es el número de parámetros que han sido estimados en el ajuste. Teniendo en cuenta este resultado, se calcula bajo esta distribución la probabilidad de que se dé un valor todavía más alto que  $d$  (el p-valor, por tanto),

$$p = P \left[ D > d / H_0 \right].$$

Si esta probabilidad es inferior al 5 %, se rechaza la hipótesis nula en favor de la alternativa con un 95 % de confianza. Dicho de otra forma, se acepta la hipótesis nula sólo si el valor de  $D$  entra dentro del 95 % de resultados más favorables a ella. (Suárez, Mario 2012).

#### **2.14.10. Requisitos del proyecto, enfocados a la elaboración de los manuales de procesos del laboratorio**

Los requisitos del proyecto, enfocados a la elaboración de los manuales de procesos del laboratorio comprenden los ya establecidos en la Norma ISO/IEC 17025:2005 con todo lo referente a requisitos legales, organizacionales, personales y estructurales que esta exige, de igual modo tenemos los requisitos correspondientes a la gestión de la calidad que debe implementarse en la organización, para los cuales la norma ISO/IEC 17025: se fundamenta en la Norma ISO 9001:2015.

Además, tenemos también varios requisitos, análisis y pruebas que se deben tomar en cuenta mediante el procesamiento de los datos en el plano estadístico, para realizar de una manera adecuada los procedimientos como: muestreo, calibración y presentación de resultados finales de los diferentes trabajos que se realicen en el laboratorio de calibración. De esta manera se puede garantizar la trazabilidad, incertidumbre al igual que el intervalo de confianza que van a tener las mediciones y calibraciones realizadas en el laboratorio de metrología.

En lo referente a la acreditación del laboratorio, los requisitos varían dependiendo de cada país, en Ecuador el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) para la acreditación de un laboratorio se rige estrictamente a lo establecido en la norma ISO/IEC 17025:2005.

### **CAPÍTULO III**

## **PROPUESTA DE DISEÑO DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN, ENFOCADOS A CUBRIR LOS REQUERIMIENTOS ESTIPULADOS EN LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.**

### **3. Propuesta de diseño**

Teniendo en cuenta lo desarrollado en los capítulos anteriores, llegamos a la conclusión de que un laboratorio de Metrología es una empresa destinada única y exclusivamente a la calibración y/o ensayo, en nuestro caso particular, para la calibración de instrumentos de medida, específicamente torquímetros; de acuerdo a las exigencias en las normativas nacionales e internacionales vigentes, este tipo de laboratorios deben poseer una acreditación para garantizar la calidad de los procesos desarrollados como también el resultado final de la calibración, todo esto basado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.

#### **3.1. Diseño físico del laboratorio**

Desde el punto de vista arquitectónico, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” no exige medidas determinadas para el tamaño del laboratorio ni de las diferentes áreas de trabajo, más bien esto depende de los equipos y de la cantidad de personas que van a trabajar o frecuentar el mismo, con el fin de evitar la contaminación cruzada se recomienda un espacio físico mínimo apropiado para cada colaborador, que garantice la ergonomía laboral. Cabe recalcar que el laboratorio contará con dos instalaciones sanitarias, una destinada para los clientes, y otra para los colaboradores.

##### **3.1.1. Zona de entrega y recepción de herramientas**

En este lugar se procederá a recibir las llaves dinamométricas que llegan al laboratorio para ser revisadas y posteriormente calibradas, dependiendo de la evaluación del técnico a cargo, de igual manera en este espacio se realizará la entrega de las herramientas una

vez calibradas; De acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” y a la Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 154 “Iluminación natural de edificios para fábricas y talleres. Requisitos” esta sección debe cumplir condiciones especiales, entre las cuales están:

- Temperatura entre 18 y 28 grados Celsius (con variación máxima de 1 grado Celsius).
- Humedad relativa del 90%
- Alimentación eléctrica
- Iluminación recomendada 300 lux con un factor de luz natural de 3,75
- Sistema contra incendios.
- Piso para alto tráfico
- Sistema de luces de emergencia
- Señalética apropiada

### **3.1.2. Bodega de almacenamiento**

Ya que en este lugar se procederá a almacenar todos los torquímetros, se debe disponer de una correcta clasificación y distribución del espacio para evitar la contaminación cruzada; el tamaño de la misma dependerá del número de colaboradores que transitará por el lugar, el volumen de herramientas a ser trabajadas en cierto lapso de tiempo y el tamaño promedio de las herramientas. Según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” deberá tener una temperatura apropiada entre 18 y 28 grados Celsius (con variación máxima de 1 grado Celsius), con una humedad relativa del 90%, iluminación mínima de 300 lux con un factor de luz natural de 3,75 (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 154 “Iluminación natural de edificios para fábricas y talleres. Requisitos”), sistema contra incendios y sistemas de seguridad para evitar pérdidas; también deberá contar con estantes adecuados para colocar las herramientas calibradas o almacenadas.

### **3.1.3. Zona de revisión y calibración**

Esta área consiste en el corazón del laboratorio, ya que aquí se desarrollarán los procesos de revisión y calibración de las llaves dinamométricas, deberá contar con una excelente iluminación, la recomendable es de 700 lux o más según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 154 “Iluminación natural de edificios para fábricas y talleres. Requisitos”; también debe poseer alimentación eléctrica constante (plantas de energía auxiliar o UPC) para evitar daños en los equipos del laboratorio o fallas en las mediciones realizadas, la misma debe ser la adecuada para los equipos; la temperatura dentro del laboratorio debe ser la idónea para que no afecte la calidad de los procesos ni del resultado final, según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” debe estar en un rango de  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa máxima del 90%, el nivel de ruido para un trabajo armónico esta normalizado y no debe superar los 60 dB; datos que deben estar registrados para posteriormente especificarlos en el correspondiente certificado de calibración.

### **3.1.4. Oficinas administrativas**

En esta área estarán presentes todas las oficinas administrativas, las dimensiones de las mismas no están especificadas en la norma, razón por la cual se debe considerar un espacio apropiado para la movilización de todo el personal que labore en estas oficinas, como también espacio para la documentación y equipos correspondientes. En estas oficinas debe existir obligatoriamente lo siguiente:

- Iluminación correspondiente, recomendada 500 Lux (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 154 “Iluminación natural de edificios para fábricas y talleres. Requisitos”)
- Conexiones eléctricas de 110 V – 220 V
- Instalaciones para telefonía fija
- Sistema de puesta a tierra
- Conexión a internet

- Sistema de luces de emergencia
- Sistema contra incendios
- Agua potable
- Señalización apropiada
- Sistema de seguridad
- Ventilación adecuada

En este caso particular al pertenecer el laboratorio de calibración a la Universidad del Azuay este sector no estará dentro de la infraestructura del laboratorio ya que sus oficinas se encuentran ya designadas dentro del campus universitario.

### **3.2. Diseño de la gestión administrativa**

Para un mejor funcionamiento de cualquier organización es fundamental contar con un correcto y adecuado departamento administrativo, el mismo que será responsable de hacer cumplir los estatutos de la empresa.

Básicamente debe estar conformado por una Alta dirección, la cual se encargará de tomar las decisiones acertadas para el correcto funcionamiento de la organización, además de aplicar las medidas correctivas cuando el caso lo requiera; una Dirección Técnica, la cual deberá contar con el personal calificado y capacitado correctamente para realizar las diferentes actividades durante el proceso de ensayo y calibración de las herramientas, dentro de este departamento deberá existir un jefe técnico, el cual será el encargado de toda la parte técnica del laboratorio, como también de emitir y aprobar los certificados de calibración con todas las observaciones correspondientes, también deberá existir un técnico de calibración cuyas responsabilidades serán las de realizar los procedimientos de calibración establecidos, receptar y almacenar las herramientas y realizar los informes de calibración.

Como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” especifica, el laboratorio debe contar con una dirección de calidad, el técnico de calidad tendrá la responsabilidad de garantizar la calidad de los procesos desarrollados dentro del

laboratorio constatando que los procedimientos establecidos se cumplan, para lo que tendrá la autoridad de auditar a toda la organización del laboratorio.

En este caso particular al pertenecer el laboratorio a la Universidad del Azuay no será totalmente independiente de la misma, razón por la cual el departamento de soporte será el ya establecido por la Universidad, aquí se considera el departamento de contabilidad, el departamento de Talento Humano y el departamento de compras. El grafico 3.1 representa el organigrama jerárquico del laboratorio.

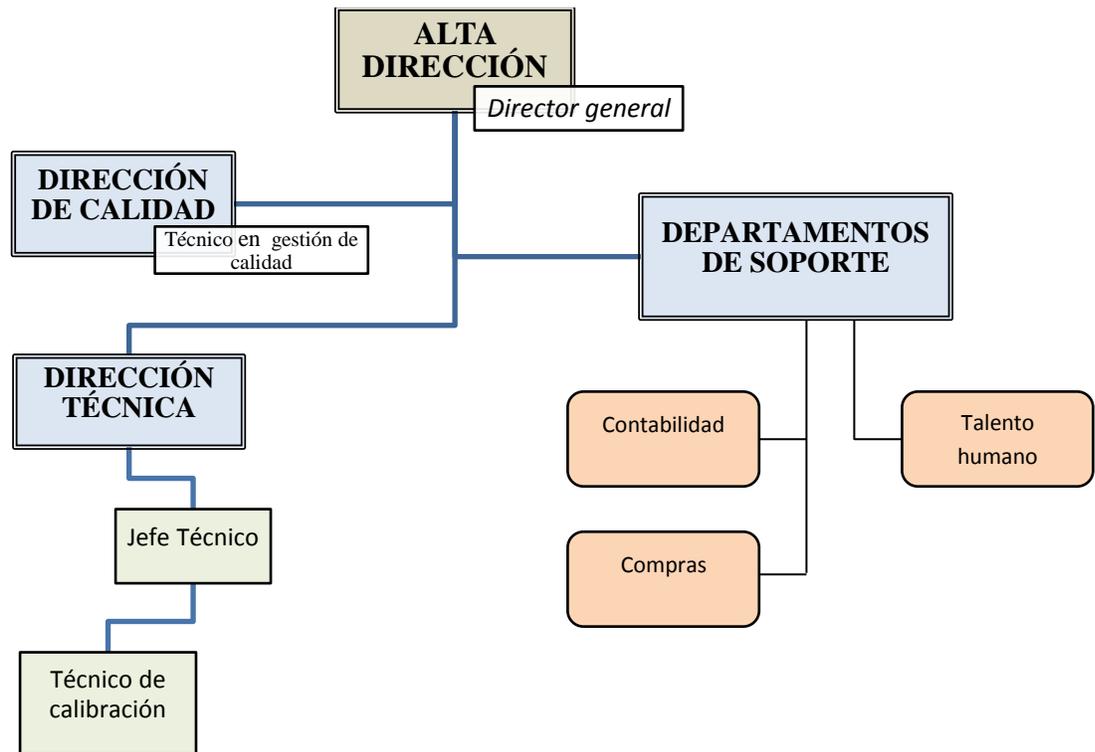


Figura 3. 1: Organigrama Jerárquico de los puestos de trabajo dentro del laboratorio.

### 3.3. Perfiles y responsabilidades de cada puesto de trabajo

Cada puesto de trabajo exige conocimientos, aptitudes y responsabilidades específicas; a continuación, se indica los requisitos y responsabilidades que deben cumplir y presentar los aspirantes a los diferentes puestos de trabajo.

### 3.3.1. Alta dirección

La alta dirección del laboratorio puede ser una persona o un comité (por motivos de capacitación lo recomendable es que sea únicamente una persona), será la dirección de la organización por lo que deberá poseer aptitudes especiales, entre las cuales tenemos:

- Poseer un título Universitario acorde con el propósito del laboratorio (De preferencia con Maestría en Administración de Empresas).
- Experiencia mínima de tres años en laboratorios de metrología.
- Conocimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.
- Conocimiento de la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”
- Capacidad de liderazgo, toma de decisiones y de manejo y trato de grupos de trabajo
- Conocimientos avanzados de normas de Gestión de Calidad y de metrología.
- Conocimiento de planes de mantenimiento programado.
- Manejo adecuado de paquetes utilitarios.
- Buena presencia, honradez, responsabilidad, lealtad.

De igual manera la alta dirección tiene responsabilidades especiales, tales como:

- Será responsable y tendrá la autoridad suficiente de la administración del laboratorio de servicios de la Universidad del Azuay.
- Manejo integral de la implementación del sistema de gestión.
- Definir, implementar y mantener la política de calidad del laboratorio.
- Establecer los objetivos del laboratorio.
- Mantener la responsabilidad, autoridad, comunicación interna y externa con los clientes.
- Será el representante del laboratorio ante los reclamos de los clientes.

- La alta dirección también deberá tener predisposición para atender a los clientes, revisar contratos y requerimientos de los mismos.
- Coordinar con el departamento de Talento Humano de la Universidad del Azuay cuando se requiera la contratación de y formación del personal.
- Tendrá autoridad para realizar auditorías a los departamentos de soporte y verificar que se esté cumpliendo los procedimientos que la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.
- Coordinar con el departamento de compras de la Universidad del Azuay la adquisición de implementos, materiales y servicios para el laboratorio.
- La alta Dirección será la responsable de la medición de la conformidad del cliente.
- Realizar reuniones para revisión de los procesos y escuchar opiniones de cómo mejorar el sistema de gestión.
- Realizar los informes económicos al Departamento de contabilidad de la Universidad del Azuay.

### **3.3.2. Dirección de calidad**

La dirección de calidad puede estar conformada por un comité o por una sola persona (de preferencia por motivos de capacitación), dentro de la organización se propone un técnico en gestión de calidad, el cual será responsable de vigilar que se cumpla el sistema de Gestión de la Calidad implementado en la organización, realizar el seguimiento adecuado con el fin de lograr una mejora continua del sistema. Debe cumplir con el siguiente perfil:

- Estudios superiores relacionados al propósito del laboratorio (de preferencia contar con estudios u cursos en sistemas de gestión de la calidad).
- Amplios conocimientos sobre Normas de Gestión de Calidad.
- Conocimientos avanzados de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.
- Conocimientos técnicos sobre la calibración de torquímetros.

- Experiencia mínima de un año en cargos similares.
- Manejo de sistemas informáticos.
- Responsabilidad, honradez, lealtad, puntualidad.

Las principales responsabilidades del técnico en gestión de calidad serán las siguientes:

- Asegurarse de que el sistema de gestión de calidad implementado en el laboratorio se cumpla, se mantenga y se actualice en todo momento, para lo cual contará con autoridad suficiente dentro de la organización.
- Coordinar con la Alta Dirección las decisiones sobre la política, objetivos y recursos del laboratorio.
- Al no contar con los departamentos de apoyo dentro de la infraestructura del laboratorio, el técnico en gestión de calidad podrá ser el responsable de la facturación y atención al cliente del laboratorio.
- Programar las auditorías internas y externas que requiere el sistema de gestión de calidad.
- Realizar la revisión, medición y análisis de la mejora continua del laboratorio junto con la Alta Dirección.
- Manejo de la caja chica del laboratorio.

### **3.3.3. Jefe técnico**

Al ser el encargado de la parte técnica del laboratorio, deberá contar con amplios conocimientos técnicos, entre los cuales tenemos:

- Título Universitario de Ingeniero Mecánico Automotriz, Ingeniero Mecánico o carreras afines.
- Amplio conocimiento de normas y procesos de calibración de torquímetros.
- Experiencia laboral mínima de un año en laboratorios de calibración.
- Conocimiento de las Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”.
- Conocimiento de las Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales –

Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”

- Conocimiento adecuado del manejo de áreas técnicas.
- Capacidad para toma de decisiones.
- Amplio conocimiento sobre el cálculo de incertidumbres.
- Conocimiento de paquetes utilitarios.
- Responsabilidad, honradez, lealtad, puntualidad.

Entre las principales responsabilidades que tendrá el jefe técnico del laboratorio tenemos las siguientes:

- Asegurar el cumplimiento de los estándares requeridos para las operaciones del laboratorio.
- Supervisar al personal encargado de la parte técnica del laboratorio, como también al personal en capacitación.
- Solicitar y verificar el informe de calibración realizado por el técnico de calibración durante el proceso de calibración de los torquímetros.
- Manejo íntegro de todo el equipo del laboratorio.
- Revisar los procedimientos, registro de equipos, ensayos y calibraciones.
- Realizar, firmar y entregar los certificados de calibración.
- Coordinar con la Alta Dirección la compra de insumos o mantenimiento del equipo del laboratorio.

#### **3.3.4. Técnico de calibración**

Será el encargado de inspeccionar los torquímetros y realizar los procesos de ensayo y calibración adecuados bajo supervisión del jefe técnico, además de capacitar al nuevo personal; entre los requisitos que debe cumplir tenemos:

- Estudios superiores mínimos de Tecnología relacionada al propósito del laboratorio.
- Experiencia mínima de un año en calibración de equipos de medición.
- Conocimiento de metrología.

- Conocimiento y manejo de la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”.
- Manejo de procedimientos para calibración de torquímetros nacionales e internacionales.
- Conocimiento adecuado del cálculo de incertidumbres.
- Manejo de sistemas informáticos.
- Disponibilidad para viajar fuera de la ciudad debido a cursos de capacitación.
- Capacidad para trabajar bajo presión.
- Responsabilidad, honradez, lealtad, puntualidad.

El técnico de calibración tendrá las siguientes responsabilidades:

- Receptar, almacenar y entregar los torquímetros.
- Receptar las solicitudes de calibración.
- Realizar los procedimientos de ensayo y calibración.
- Supervisar al personal en capacitación.
- Coordinar con el jefe técnico la adquisición de insumos y servicios de mantenimiento.
- Realizar los informes de calibración dirigidos al jefe técnico.

### **3.3.5. Departamentos de soporte**

Los departamentos de soporte del laboratorio se encuentran ya establecidos por la Universidad del Azuay, de igual manera los perfiles que se requieren para los puestos de trabajo, razón por la cual no será necesaria la contratación de personal extra ni la especificación del perfil necesario. A continuación, se especifica las responsabilidades de estos departamentos dentro de la organización del laboratorio.

#### **3.3.5.1 Departamento de contabilidad**

El laboratorio no contará con autonomía total, al pertenecer a la Universidad del Azuay la facturación se hará bajo su razón social, se deberá crear un fondo del laboratorio para

facilitar el análisis financiero y evitar mezclar con los demás ingresos de la Universidad. Las responsabilidades del departamento de contabilidad dentro del laboratorio serán las siguientes:

- Crear un fondo exclusivo del laboratorio de servicios (ingresos y gastos).
- Recibir los reportes de facturación y gastos del laboratorio por parte de la Alta dirección del laboratorio.
- Reportar ante la Dirección General de Laboratorios y Decanato Administrativo Financiero.
- Realizar reportes en caso de ser requeridos por la Dirección de Calidad o la Alta Dirección del laboratorio.

### **3.3.5.2 Departamento de talento humano**

El Departamento de Talento Humano de la Universidad del Azuay tendrá las siguientes responsabilidades dentro de la organización del laboratorio:

- Contratar personal capacitado de acuerdo al perfil del cargo.
- Elaborar junto a la Alta Dirección planes de capacitación para el personal del laboratorio.
- Elaborar y verificar los perfiles de todo el personal que formará parte del laboratorio y de las demás áreas de apoyo.
- Elaborar, manejar y registrar procedimientos de contratación.
- Junto con la Alta dirección del laboratorio, determinar los mecanismos para la evaluación de competencias del personal.
- Reportar las acciones realizadas por parte del Departamento de Talento Humano para la Dirección General de Laboratorios.
- Realizar y mantener actualizadas las carpetas de todo el personal del laboratorio.
- Realizar informes y presentar documentos a la Alta Dirección del Laboratorio o a la Dirección General en caso de solicitarlo.

### **3.3.5.3 Departamento de compras**

El Departamento de Compras de la Universidad del Azuay tendrá las siguientes responsabilidades dentro de la organización del laboratorio:

- Responsable de la realización de las compras de insumos, materiales y contratación de servicios de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Universidad del Azuay.
- Responsable de verificar la calidad de los insumos o materiales recibidos.
- Evaluar los proveedores del laboratorio.
- Revisar facturas de los proveedores.

### **3.4. Políticas del laboratorio**

Como toda organización correctamente constituida el laboratorio de metrología deberá contar con las políticas adecuadas, las mismas que ayudaran al buen desempeño del mismo como también a la calidad de los procesos desarrollados. Estas políticas son las directrices que se deben aceptar y llevar de buen modo por todos los miembros de la organización, las mismas que contienen las responsabilidades y normas que cada colaborador debe seguir de acuerdo a su puesto de trabajo, además son lineamientos generales para la toma de decisiones sobre algún problema que se presente en la organización.

#### **3.4.1. Políticas de calidad**

La Alta dirección establecerá y comunicará la política de calidad, asegurándose que sea comprendida y concientizada por todos los involucrados. El laboratorio de calibración proveerá servicios de calibración de torquímetros y está comprometido a:

- Asegurar el cumplimiento legal.
- Asegurar la confiabilidad de los resultados.
- Mantener personal competente.
- Asegurar que los instrumentos, equipos y métodos sean los adecuados para mantener la calidad de los procesos de ensayo y calibración.
- Asegurar la confidencialidad de los resultados de los clientes.

- Asegurar la mejora continua de los procesos del laboratorio.
- Cumplir con los objetivos establecidos.
- Asegurar la satisfacción del cliente.

Se deberá mantener copias de las políticas de calidad del laboratorio dentro de las instalaciones, las mismas que deben estar al alcance de todo el personal para facilitar su comunicación. Las políticas de calidad servirán de marco para el establecimiento de los objetivos de calidad. Mediante los objetivos estratégicos del sistema de gestión de calidad se definen los logros que se pretenden alcanzar con la implementación de los mismos.

#### **3.4.1.1 Objetivos de calidad**

Los objetivos de calidad deberán ser formulados y comunicados por la Alta Dirección del laboratorio, los mismos deberán ser medibles, de modo que a través de sus indicadores los responsables pueden evaluar el nivel de avance para lograr las metas establecidas. Los objetivos de calidad propuestos para el laboratorio son:

- Asegurar la confiabilidad de los resultados.
- Mantener personal competente.
- Asegurar que los procedimientos de ensayo y calibración se realicen dentro de las condiciones adecuadas.
- Asegurar la mejora continua de los procesos mediante la identificación de acciones preventivas.
- Asegurar la satisfacción del cliente.

#### **3.4.1.2 Responsabilidad y autoridad**

La Alta dirección asegura que las responsabilidades y autoridades estén definidas y detalladas, al igual que sus funciones, responsabilidades y autoridades que forman parte del sistema de gestión de calidad (apartado 3.3).

La cabeza del sistema de gestión de calidad es el técnico de calidad, designado por la Alta dirección y con autoridad para:

- Asegurar que se establecen, implementan y mantienen los procesos del sistema de gestión de calidad.
- Informar sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad y cualquier necesidad de mejora a la Alta Dirección a través de reuniones o comunicación verbal.
- Promover el entendimiento de los requisitos del cliente en la organización a través de reuniones con los colaboradores.
- Representar a la organización en relaciones con partes externas sobre asuntos relacionados con el sistema de gestión de la calidad.

Se deberá contar con mecanismos de comunicación interna dentro de la organización, los mismos que pueden ser:

- Correo electrónico interno
- Reuniones de trabajo periódicas
- Comunicaciones escritas
- Actas de las reuniones realizadas.

#### **3.4.1.3 Revisión por la alta dirección**

Para asegurar la eficacia del sistema de gestión de calidad, la Alta Dirección realizará revisiones anuales, los mismos que deberán ser registrados y deberán contar con la siguiente información:

- Resultados de auditorías.
- Información del cliente.
- Desempeño de los procesos y la conformidad con el ensayo.
- Estado de las acciones correctivas y preventivas.
- Acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas.
- Recomendaciones para mejora.

Una vez revisados estos documentos se procederá a emitir los resultados con la finalidad de mantener la mejora continua del sistema de gestión de calidad, en los resultados deberá contar:

- Acciones correctivas o preventivas a tomar para la mejora de la eficacia del sistema.
- La mejora del producto en relación con los requisitos del cliente.
- Las necesidades de recursos.

#### **3.4.1.4 Control de la producción y de la prestación del servicio**

La prestación de servicios del laboratorio de calibración se realizará en condiciones controladas como son:

- Disponibilidad de información que describe las características del servicio como los indican los procesos del Sistema de Gestión de Calidad.
- El acceso a los manuales, procesos, procedimientos, instructivos, métodos de calibración, registros e información asociada a la prestación de servicios.
- El uso de equipo apropiado.
- Mantenimiento apropiado del equipo de calibración.

En caso de que el cliente solicite la devolución del torquímetro, este será entregado en las mismas condiciones en que se lo recibió. En caso de extravío o deterioro de la herramienta la persona encargada (técnico de calibración) deberá notificar y brindar una explicación a la Alta Dirección para posteriormente seguir el procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas. En cuanto a la preservación de las herramientas, el laboratorio se compromete a preservar la conformidad del producto de acuerdo a lo estipulado en el procedimiento para la recepción de los torquímetros.

El laboratorio dará seguimiento y medición a la percepción del cliente a través de la encuesta de satisfacción al cliente.

#### **3.4.1.5 Control de los equipos de ensayo y calibración**

El laboratorio deberá realizar el seguimiento y medición de sus equipos, como también el mantenimiento adecuado, con lo que garantizará:

- Que sus equipos están calibrados y verificados.

- Que cuenten con los ajustes necesarios.
- Que están correctamente identificados para facilitar su mantenimiento.
- Que están protegidos contra cualquier desajuste.
- Que están correctamente manipulados.

Toda actividad que se realice en los equipos deberá ser registrada y almacenada siguiendo los procedimientos establecidos.

#### **3.4.1.6 Auditorías internas**

El laboratorio manejará una programación adecuada para las auditorías internas, la cual será encabezada por la dirección de calidad, la misma que dará el seguimiento adecuado y tomará en consideración el estado, la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas. La selección de auditores y la realización de las auditorías aseguran la objetividad e imparcialidad del proceso, ya que no se pueden auditar su propio trabajo.

La Alta Dirección del laboratorio define anualmente las metas de los indicadores de gestión para el desempeño de procesos y verifica su cumplimiento durante la revisión por la dirección.

Para garantizar los resultados del proceso de calibración, el jefe técnico revisa y firma el informe de calibración presentado por el técnico de calibración.

El laboratorio asegura que se identifica y registra todo trabajo no conforme como también las acciones correctivas desarrolladas por medio del procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas.

La Alta Dirección revisa y analiza los datos generados por:

- Auditorías internas.
- Indicadores del sistema de gestión de calidad.
- Revisiones de las no conformidades reales y potenciales
- Quejas de los clientes
- Evaluación de proveedores.

### **3.4.1.7 Mejora continua**

El laboratorio se compromete a buscar continuamente y en forma proactiva, el mejoramiento de la eficacia de sus procesos y procedimientos. La mejora continua al sistema de Gestión de Calidad maneja la política de calidad, los objetivos de calidad, acciones tomadas a través de resultados de auditorías internas, análisis de datos y las acciones correctivas. Las acciones correctivas desarrolladas por el laboratorio deberán registrarse de la manera adecuada.

### **3.4.2. Políticas de valores y ética**

Al carecer de información sobre políticas de ética de la Universidad del Azuay se ha procedido a investigar y adoptar para el laboratorio las políticas de ética de una institución de estudios superiores privada de la ciudad, (Universidad Politécnica Salesiana).

Las presentes políticas se definen como una herramienta formativa, con el fin de establecer las normas de conducta que debe llevar todos los miembros del laboratorio o que tengan relación bajo cualquier modalidad.

- La constante búsqueda de la verdad, y el constante apego a la misma.
- El respeto, como característica básica de todos los miembros hacia todos los miembros, el respeto a la identidad, a la dignidad y a su cultura.
- Libertad, con el fin de formar una comunidad fraterna, y solidaria.
- Justicia para dar y recibir a todos lo que es debido, principio que fortalecerá la convivencia de los miembros.
- Tolerancia para aceptar la forma de actuar y pensar de los demás, con el objeto de evitar cualquier tipo de discriminación.
- Amabilidad evidenciada en el trato cordial, respetuoso y alegre para con los miembros.
- Responsabilidad para el cumplimiento de todas las actividades de cada miembro, teniendo como resultado el logro de las metas planteadas.
- Honestidad, como un comportamiento de transparencia en las actividades privadas y públicas.

- Lealtad y colaboración.
- El interés general en pro de la justicia, la equidad y el bien común por sobre los intereses personales.
- La información confidencial del laboratorio no podrá ser manejada con fines personales bajo ninguna justificación, ni tampoco deberá ser divulgada.
- Cualquier persona del laboratorio que este en una jerarquía superior, deberá su comportamiento bajo los principios de ética, de forma imparcial, sin dar preferencias o privilegios a persona alguna.
- El trato atento y cortés será primordial entre los miembros del laboratorio, y este será observado, para evitar comportamientos descomedidos.
- Estará terminantemente prohibido el uso de lenguaje soez, vulgar, o descomedido, así como el uso de ofensas, amenazas y todo tipo de palabras denigrantes que afecte a la dignidad y buen nombre de las personas.
- Ningún empleado podrá utilizar un cargo que no posee para enviar comunicaciones.
- Todo acto de hostigamiento y discriminación en razón de: raza, credo, genero, edad, capacidades diferentes, orientación sexual, nacionalidad, tendencia política, ideología social y filosófica están totalmente prohibidos dentro del laboratorio.
- El acoso verbal, físico, visual, o sexual no solo estará prohibido si no que los responsables deberán enfrentar los procedimientos legales tanto internos como judiciales de ser el caso.

### **3.4.3. Políticas de seguridad, salud y ambiente.**

La Universidad del Azuay mediante su política de seguridad, salud y ambiente se compromete a:

- Proteger la salud y seguridad de todos quienes hacen la "Comunidad Universitaria" promoviendo y desarrollando condiciones adecuadas de trabajo y un ambiente sustentable.

- Hacer parte de la vida el aprendizaje y la mejora continua como contribución para crear y desarrollar una cultura de prevención y autocuidado. Cumplir con las regulaciones legales de S&SO, aplicables a nuestras acciones institucionales.
- Asignar los recursos necesarios para desarrollar un sistema de prevención de riesgos de seguridad y salud ocupacional.
- Promover la participación y cumplimiento de las directrices de seguridad industrial y salud ocupacional en todos sus colaboradores, contratistas, visitantes y demás personal relacionado con la ejecución de sus procesos.
- Divulgar la presente Política a toda la Comunidad Universitaria.
- Es compromiso activo y permanente de todos los colaboradores de la Universidad, contratistas y partes interesadas, el dar cumplimiento a esta Política.

### **3.5. Procedimientos técnicos para la calibración**

Para el desarrollo del proceso de calibración de los torquímetros nos basaremos esencialmente en la Norma Internacional UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos y describe los métodos de prueba y de marcado de herramientas dinamométricas manuales utilizados para el apriete controlado de uniones atornilladas.

Antes de describir los procedimientos a utilizar por el laboratorio es importante especificar el tipo de herramientas que se calibrarán en el laboratorio, según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” tenemos los siguientes:

**Herramientas dinamométricas de lectura directa (Tipo I):** Este tipo de herramientas indican mediante una escala mecánica, de un dial o de un visor electrónico, el valor del par ejercido por la herramienta sobre el extremo conducido.

**Herramientas dinamométricas de disparo (Tipo II):** Este tipo de herramientas pueden ajustarse a un valor requerido por el usuario, son el tipo más utilizado y emiten una señal al momento de llegar al torque requerido, esta señal puede ser audible, visible o perceptible. A su vez este tipo de herramientas se dividen en diferentes clases:

**Herramienta dinamométrica ajustable graduada (Tipo II, Clase A y Clase D):** Herramientas concebida para que la ajuste el usuario, que tiene una escala o un visor para ayudar a su ajuste.

**Herramienta dinamométrica ajustable no graduada (Tipo II, Clase C):** Son concebidas para que la ajuste el usuario con la ayuda de un dispositivo de calibración.

**Herramienta dinamométrica con par fijo (Tipo II, Clase B):** Este tipo de herramienta no son concebidas para que las ajuste el usuario, es decir, con un juste único.

Las herramientas dinamométricas objeto de esta norma se clasifican de la siguiente manera:

Herramientas dinamométricas de lectura directa (Tipo I)

- Clase A: Llave de barra a torsión o a flexión, figura 3.2

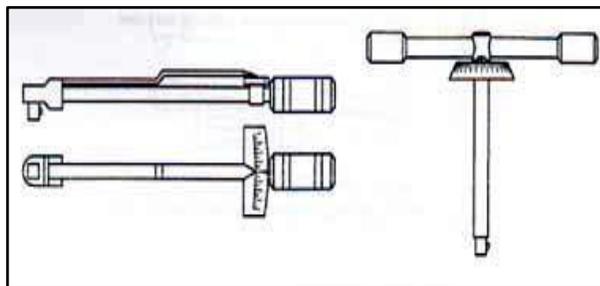


Figura 3. 2: Torquímetro de barra a torsión o a flexión.

Fuente: Norma ISO 6789

- Clase B: Llave de caja rígida con escala graduada, dial o visor, figura 3.3

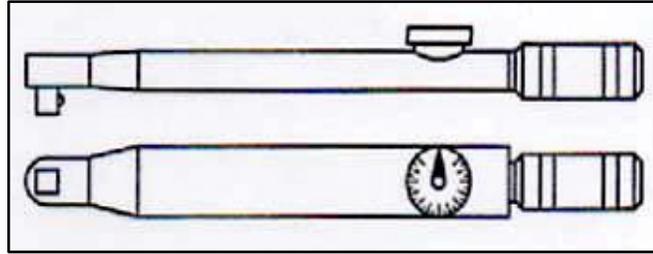


Figura 3. 3: Torquímetro de caja rígida con escala graduada.

Fuente: Norma ISO 6789

- Clase C: Llave de caja rígida e indicador electrónico de medida, figura 3.4

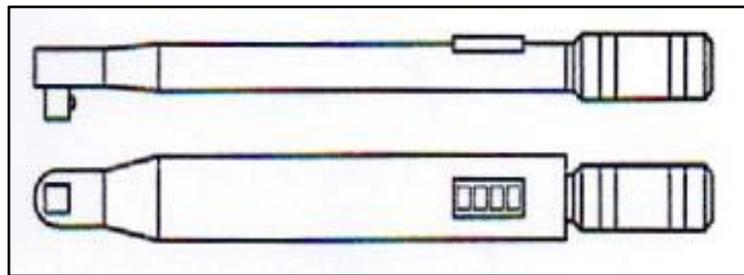


Figura 3. 4: Torquímetro de caja rígida e indicador electrónico de medida.

Fuente: Norma ISO 6789

### Herramientas dinamométricas de disparo (Tipo II)

- Clase A: llave regulable con escala graduada o con visor, figura 3.5

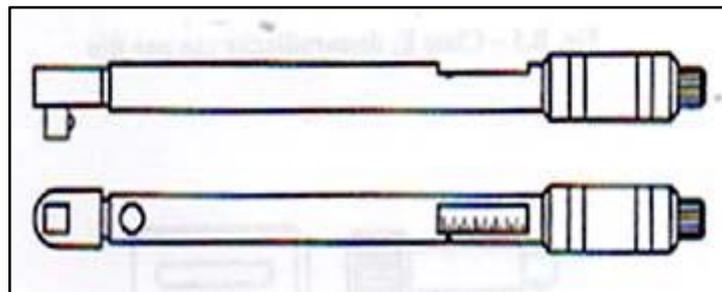


Figura 3. 5: Torquímetro regulable con escala graduada o con visor.

Fuente: Norma ISO 6789

- Clase B: llave con par fijo, figura 3.6

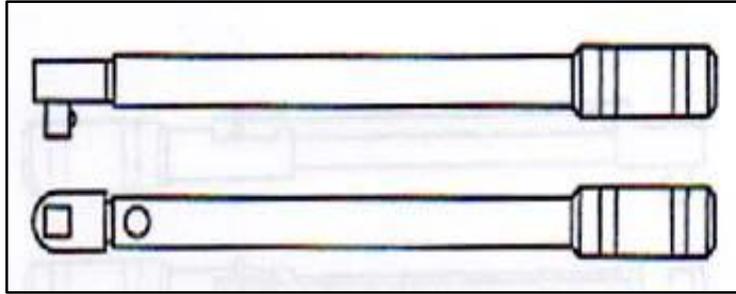


Figura 3. 6: Torquímetro con par fijo.

Fuente: Norma ISO 6789

- Clase C: llave regulable sin escala graduada, figura 3.7

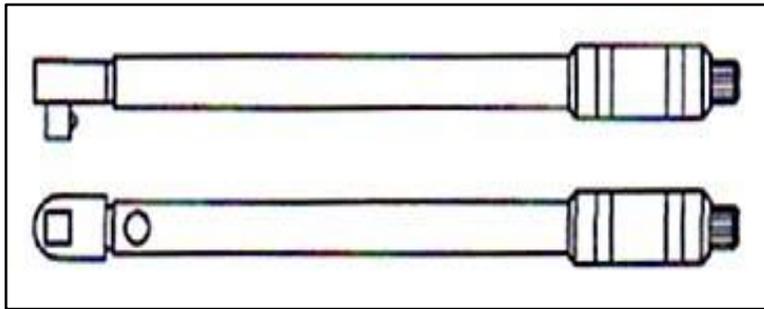


Figura 3. 7: Torquímetro regulable sin escala graduada.

Fuente: Norma ISO 6789

- Clase G: llave con barra de flexión, regulable con escala graduada, figura 3.8

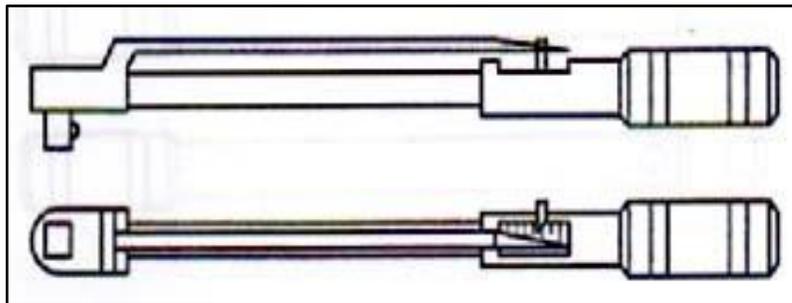


Figura 3. 8: Torquímetro con barra de flexión, regulable con escala graduada.

Fuente: Norma ISO 6789

### 3.5.1. Procedimiento para la calibración de torquímetros

El proceso de calibración comienza con la recepción y revisión visual de los torquímetros, se deberá llenar la correspondiente solicitud de calibración, luego se continuará con inspecciones más profundas del mismo como también los ensayos correspondientes y la calibración adecuada, además de la emisión de los certificados de calibración, para luego continuar con el análisis de la conformidad y la mejora continua del sistema. En la figura 3.9 se especifica el mapa de procesos a seguir por el laboratorio.

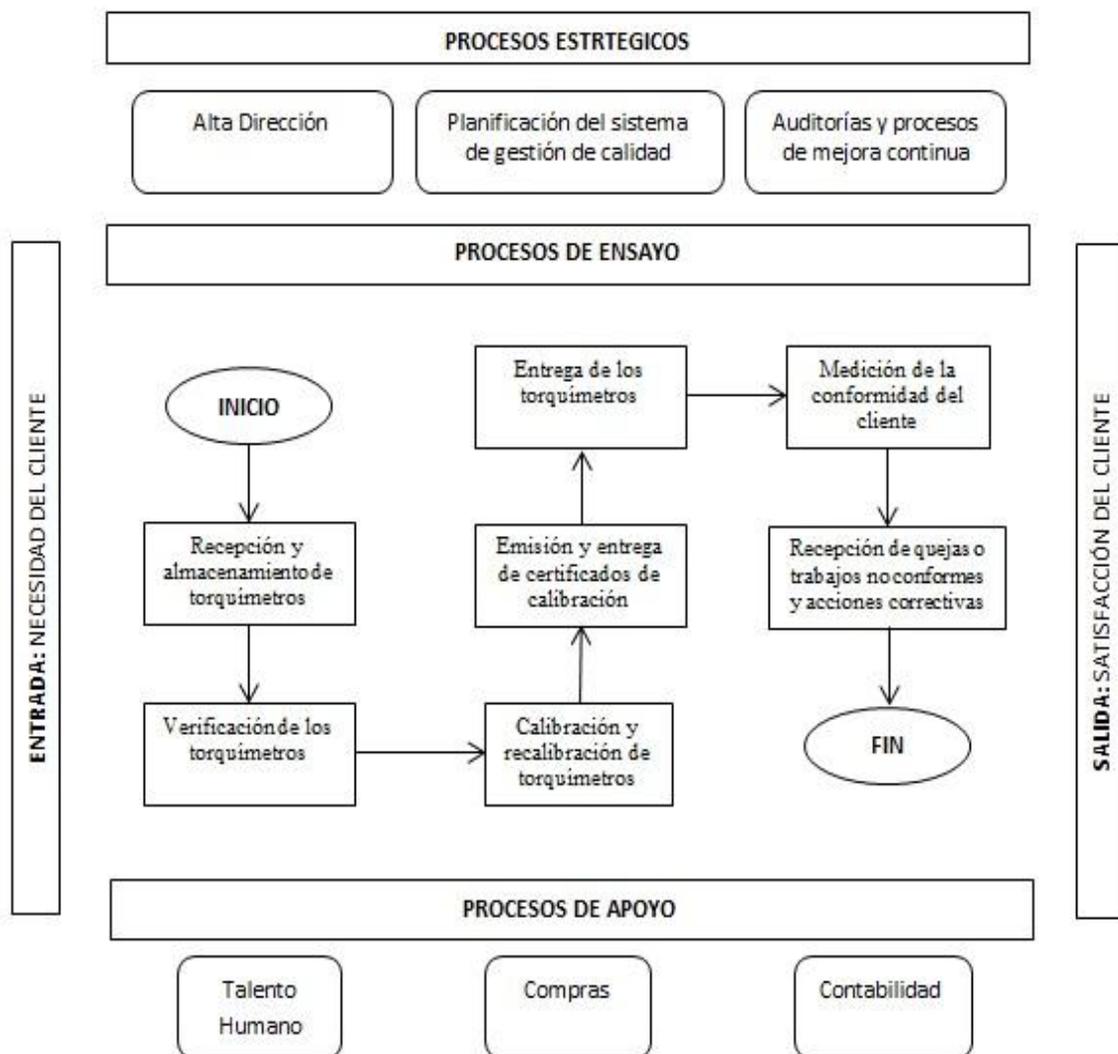


Figura 3. 9: Mapa de procesos del laboratorio de metrología.

### **3.5.1.1 Procedimiento para la recepción y almacenamiento de los torquímetros**

Durante esta etapa se procederá a recibir las herramientas que llegan al laboratorio con el fin de ser calibradas, las mismas deben estar funcionales, limpias y completas. El propietario o encargado deberá llenar una solicitud de calibración en la cual constarán todos los datos necesarios de la herramienta, también constara el nombre y firma de la persona que recibe la herramienta, la fecha de recepción y entrega de la misma. En el anexo 1 se puede observar el formato de solicitud de calibración a utilizar en el laboratorio. El procedimiento será el siguiente:

- 1) El técnico que recibirá la herramienta debe presentar al cliente la solicitud de calibración, misma que debe cerciorarse que este completa y correcta en todos sus campos, en caso de ser necesario deberá ayudar al cliente.
- 2) Mediante la solicitud el cliente acepta que los datos son auténticos, da constancia del estado actual y autoriza al laboratorio a realizar las verificaciones correspondientes en el torquímetro.
- 3) La herramienta deberá contar con el valor máximo de par, las unidades de medida, el sentido de funcionamiento (en caso de ser en un solo sentido), el nombre del fabricante, modelo, serie y todos los datos técnicos correspondientes.
- 4) En caso de existir observaciones o particularidades en la herramienta (rayones, desgaste excesivo, roturas, golpes, manchas, trabada, sucia, etc.) el técnico debe anotarlas en la solicitud.
- 5) En caso de que el técnico determine que la herramienta se encuentra en condiciones indebidas para la calibración deberá comunicar al propietario esta novedad por escrito y el cliente contará con veinte días laborables para retirar la herramienta.
- 6) Si la herramienta no presenta los datos correspondientes o las condiciones necesarias para la calibración se deberá hacer llenar al propietario un certificado de conformidad, en el cual autoriza al laboratorio a usar el método que considere correcto y exime al mismo de cualquier queja o reclamo en el resultado final y posibles consecuencias legales.

- 7) Se le informará al cliente el tiempo estimado que la herramienta permanecerá en el laboratorio para que de esta manera se pueda planificar el mantenimiento, este comunicado se lo dará en un lapso de dos horas, mediante la vía que el elija y tendrá un plazo adicional de una hora para comunicar la aprobación, en caso de que desista deberá cancelar los valores correspondientes.
- 8) Una vez recibida la herramienta el técnico procederá a colocar una identificación única, la misma que se deberá conservar en el laboratorio durante toda su estadía, en la misma debe constar datos técnicos y datos del propietario.
- 9) El técnico procederá a almacenar la herramienta hasta que sea su turno de ser verificada, para esto debe constatar que estén limpios y si es necesario lubricados, nunca se deberá almacenar los torquímetros con carga en el dispositivo de disparo.

En la figura 3.10 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la recepción de los torquímetros

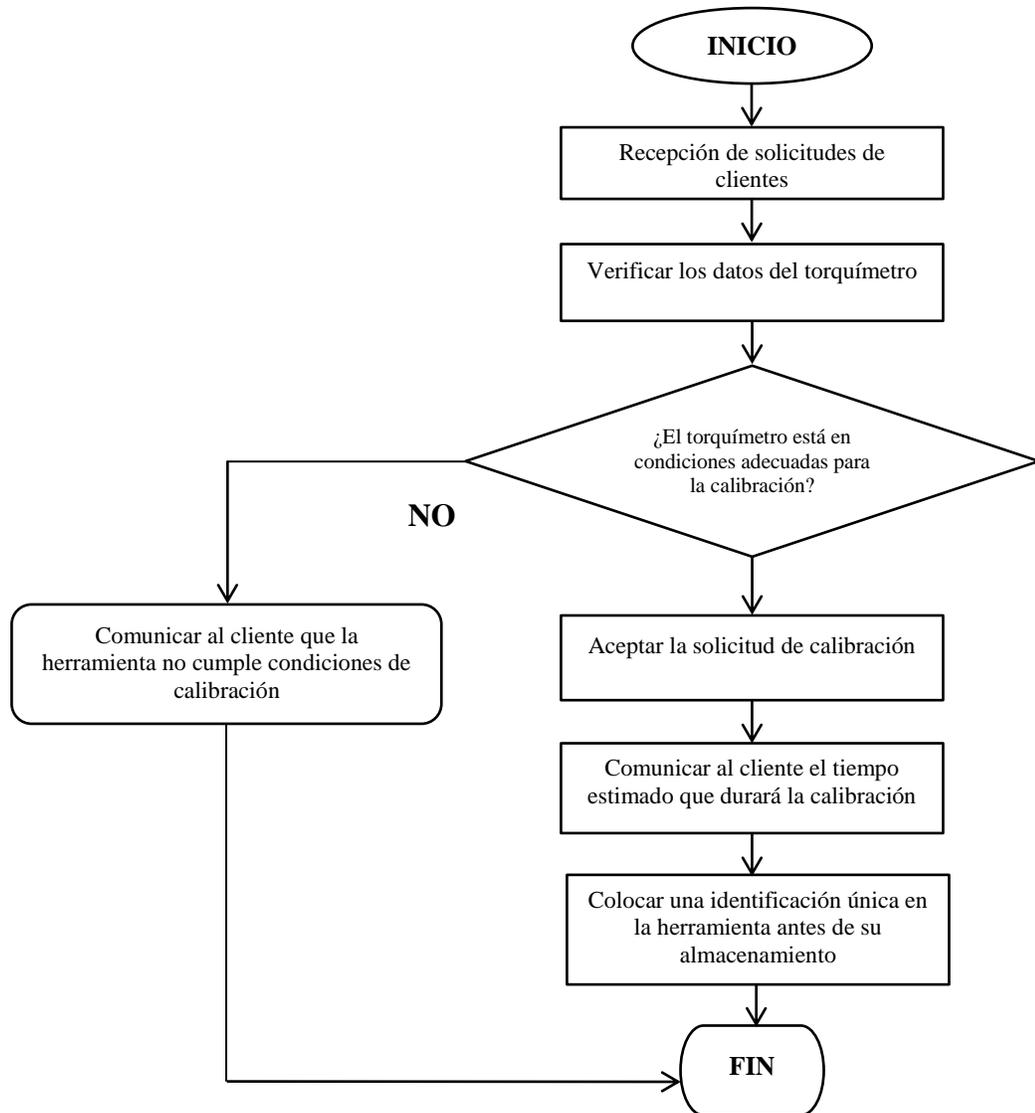


Figura 3. 10: Diagrama de flujo del procedimiento para la recepción de los torquímetros.

Tabla 3. 1: Responsabilidades en el procedimiento para la recepción y almacenamiento de los torquímetros.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Receptar la herramienta	Técnico de calibración	Solicitud de calibración	El formulario debe estar llenado correctamente	Torquímetro	Datos técnicos completos	Solicitud física	Solicitud firmada	Certificados de calibración
2	Verificar de los datos del torquímetro	Técnico de calibración	Solicitud de calibración	El formulario debe estar llenado correctamente	Torquímetro	Datos técnicos completos	Base de datos	Comparar con base de datos	Documentos de la herramienta
3	Comunicar al cliente si el torquímetro es apto para la calibración	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Torquímetro	Funcional	Revisión visual	Ninguno	Ninguno
4	Aceptar solicitud de calibración	Técnico de calibración	Solicitud de calibración	El formulario debe estar llenado correctamente	Solicitud	Firmada	Solicitud física	Firma del técnico principal	Aprobación del técnico auxiliar
5	Informar al cliente el tiempo estimado que tardará la calibración	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Base de datos	Aprobación del cliente	Estado de la herramienta
6	Colocar identificación en la herramienta antes del almacenado	Técnico de calibración	Etiqueta	Código de identificación	Código de barras	Identificación única	Generador de código de barras	Etiqueta removible	Ninguno

Fuente: Grupo de trabajo

### 3.5.1.2 Procedimiento para la verificación de los torquímetros

Una vez realizada la recepción de los torquímetros se deberá proceder a realizar una verificación de los mismos, en la misma que se constatará el correcto funcionamiento, los datos de fabricación presentes en la solicitud y el estado físico de los torquímetros.

Constatados todos estos parámetros el siguiente paso será realizar las pruebas correspondientes para determinar el nivel de error de la herramienta, con estos datos el técnico procederá a emitir un informe a la dirección en el cual se indique el estado actual del torquímetro y el proceso a seguir para la calibración del mismo; con este informe la dirección procederá a comunicarse con el cliente y explicarle de forma clara y precisa los procedimientos a desarrollar por el laboratorio, como también el costo que tendrán los mismos, una vez el cliente acepte las condiciones se continuará con el proceso de calibración, el procedimiento es el siguiente:

- 1) El técnico de calibración realiza una limpieza de la herramienta para iniciar el procedimiento de verificación.
- 2) Se deberá comprobar que la información sea la correcta revisando en la base de datos del laboratorio con la marca y el modelo de la herramienta. (Para esto se debe contar en el laboratorio con una base de datos adecuada, en la cual consten la mayor cantidad de datos de Torquímetros posibles).
- 3) El técnico de calibración procederá a realizar los ensayos correspondientes, verificando que las tolerancias sean las adecuadas de acuerdo al tipo de herramienta según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” las cuales se detallan a continuación:

**Tipo I:** En la tabla 3.2 se especifica las tolerancias admisibles para torquímetros del tipo I y en el caso de torquímetros con medida electrónica de clase C y el valor indicado clase B y clase C, los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

Tabla 3. 2: Tolerancias admisibles para torquímetros tipo I.

Clase	Valor máximo del par	
	$\leq 10 \text{ N.m}$	$\geq 10 \text{ N.m}$
A	$\pm 6\%$	
B y G	$\pm 6\%$	$\pm 4\%$

Fuente: Grupo de trabajo

**Tipo II:** En la tabla 3.3 se especifica los valores de las tolerancias admisibles para torquímetros del tipo II de las clases A, B y G; en el caso de torquímetros con medida electrónica clase A los valores incluyen el error debido a la resolución del visor

Tabla 3. 3: Tolerancias admisibles para torquímetros tipo II clases A, B Y G

Clase	Valor máximo del par	
	$\leq 10 \text{ N.m}$	$\geq 10 \text{ N.m}$
A y B	$\pm 6\%$	$\pm 4\%$
G	$\pm 6\%$	

Fuente: Grupo de trabajo

Para los torquímetros tipo II clase C la tolerancia admisible para un valor máximo del par  $\leq 10 \text{ N.m}$  es de  $\pm 6\%$  y para un valor máximo del par  $\geq 10 \text{ N.m}$  es de  $\pm 4\%$ . Teniendo en cuenta que el valor del par regulado es igual a la media aritmética de 10 lecturas de ensayo tomadas de la manera correcta.

- 4) Una vez realizada la verificación el técnico de calibración procederá a emitir un informe detallando el estado de la herramienta, el porcentaje de error y el método a utilizar para la recalibración.
- 5) En caso de que la herramienta no necesite ser recalibrada, se procederá a realizar un mantenimiento adecuado que incluya limpieza y lubricación.

En la figura 3.11 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la verificación de los torquímetros.

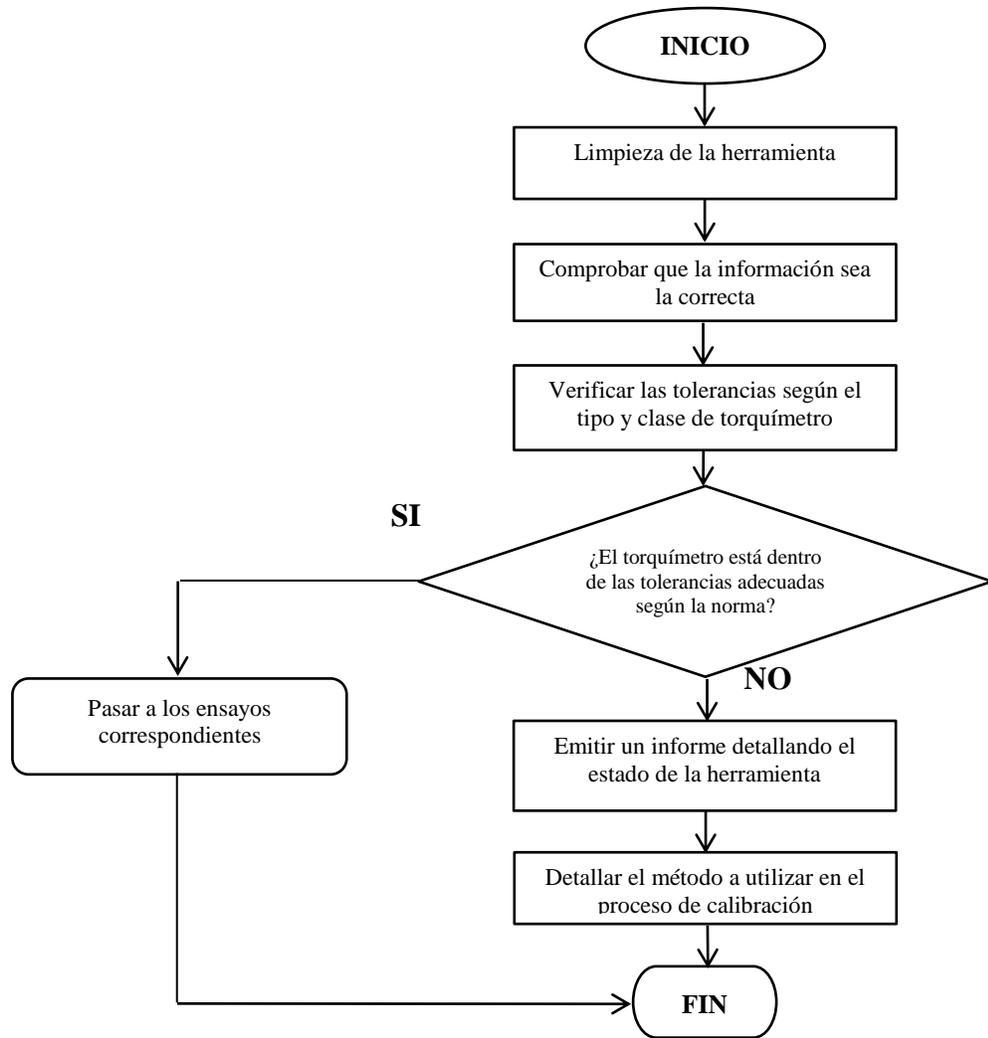


Figura 3. 11: Diagrama de flujo del procedimiento para la verificación de los torquímetros.

Tabla 3. 4: Responsabilidades en el procedimiento para la verificación de los torquímetros.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Limpieza de la herramienta	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Torquímetro	Datos técnicos	Utensilios de limpieza	Etiqueta de identificación	Ninguna
2	Comprobar información	Técnico de calibración	Solicitud de calibración	Llenado correctamente	Torquímetro	Datos técnicos	Base de datos	Ninguna	Datos técnicos
3	Verificar tolerancias	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Torquímetro	Tipo y clase	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguna	Ninguna
4	Comprobar que la herramienta este dentro de tolerancias	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Torquímetro	Tipo y clase	Dispositivo de calibración	Si se encuentro dentro de las tolerancias se pasa a los ensayos	Manual de funcionamiento del dispositivo
5	Emitir informe	Técnico de calibración	Modelo preestablecido	Detallar condiciones actuales	Informe	Especificar si esta entre las tolerancias permitidas	Modelo preestablecido	Ninguna	Mediciones obtenidas
6	Detallar el método	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Informe	Aprobación del cliente	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	No omitir detalles	Mediciones obtenidas

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.5.1.3 Procedimiento para la calibración y recalibración de torquímetros**

Una vez receptado el torquímetro y realizada la correspondiente verificación, el siguiente paso es realizar la recalibración de los mismos, para este procedimiento nos basaremos en la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”, el encargado de realizarlo será el técnico de calibración, que a su vez presentara los resultados obtenidos al jefe técnico, quien emitirá el correspondiente certificado de calibración.

Cabe recalcar que según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” calibración es el conjunto de operaciones que establecen bajo unas condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores presentados por una medición de material o un material de referencia, y los valores correspondientes de la magnitud obtenidos por los patrones; mientras que recalibración son aquellos requisitos a respetar durante la calibración de torquímetros.

Se debe tener presente que los intervalos para realizar la calibración de un torquímetro serán de 12 meses o 5000 ciclos de funcionamiento; de igual manera el torquímetro se deberá calibrar si ha sido sometido a un torque mayor al 125 % de su capacidad, después de una reparación o después de una mala utilización (pueda influir negativamente en su capacidad de medición. El procedimiento será el siguiente:

- 1) Comprobar que el laboratorio cuente con los patrones de referencia apropiados para el tipo de herramienta.
- 2) El técnico de calibración realizara la inspección visual de la herramienta, observando que no existan golpes o ralladuras que impidan el correcto funcionamiento de la misma, de igual manera deberá constatar que cuente con la información adecuada.

- 3) Se deberá realizar el ensayo de sobrecarga, en el cual después de ajustar el torquímetro al valor máximo de su par, se debe someter tres veces en cada sentido de funcionamiento a un valor de par igual al 125% de su capacidad máxima
- 4) Se deberá realizar el ensayo de durabilidad, en el cual deberán someterse a cinco mil ciclos en cada sentido de funcionamiento, a la capacidad máxima y a una velocidad de entre 5 y 10 ciclos/minuto y una vez realizado el ensayo el torquímetro debe permanecer dentro de las tolerancias adecuadas y no deberá presentar ningún daño físico que impida el correcto funcionamiento de la misma.
- 5) Ajustar a cero el dispositivo de calibración antes de iniciar la misma (el dispositivo de calibración deberá tener una incertidumbre de medición máxima admisible de  $\pm 1\%$  del valor indicado según la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”).
- 6) Comprobar que se cumplan las condiciones adecuadas para la calibración, como la variación de temperatura que deberá ser de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  y estar entre  $18^{\circ}\text{C}$  y  $28^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa máxima del 90%.
- 7) Comprobar que la posición del torquímetro y del dispositivo de calibración sea la adecuada, según indican las figuras 3.12 y 3.13.

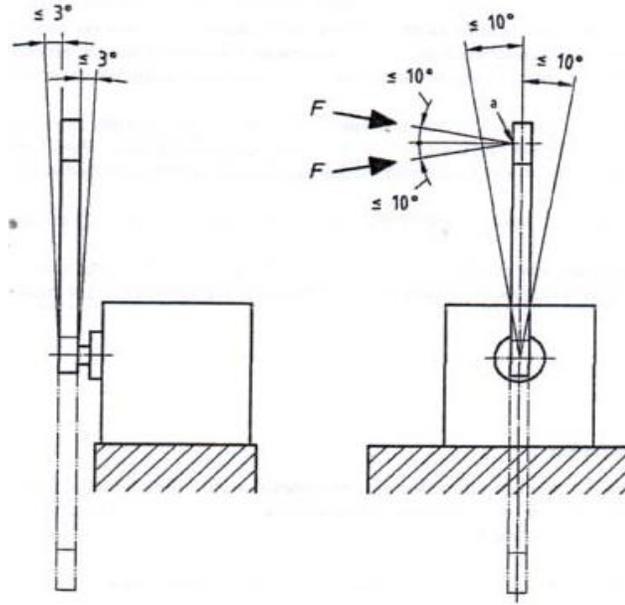


Figura 3. 12: Ensayo de un torquímetro en posición vertical.

Fuente: ISO 6789

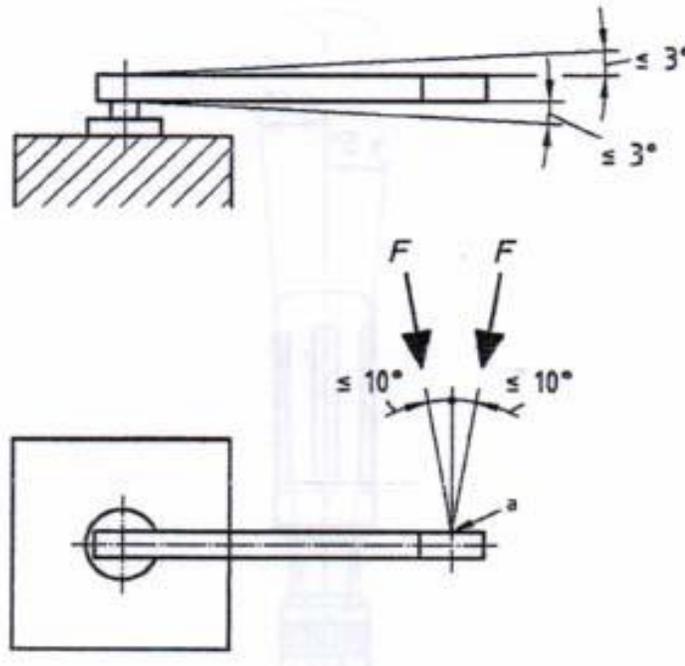


Figura 3. 13: Ensayo de un torquímetro en posición horizontal.

Fuente: ISO 6789

- 8) En el caso de torquímetros del Tipo I, realizar la lectura de las magnitudes indicadas por la herramienta de forma perpendicular al visor (eléctricas) o a la escala graduada.
- 9) De acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” antes de realizar el procedimiento adecuado para la calibración en los torquímetros del tipo I se debe realizar un ciclo de funcionamiento con el máximo valor de par de la herramienta y en el sentido del funcionamiento a ensayar, además se debe colocar en cero a la herramienta del tipo que esta sea.
- 10) De acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 6789:2004 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración” antes de realizar el procedimiento adecuado para la calibración en los torquímetros del Tipo II se deben efectuar cinco ciclos de funcionamiento sin importar el sentido de funcionamiento hasta el valor máximo según la capacidad nominal de la herramienta.
- 11) Se debe asegurar que la fuerza de ensayo aplicada al torquímetro este dentro de los límites establecidos en las figuras 3.13 y 3.14 y en el mismo centro.
- 12) En torquímetros del Tipo I se debe aplicar la fuerza de manera progresiva hasta alcanzar el valor máximo; en los torquímetros del tipo II la fuerza debe ser aplicada de igual manera hasta alcanzar el 80% del valor establecido para el disparo, de aquí en adelante se debe aplicar de manera ligera y suave durante un lapso de tiempo de 0,5 a 4 segundos.
- 13) En todo procedimiento de calibración se debe realizar cinco ciclos de ensayos a los torquímetros al 20%, al 60% y finalmente al 100% de su capacidad máxima de funcionamiento (o el valor nominal para herramientas del Tipo II clase B). Si no se cuenta con el valor marcado del 20% se deberá tomar el valor marcado próximo.

- 14) Se deberá realizar cierto número de mediciones en cada sentido de funcionamiento dependiendo del tipo de herramienta, las cuales se detallan en la tabla 5.

Tabla 3. 5: Número de mediciones a realizar por cada tipo de torquímetros

<b>Tipo</b>	<b>Clase</b>	<b>Numero de mediciones</b>
I	Todas	5 consecutivas por cada punto de medición
II	A y G	5 consecutivas por cada punto de medición
II	B	5 consecutivas al valor nominal
II	C	10 consecutivas por cada punto de medición

Fuente: Norma ISO 6789

- 15) Todas las lecturas obtenidas deben estar dentro de las tolerancias establecidas en el apartado 3.5.1.2 numeral 3.

### **Procedimiento para la recalibración de torquímetros**

Se ha procedido a adoptar un procedimiento internacional para la calibración de llaves dinamométricas, el mismo que ha sido comprobado y publicado por el CEM, Centro Español de Metrología “Procedimiento Para la Calibración de Herramientas Dinamométricas”, que a su vez se basa en la Norma UNE-EN ISO 6789 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”, este procedimiento se detalla a continuación, cabe recalcar que el mismo es puramente consultivo y no impone ninguna restricción o requisitos adicionales a los laboratorios de calibración, y se pueden aceptar otros procedimientos de calibración alternativos.

La calibración se puede realizar en modo directo o inverso, siendo el más comúnmente utilizado y el cual se utilizará en este caso el modo inverso. La operación del procedimiento inverso será buscar el valor de carga de consigna en la herramienta sometida a calibración y tomar la indicación o lectura correspondiente en el patrón.

### **Obtención de los puntos de calibración**

Para obtener cada uno de los puntos de calibración, los valores de par de torsión de referencia aplicados serán siempre de forma creciente no monótona, es decir, pasando siempre por el valor de cero antes de aplicar el siguiente valor de par de torsión de referencia.

La calibración se realizará en un rango que comprenda los valores desde el 20% a un valor del 100% de la capacidad nominal de la herramienta dinamométrica. Se elegirán al menos 3 valores de carga repartidos de forma uniforme en dicho rango, coincidiendo el primero de ellos con el 20%, el segundo aproximadamente al 60 % y el último al 100 %.

Se realizarán cinco reiteraciones consecutivas para cada una de las cargas seleccionadas, excepto en el caso de las herramientas regulables sin escala graduada, (tipo II, clases C y F) donde se realizarán 10 reiteraciones.

El intervalo de tiempo entre dos cargas tiene que ser lo más similar posible. La aproximación al valor de carga se realizará sin brusquedades. A partir del 80% del valor de consigna, la carga debe ser aplicada en un tiempo comprendido entre 2s y 4s, salvo indicación distinta del fabricante. No debe registrarse el valor hasta que se considere que la señal es estable.

En el caso de herramientas dinamométricas tipo I, si se sobrepasa el valor de consigna, debe reiniciarse la medición.

En el caso de herramientas dinamométricas tipo II se hará otra medición por cada carga, pero aplicando la carga en el menor tiempo posible (nunca inferior a 2s entre el 80% y el 100% del valor de consigna).

En el caso de llave dinamométrica, se modificará la longitud de aplicación de carga 10 cm como mínimo siempre y cuando las características de la llave así lo permitan dentro del maneral. (Preferiblemente hacia el exterior) y se hará 1 medición por cada carga.

Se girará el dispositivo 90°, se realizará una precarga, se esperará 30 segundos y se hará 1 medición por cada carga. En el caso de llave dinamométrica que se pueda girar y

realizar esta parte, se volverá a colocar para que la aplicación de la carga coincida con el centro del maneral.

### **Características particulares**

#### **Herramientas tipo II, clases B**

Al ser herramientas con ajuste fijo (el valor del par de torsión viene prefijado por el fabricante), se calibrará solamente en dicho valor, realizándose como mínimo 5 reiteraciones.

#### **Herramientas de par de torsión tipo II, clases C**

Antes de comenzar la calibración se deberá ajustar el valor del par de torsión a calibrar, seleccionándolo a través del accesorio que la herramienta en cuestión tiene incorporado y posteriormente comprobarlo con las indicaciones del patrón. Esta comprobación se realizará dos o tres veces.

#### **Toma y tratamiento de datos**

Mediante los datos obtenidos del proceso de calibración, se determinará la media, la desviación de cada valor, sus errores y sus incertidumbres. En los márgenes de temperatura y humedad relativa indicados no es necesario introducir correcciones por variaciones ambientales.

1) Las deformaciones del patrón ( $M_{ij}$ ) en cada medición, se obtiene con la fórmula:

$$M_{ij} = M_j - M_{O_j}$$

i = índice de la carga

j = índice de la medición

$O_j$  = indicación del patrón a carga cero de la medición j

En el caso de ser calibración directa,  $M$  será la indicación de la herramienta,  $j$  el índice de la indicación de la herramienta y  $O_j$  la indicación de la herramienta a carga cero de la medición  $j$ .

Teniendo en cuenta todas las posibles magnitudes de influencia, la ecuación de modelo será:

$$M_i = \bar{M}_i + \delta M_{r_j} - \delta M_{r_{j0}} + \delta M_{b_T} + \delta M_{b_L} + \delta M_b + \delta M_{b'} + \delta M_{\Delta\varphi} + \delta M_{\Delta\gamma} + \delta M_{tcm} + \delta M_{\delta tcm}$$

Donde,  $\delta M_{r_j}$ ,  $\delta M_{r_{j0}}$ ,  $\delta M_{b_T}$ ,  $\delta M_{b_L}$ ,  $\delta M_b$ ,  $\delta M_{b'}$ ,  $\delta M_{\Delta\varphi}$ ,  $\delta M_{\Delta\gamma}$ ,  $\delta M_{tcm}$ ,  $\delta M_{\delta tcm}$ , tienen contribuciones nulas para el cálculo del valor  $M_{ij}$ , pero sí contabilizan el cálculo de su incertidumbre.

$\delta M_{r_j}$  = Contribución debida a la resolución de la herramienta en la lectura de  $M_j$ .

$\delta M_{r_{j0}}$  = Contribución debida a la resolución de la herramienta en la lectura de  $M_{Oj}$ .

$\delta M_{b_T}$  = Contribución debida a la desviación con la variación del tiempo de aplicación de carga.

$\delta M_{b_L}$  = Contribución debida a la desviación con la variación de la longitud del brazo

$\delta M_b$  = Contribución debida a la reproducibilidad.

$\delta M_{b'}$  = Contribución debida a la repetibilidad.

$\delta M_{\Delta\varphi}$  = Contribución debida a la variación de aplicación de fuerza.

$\delta M_{\Delta\gamma}$  = Contribución debida a la variación de la posición de montaje.

$\delta M_{tcm}$  = Contribución debida al sistema de calibración de par de torsión.

$\delta M_{\delta tcm}$  = Contribución debida a la deriva del patrón de par de torsión.

2) Para determinar el valor medio ( $\bar{M}_i$ ) de las 5 primeras mediciones, excepto tipo II, clase C que son 10 mediciones:

$$\bar{M}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_{ij}$$

$n$  = número de mediciones a la carga  $i$  sin cambio de posición o tiempo de aplicación (5, excepto tipo II, clase C que son 10)

3) Para la determinación de la desviación ( $A_{S_{ij}}$ ) de las 5 primeras mediciones, excepto tipo II, clase C que son 10 mediciones:

$$A_{S_{ij}} (\%) = \frac{(x_i - M_{ij}) 100}{M_{ij}}$$

$x_i$  = valor indicado por el torquímetro

Cabe recalcar que tanto el patrón de referencia como la herramienta tienen que estar en sistema internacional de medida (SI).

4) Para la determinación de la repetibilidad a partir de la desviación típica de las 5 primeras mediciones, excepto tipo II clase C que son 10 mediciones, ( $b_i$ ):

$$b_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (M_{ij} - \bar{M}_i)^2}$$

5) Para determinar la desviación con la variación del tiempo de aplicación de carga ( $b_{Ti}$ ), sólo para tipo II:

$$M_{ij} = M_j - M_{0j}$$

$$b_{Ti} = \left| \bar{M}_i - M_{ij} \right|$$

$j$  = índice de la indicación del patrón con variación del tiempo de aplicación de carga

$j_0$  = indicación del patrón a carga cero de la medición  $j$

6) Para determinar la desviación con la variación de la longitud del brazo ( $b_{Li}$ ):

$$M_{i_j} = M_j - M_{O_j}$$

$$b_{Li} = \left| \bar{M}_i - M_{i_j} \right|$$

$j$  = índice de la indicación del patrón con variación de la longitud del brazo

$j_0$  = indicación del patrón a carga cero de la medición  $j$

7) Para la determinación de la reproducibilidad ( $b_i$ ):

$$M_{i_j} = M_j - M_{O_j}$$

$$b_i = \left| \bar{M}_i - M_{i_j} \right|$$

$j$  = número de medición de la indicación del patrón con cambio de posición de giro a  $90^\circ$

$j_0$  = indicación del patrón a carga cero de la medición  $j$

8) Para la variación de aplicación de fuerza ( $\Delta\varphi_i$ ):

$$\cos 0^\circ - \cos 10^\circ = 0,0152$$

$$\Delta\varphi_i = |0,0152 \cdot \bar{M}_i|$$

9) Para la variación posición de montaje ( $\Delta\gamma_i$ ):

$$\cos 0^\circ - \cos 3^\circ = 0,0014$$

$$\Delta\gamma_i = |0,0014 \cdot \bar{M}_i|$$

### Cálculo de incertidumbre

A continuación, se describe un método general para el cálculo de la incertidumbre basado en la “Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida” (Centro Español de Metrología, 2008), al igual que en el GUM “*Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*” (BIPM, 2008) y en la “Evaluación de la incertidumbre de medida en las calibraciones”. (EA, 2013).

La calibración de los torquímetros se realizará por comparación, usando un equipo de calibración con un instrumento patrón. Las principales contribuciones de incertidumbre son:

**1.- Incertidumbre debida a la repetibilidad de las mediciones ( $\delta M_{b'}$ ):** 5 y 10 mediciones dependiendo del tipo de herramienta según lo establecido, a partir de la desviación típica ( $b_i$ )

$$u(\delta M_{b'}) = \frac{b_i}{\sqrt{n}}$$

**2.- Incertidumbre debida a la resolución ( $\delta M_j$ ):** La fórmula para calcular la contribución de incertidumbre debida a la resolución de la herramienta en la lectura es:

$$u(\delta M_{r_j}) = \frac{r}{\sqrt{12}}$$

**3.- Incertidumbre debida a la resolución  $\delta M_{r_{o_j}}$  (sólo para tipo I):** La contribución de incertidumbre debida a la resolución de la herramienta en la lectura es:

$$u(\delta M_{r_{o_j}}) = \frac{r}{\sqrt{12}}$$

**4.- Incertidumbre debida a la desviación con la variación del tiempo de aplicación de carga  $\delta M_{b_T}$  (sólo para tipo II):**

$$u(\delta M_{b_T}) = \frac{b_{Ti}}{\sqrt{3}}$$

**5.- Incertidumbre debida a la desviación con la variación de la longitud del brazo  $\delta M_{b_L}$  (sólo para torquímeros):**

$$u(\delta M_{b_L}) = \frac{b_{Li}}{\sqrt{3}}$$

**6.- Incertidumbre debida a la reproducibilidad ( $\delta M_b$ ):**

$$u(\delta M_b) = \frac{b_i}{\sqrt{3}}$$

Debido a condiciones específicas de montaje de los torquímetros según la Norma UNE-EN ISO 6789 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración”, se tendrán que tener en cuenta otras contribuciones a la incertidumbre:

**7.- Incertidumbre debida a la variación de la fuerza  $\delta M_{\Delta\varphi}$  (sólo para torquímetros):**

$$u(\delta M_{\Delta\varphi}) = \frac{\delta(\Delta\varphi_i)}{\sqrt{3}}$$

**8.- Incertidumbre debida a la variación de la posición de montaje ( $\delta M_{\Delta\gamma}$ ):**

$$u(\delta M_{\Delta\gamma}) = \frac{\delta(\Delta\gamma_i)}{\sqrt{3}}$$

**9.- Incertidumbre debida al sistema de calibración de par de torsión ( $\delta M_{tcm}$ ):** Para la incertidumbre asociada a la calibración del patrón se tomará la de todo el sistema, no sólo la del certificado de calibración del patrón, y vendrá dada por:

$$u(\delta M_{tcm}) = \frac{U(\delta M_{tcm})}{k}$$

**10.- Incertidumbre debida a la deriva del patrón de par de torsión ( $\delta M_{\delta tcm}$ ):** Para la incertidumbre asociada a la deriva del patrón se determinará a partir de la diferencia de valores entre historial de calibraciones, y vendrá dada por:

$$u(\delta M_{\delta tcm}) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

$\Delta$ : Diferencia de valores entre calibraciones

En el caso de no disponer de dicho historial, vendrá dada por:

$$u(\delta M_{\delta tcm}) = \frac{U(\delta M_{tcm})}{k}$$

En el anexo 2 se muestra una tabla de Contribuciones a la incertidumbre combinada.

### **Criterios de aceptación y rechazo**

Se comprobará si se cumplen los requisitos descritos en las operaciones previas. Se comprobará si se mantienen los valores indicados en la herramienta dentro de la desviación admisible. En la figura 3.17 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la calibración y recalibración de los torquímetros.

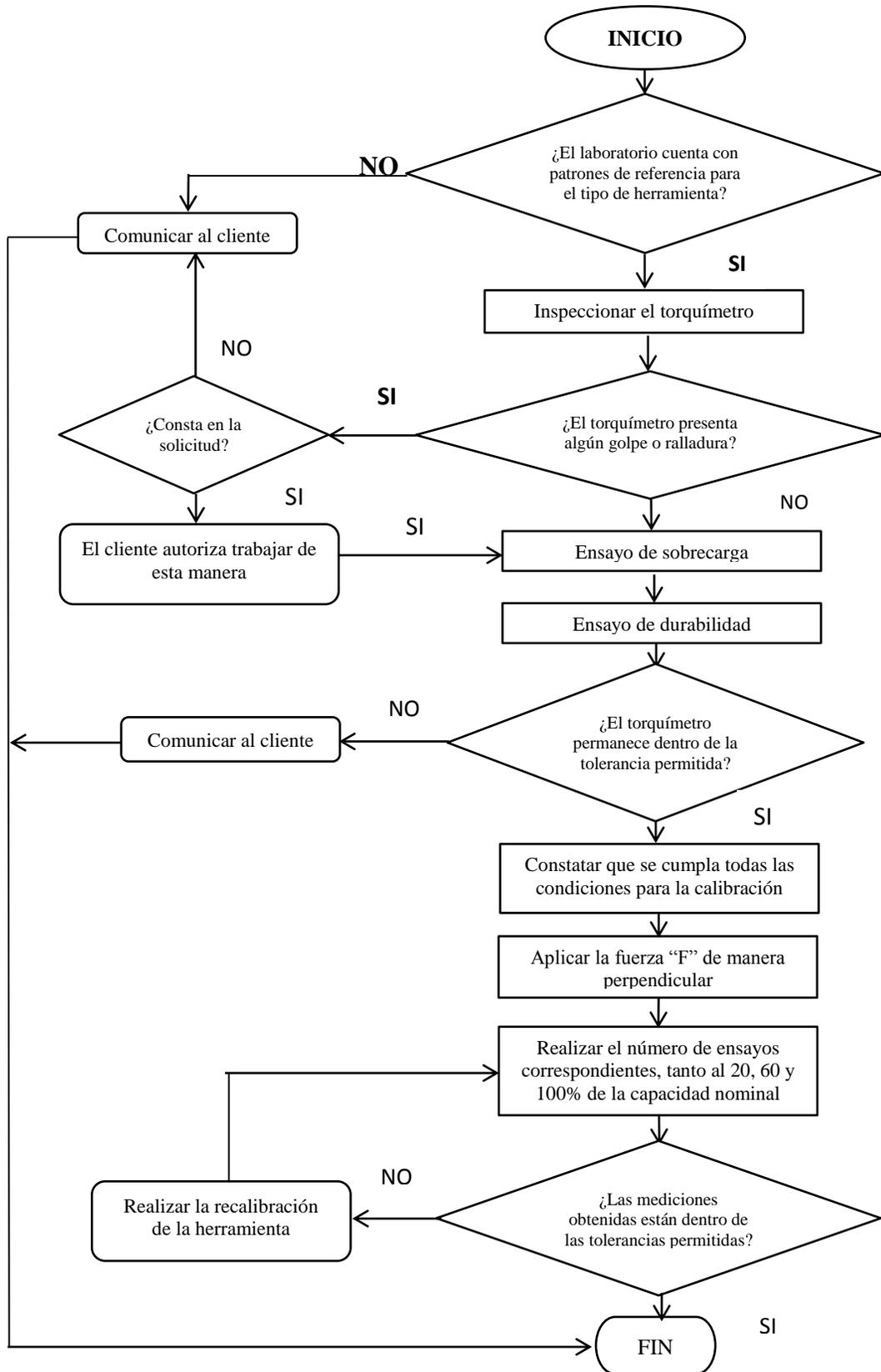


Figura 3. 14: Diagrama de flujo del procedimiento para la calibración y recalibración de torquímetros.

Tabla 3. 6: Responsabilidades en el procedimiento para la calibración y recalibración de Torquímetros.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Verificar si se cuenta con los patrones de referencia	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Patrones de referencia	Certificación	Ninguno	Comunicar al cliente en caso de no contar con patrones	Tipo y clase
2	Inspección de la herramienta	Técnico de calibración	Ninguno	Ninguno	Torquímetro	Buen estado	Ninguno	Cambios con respecto a la recepción	Solicitud de calibración
3	Ensayos de sobrecarga y durabilidad	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Torquímetro	Definir tipo y clase	Dispositivo de calibración	Mantenerse dentro de las tolerancias	Norma UNE-EN ISO 6789:2004
4	Constatar condiciones para calibración	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Instalaciones y torquímetro	Condiciones físicas y preparación previa según Norma	Dispositivo de calibración	Cumplir todas las condiciones	Norma UNE-EN ISO 6789:2004
5	Procedimiento de recalibración	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Dispositivo de calibración y torquímetro	Alineación y aplicación de carga según Norma	Dispositivo de calibración	Cumplir todas las condiciones	Norma UNE-EN ISO 6789:2004
6	Registro de resultados obtenidos	Técnico de calibración	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Norma UNE-EN ISO 6789:2004	Repetir proceso en caso de resultados insatisfactorios	Norma UNE-EN ISO 6789:2004

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.5.1.4 Procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración**

Para presentar los resultados obtenidos del proceso de calibración el laboratorio emitirá un certificado de calibración, el mismo que tendrá una relevante importancia si es emitido por un laboratorio acreditado. El certificado de calibración deberá contener información adecuada de la herramienta como también de los procesos desarrollados en la misma, entre los aspectos más importantes que deben estar presentes en el certificado tenemos los siguientes:

- Debe contar con un título “Certificado de Calibración”
- Nombre o razón social del laboratorio (Universidad del Azuay – Laboratorio de calibración de Torquímetros).
- Dirección y números de teléfono del laboratorio (de la Universidad del Azuay)
- Información del cliente (Nombre, Dirección, Número de Cedula o Ruc, Número de Teléfono y dirección de correo electrónico)
- Código de barras para identificar de manera única el documento.
- Se deberá especificar el método utilizado en la calibración.
- Descripción de la herramienta calibrada.
- Fecha de recepción, calibración y entrega de la herramienta.
- Procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio.
- Condiciones ambientales con las cuales se realizó la calibración (debido a la influencia que estas pueden tener en el resultado final)
- La incertidumbre y trazabilidad de las mediciones realizadas.
- Firma autorizada del representante legal del laboratorio o del director general con su respectivo sello.

En el anexo 4 se puede apreciar el modelo de certificado de calibración que se planteara para el laboratorio de metrología. El procedimiento para emitir un certificado de calibración será el siguiente:

- 1) El encargado de emitir el certificado de calibración será el jefe técnico.
- 2) Una vez terminado el proceso de calibración, el técnico de calibración presentará un informe al jefe técnico, en el cual constará toda la información del

torquímetro, método utilizado para la calibración, mediciones obtenidas, tolerancias permitidas, condiciones ambientales, incertidumbre y la trazabilidad de las mediciones realizadas y novedades de existir.

- 3) El jefe técnico analizará la información y llenará el certificado de calibración de manera electrónica.
- 4) Si la calibración no pudo realizarse de manera exitosa el jefe técnico emitirá un informe al cliente detallando las circunstancias por las cuales no fue posible realizar la calibración.
- 5) El jefe técnico contará con un modelo preestablecido del certificado de calibración en donde cuente el título del documento, el nombre, número de teléfono y dirección del laboratorio y el código de barras para identificar de manera única el documento, y deberá llenar el mismo con los datos correspondientes para cada cliente y torquímetro.
- 6) El jefe técnico procederá a llenar la información del cliente, obtenida de la solicitud de calibración, como también un detallado de la herramienta (nombre del fabricante, serie, modelo) y también la fecha de entrega y de recepción del torquímetro.
- 7) Con la información detallada en el informe presentado por el técnico de calibración, se procederá a llenar los datos del método utilizado, procedimientos de muestreo y condiciones ambientales.
- 8) El jefe técnico también detallará en el certificado de calibración la incertidumbre y la trazabilidad de las mediciones realizadas en el torquímetro.
- 9) Una vez revisado el documento, el técnico de calibración principal procederá a imprimir, firmar y sellar el documento.
- 10) El jefe técnico será el encargado de presentar el informe de calibración al cliente, explicándole de una manera clara y concisa los resultados obtenidos del proceso de la calibración.

En la figura 3.15 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración

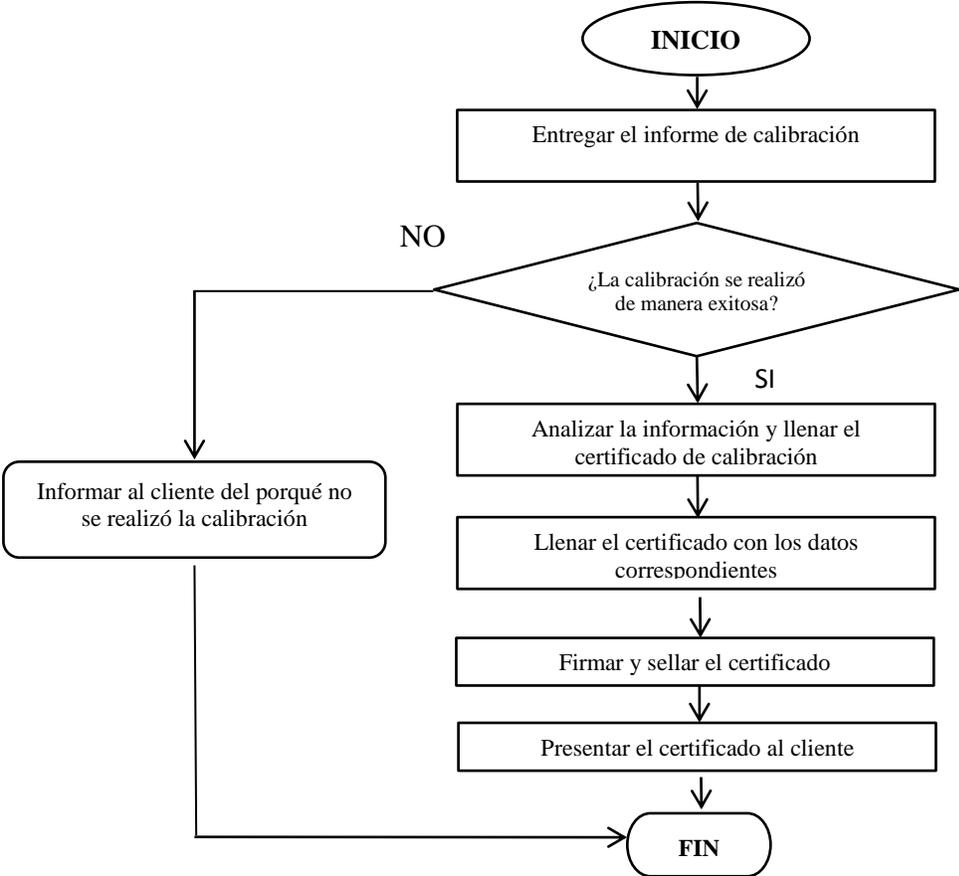


Figura 3. 15: Diagrama de flujo del procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración.

Tabla 3. 7: Responsabilidades en el procedimiento para la emisión y entrega de certificados de calibración.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Entrega de informe de calibración	Técnico de calibración	Informe de calibración	Resultados de calibración	Torquímetro	Datos técnicos completos	Modelo preestablecido	Contar con todos los datos técnicos y resultados obtenidos	Proceso de calibración
2	Analizar resultados de la calibración	Jefe técnico	Informe de calibración	Resultados de calibración	Torquímetro	Solicitud de calibración	Informe de calibración	Comunicar al cliente si no se obtienen los resultados	Proceso de calibración
3	Llenado del certificado de calibración	Jefe técnico	Certificado de calibración	Contar con todos los datos técnicos y resultados obtenidos	Certificado de calibración	Todos los datos obtenidos	Modelo preestablecido	Contar con todos los datos técnicos y resultados obtenidos	Proceso de calibración
4	Firmado y sellado de certificado	Jefe técnico	Certificado de calibración	Firma y sello del técnico de calibración principal	Certificado de calibración	Firma y sello	Sello de laboratorio y firma autorizada	Ninguno	Ninguno
5	Presentación del certificado	Jefe técnico	Certificado de calibración	Documento físico o digital	Certificado de calibración	Todos los datos obtenidos	Documento físico o digital	Exponer resultados	Proceso de calibración
6	Entrega del certificado	Jefe técnico	Certificado de calibración	Documento físico o digital	Certificado de calibración	Todos los datos obtenidos	Documento físico o digital	Entrega de resultados por la vía solicitada	Correo electrónico o dirección física

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.1.5.5 Procedimiento para la entrega de los torquímetros**

Al momento de realizar la entrega de los torquímetros, se hará ciertas recomendaciones a los clientes para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los mismos, entre las cuales tenemos:

- Utilizar el torquímetro únicamente para comprobaciones, mas no para apriete.
- Utilizar el torquímetro aplicando la fuerza a la misma distancia en el brazo a la que fue calibrada y siempre de forma perpendicular.
- No sobrepasar la carga aplicada después de escuchar la señal correspondiente según el tipo de herramienta.
- Siempre mantener la herramienta en una posición paralela a la sujeción correspondiente.
- En el caso de necesitar aplicar un par torsor elevado, hacerlo mediante varias precargas, hasta alcanzar la deseada (de dos a tres cargas con valores inferiores).
- Evitar colocar sellos u otro tipo de etiquetas en el torquímetro, salvo las etiquetas colocadas por el fabricante.
- Siempre almacenar los torquímetros limpios y si es necesario lubricados en un lugar con las condiciones ambientales apropiadas.
- Nunca almacenar los torquímetros con carga en el dispositivo de disparo.

El procedimiento que el laboratorio tendrá para la entrega de los torquímetros al cliente será el siguiente:

- 1) El encargado de entregar los torquímetros será el técnico de calibración.
- 2) El técnico de calibración revisará la documentación del cliente antes de proceder a entregar el torquímetro (ya que solo se podrá entregar a la persona que solicitó el servicio, o a segundas personas con un documento de autorización firmado).
- 3) El técnico de calibración solicitará al cliente la correspondiente factura cancelada para proceder a la entrega.
- 4) Una vez revisados todos los documentos, se procederá a retirar el torquímetro de la bodega de almacenamiento.
- 5) El técnico de calibración entrega la herramienta al cliente para que la revise.

- 6) El técnico de calibración entrega al cliente un documento físico con las correspondientes recomendaciones para el correcto funcionamiento y mantenimiento.

En la figura 3.16 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la entrega de los torquímetros.

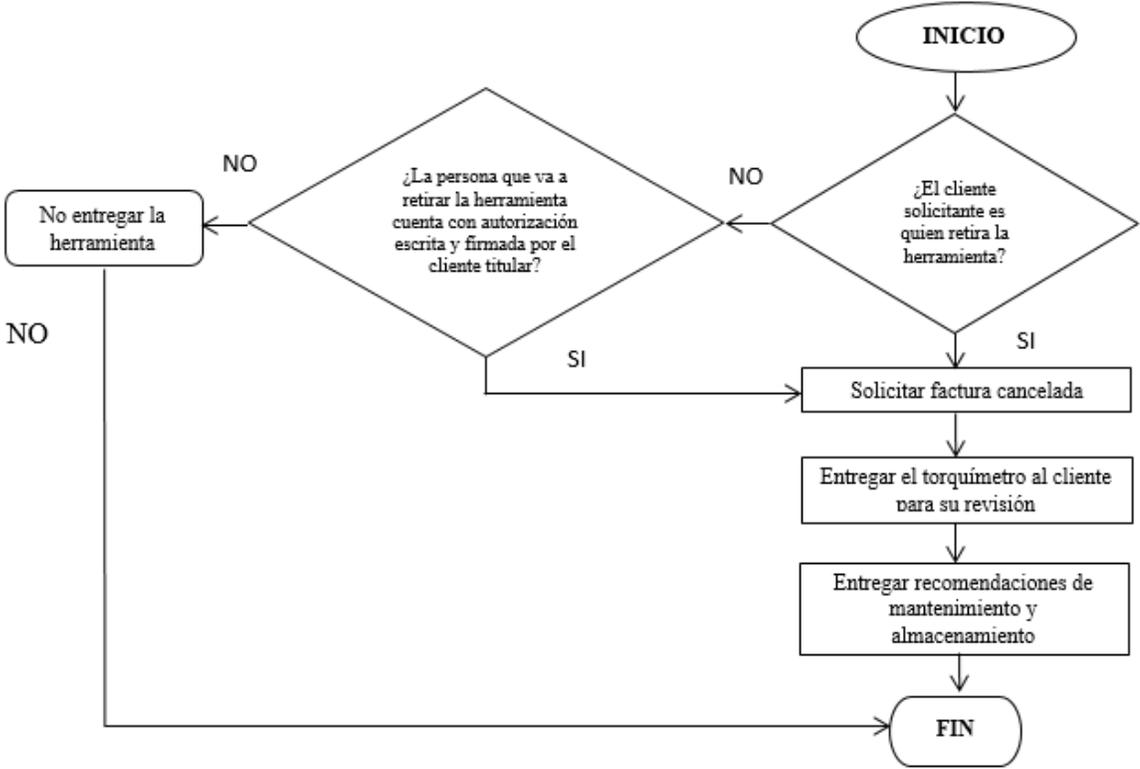


Figura 3. 16: Diagrama de flujo del procedimiento para la entrega de los torquímetros.

Tabla 3. 8: Responsabilidades en el procedimiento para la entrega de los torquímetros.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Solicitar documentación correspondiente	Técnico de calibración	Cédula de identidad del titular	Original	Ninguno	Ninguno	Solicitud de calibración	Solo se entregara al titular o con autorización firmada	Nombre del solicitante
2	Solicitar factura cancelada	Técnico de calibración	Factura original	Cancelación	Ninguno	Ninguno	Factura original	Solo se entregara si presenta la factura cancelada	Factura aprobada
3	Entregar herramienta	Técnico de calibración	Solicitud de calibración	Código de identificación	Torquímetro	Código de identificación	Torquímetro	Retirar el código de identificación	Ninguno
4	Entregar recomendaciones de mantenimiento y operación	Técnico de calibración	Recomendaciones por escrito	Especificación clara	Ninguno	Ninguno	Modelo preestablecido	Ninguno	Base de datos

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.1.5.6 Procedimiento para medir la conformidad del cliente**

Una vez entregada la herramienta al cliente, se deberá establecer su conformidad por el servicio prestado, los mismos que nos ayudara para una mejora continua, el encargado será el director general, luego de hacer la entrega del certificado de calibración, el director general deberá hacer firmar al cliente un certificado de conformidad, en el cual declara que recibe la herramienta funcional y sin ninguna particularidad (sin golpes o ralladuras) diferente a como ingreso al laboratorio, también especifica en qué grado el laboratorio ha cumplido sus requisitos, además de existir, se registrará alguna sugerencia del cliente; este documento será un respaldo que se debe archivar de la manera adecuada.

- 1) La Alta Dirección, luego de la entrega del certificado de calibración, le presenta al cliente el certificado de conformidad.
- 2) La Alta Dirección hace una breve entrevista sobre su experiencia dentro del laboratorio y toma nota de la respuesta del cliente.
- 3) La Alta Dirección indica al cliente los requerimientos que él indicó en la solicitud de calibración y en qué nivel el laboratorio los cumplió.
- 4) De existir alguna recomendación, deberá ser registrada.
- 5) En el caso de que el cliente este satisfecho con el servicio prestado, se deberá hacer firmar al cliente el certificado de conformidad.
- 6) En el caso de que el cliente no esté satisfecho con el servicio prestado, se deberá acudir al procedimiento para la recepción de quejas.
- 7) La Alta Dirección archiva el certificado de conformidad firmado por el cliente y también lo escanea para tener una constancia en modo digital.

En la figura 3.17 se especifica el diagrama de flujo del procedimiento para la medición de la conformidad del cliente.

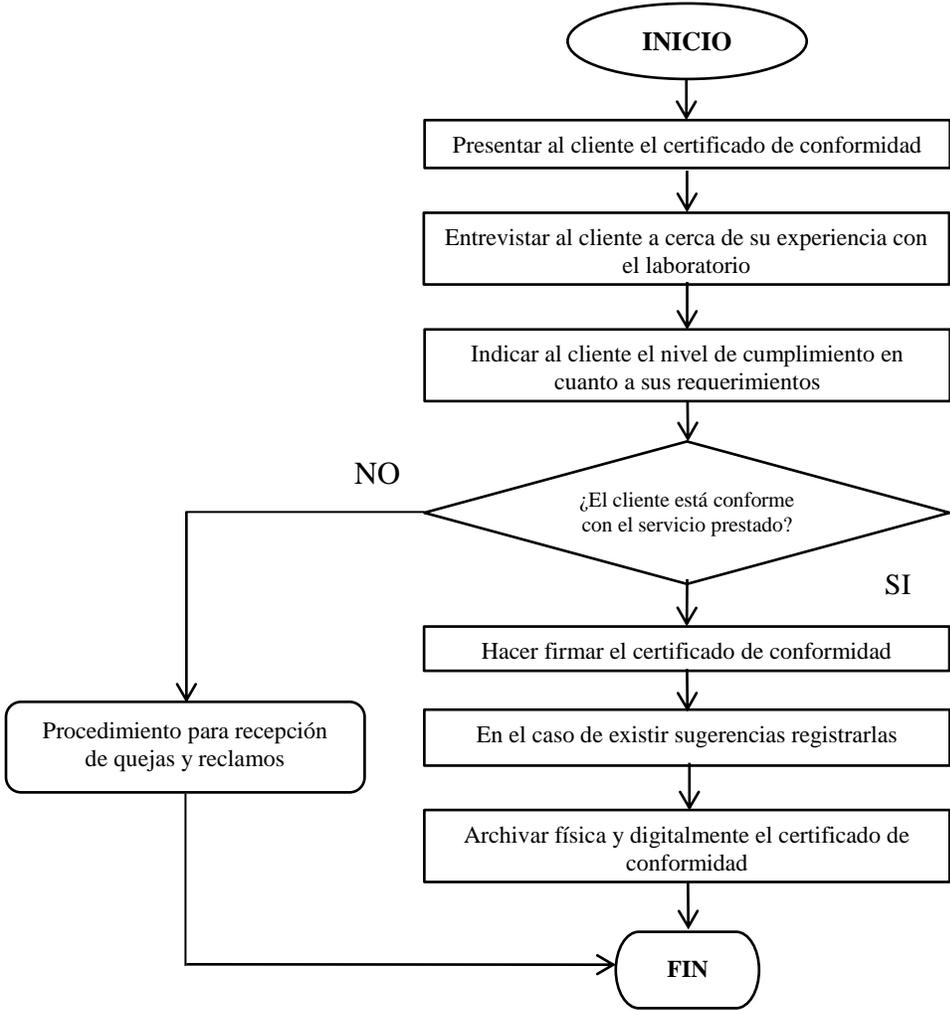


Figura 3. 17: Diagrama de flujo del procedimiento para medir la conformidad del cliente.

Tabla 3. 9: Responsabilidades en el procedimiento para la medición de la conformidad del cliente.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Presentar el certificado de conformidad al cliente	Alta Dirección	Certificado de conformidad	Especificar que el cliente acepta los resultados	Ninguno	Ninguno	Modelo preestablecido	Indicar de manera clara la naturaleza del documento	Ninguno
2	Entrevistar al cliente	Alta Dirección	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Documentar aspectos importantes de la entrevista	Ninguno
3	Indicar el nivel de cumplimiento del trabajo	Alta Dirección	Solicitud y certificado de calibración	Datos de calibración	Torquímetro	Solicitud de calibración	Certificado de calibración	Indicar que se cumplió con sus requerimientos	Solicitud de calibración
4	Hacer firmar el certificado de conformidad	Alta Dirección	Certificado de conformidad	Especificar que el cliente acepta los resultados	Ninguno	Ninguno	Certificado de conformidad	Ninguno	Ninguno
5	Registrar sugerencias	Alta Dirección	Certificado de conformidad	Sección sugerencias	Ninguno	Ninguno	Certificado de conformidad	Detallar las sugerencias	Cliente
6	Archivar el certificado de conformidad	Alta Dirección	Certificado de conformidad	Físico y digital	Ninguno	Ninguno	Certificado de conformidad	Escanear y guardar de forma digital	Ninguno

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.1.5.7 Procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas.**

El laboratorio deberá anticiparse siempre a una queja o a un trabajo no conforme, esto quiere decir que se debe identificar durante el proceso de calibración si se está cumpliendo con los requisitos del cliente y se deberá tomar acciones inmediatas en caso de detectar una no conformidad; también se deberá asignar responsabilidades y autoridades para gestionar el trabajo no conforme y corregirlo inmediatamente, siempre se debe registrar debidamente cualquier queja o trabajo no conforme. El procedimiento para el manejo de quejas o trabajos no conformes será el siguiente:

- 1) Quien receptará las quejas será la Alta Dirección, para lo cual presentará un formulario de queja al cliente.
- 2) La Alta Dirección entrega el formulario de queja al jefe técnico para su análisis.
- 3) El jefe técnico determinará si la queja está debidamente fundamentada y procederá a registrar la queja receptada.
- 4) El jefe técnico deberá asignar responsabilidades y autoridades para gestionar la queja o trabajo no conforme.
- 5) El jefe técnico procederá a revisar los documentos correspondientes para tratar de determinar la raíz del error.
- 6) El jefe técnico deberá evaluar la importancia del error.
- 7) El jefe técnico determinará las acciones correctivas a seguir para solucionar la queja o el trabajo no conforme, además de supervisar y documentar todo el proceso.
- 8) El jefe técnico deberá dar seguimiento a las acciones correctivas.
- 9) En caso de determinar una no conformidad durante el proceso de calibración se deberá tomar acciones correctivas inmediatas para prevenir trabajos no conformes.
- 10) En caso de detectar una no conformidad durante el proceso de calibración que afecte al resultado final de la calibración, se debe evaluar la situación y comunicar al cliente si es necesario que no se puede realizar el trabajo debido a las circunstancias presentadas.

- 11) Las acciones correctivas a desarrollar, en cuanto a procesos se basarán en la revisión del técnico de calibración principal y su criterio para determinar el error, de no ser así se deberá realizar todo el procedimiento de calibración desde el inicio.
- 12) El laboratorio asumirá la responsabilidad por daños en el torquímetro ocurridos dentro del mismo, el nivel de compensación será determinado por el director general con asesoría del técnico principal de calibración.
- 13) De acuerdo al Servicio Ecuatoriano de Normalización y sus servicios de calibración de herramientas, el laboratorio receptorá, viabilizará y solucionará los reclamos pertinentes durante los seis meses siguientes a partir de la fecha de emisión del certificado de calibración, luego de esta fecha el reclamo no tendrá validez y en caso de necesitar nuevamente los servicios de calibración se deberá cancelar los valores correspondientes.
- 14) La Alta Dirección verificará que la queja se haya solucionado, hará el seguimiento correspondiente y procederá a archivar y documentar la queja.

En la figura 3.18 se especifica el procedimiento a seguir por el laboratorio para la recepción de quejas o trabajos no conformes y las acciones correctivas a seguir.

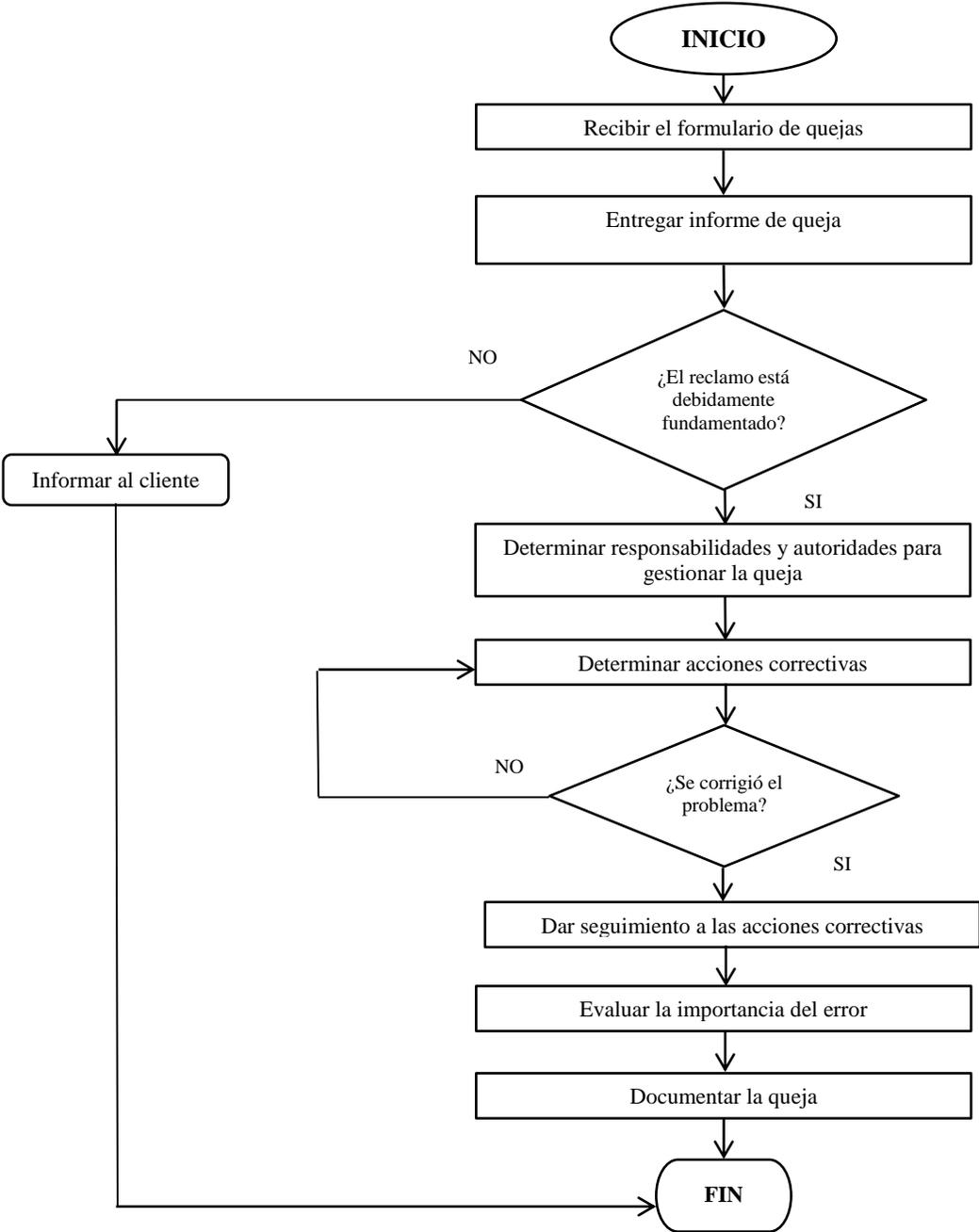


Figura 3. 18: Diagrama de flujo del procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas.

Tabla 3. 10: Responsabilidades en el procedimiento para la recepción de quejas o trabajos no conformes y acciones correctivas.

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO	REQUISITOS DEL DOCUMENTO	PRODUCTO	REQUISITOS DEL PRODUCTO	RECURSO INDISPENSABLE HERRAMIENTA	OBSERVACIONES	INFORMACION
1	Recepción del formulario de quejas	Alta Dirección	Formulario de quejas	Motivos del reclamo	Torquímetro	Estar presente	Formulario de quejas	Especificar en el formulario los motivos y fundamentos	Informe de calibración
2	Analizar fundamentos de la queja	Jefe técnico	Formulario de quejas	Fundamentos claros y concisos	Torquímetro	Estar presente	Formulario de quejas e informe de calibración	Revisar el proceso de calibración	Informe de calibración
3	Informar sobre la resolución de la queja	Jefe técnico	Formulario de quejas e informe de calibración	Especificar la aceptación o no del reclamo	Torquímetro	Estar presente	Formulario de quejas e informe de calibración	En caso de no aceptar la queja comunicar al cliente	Informe de calibración
4	Determinar responsabilidades	Jefe técnico	Informe de calibración	Todos los datos del proceso	Ninguno	Ninguno	Informe de calibración	Localizar la raíz del error	Informe de calibración
5	Determinar acciones correctivas	Jefe técnico	Ninguno	Ninguno	Torquímetro	Estar presente	Informe de calibración	Revisar las acciones correctivas	Información de base de datos
6	Verificar corrección del problema	Jefe técnico	Informe de calibración	Establecer si se corrigió el problema	Torquímetro	Estar presente	Torquímetro	Comprobar que el problema se resolvió adecuadamente	Si es necesario nuevo certificado de calibración
7	Dar seguimiento a las acciones correctivas	Jefe técnico	Respaldo de acciones correctivas	Constar las acciones correctivas realizadas	Ninguno	Ninguno	Base de datos de acciones correctivas	Se deberá verificar si las acciones correctivas fueron las correctas	Base de datos de acciones correctivas
8	Evaluar la importancia del error	Jefe técnico	Informe de la queja	Razón del problema	Ninguno	Ninguno	Informe y certificado de calibración	Se deberá analizar si el error es de fuerza mayor o falla interna	Toda la información del proceso de calibración
9	Documentar queja	Alta Dirección	Formulario de quejas	Físico y digital	Ninguno	Ninguno	Formulario de quejas	Se deberá archivar la queja de manera física y digital como respaldo	Datos correspondientes del cliente

Fuente: Grupo de trabajo

### **3.1.5.8 Respaldo de los procesos desarrollados**

Es sumamente importante mantener una base de datos o historial de todos los procesos desarrollados en el laboratorio, tanto de manera digital como de manera física (formularios, solicitudes, certificados, etc.) para tener un expediente de las herramientas en caso de futuras calibraciones, como también tener un respaldo en caso de reclamos o quejas realizadas por el cliente.

Esta base de datos deberá ser almacenada según las especificaciones establecidas en el apartado 2.3.4. Todos los documentos correspondientes al proceso de calibración deberán ser entregados a la secretaria, quien será la encargada de archivar tanto física como digitalmente estos documentos.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

#### **4. Estudio de factibilidad**

Este capítulo tiene como objetivo determinar la factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación de un laboratorio de metrología para la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

Para el análisis del mercado actual de la ciudad de Cuenca se recurrió al método de la encuesta, mediante cual se identificará los potenciales clientes que pudieran hacer uso de este servicio, el tipo de instrumento (llave dinamométrica) más utilizado, e incluso un valor aproximado para el costo del servicio.

##### **4.1. Mercado actual de la ciudad**

El proyecto se enfoca hacia las empresas o talleres que utilicen herramientas de precisión (llaves dinamométricas) y que debido a las exigencias del mercado actual deben cumplir con los reglamentos y normas vigentes en el país para la mejora de la calidad del producto o servicio y garantizar protección del consumidor.

Los potenciales clientes del laboratorio de metrología basado en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 planteado pueden ser:

- Talleres automotrices
- Rectificadoras
- Constructoras.
- Fábricas

Las encuestas fueron desarrolladas en los talleres de las principales marcas automotrices que existen en la ciudad (Chevrolet, Hyundai, Nissan, Mazda, Renault, Ford, Honda, Volkswagen, Hino, Man, International, Mercedes, etc.), específicamente se realizó las encuestas a los jefes de taller.

Además de los talleres automotrices, también se desarrolló las encuestas en las rectificadoras de la ciudad, en este caso la encuesta fue directamente con los gerentes o propietarios de las mismas.

#### 4.2. Tamaño de la muestra

De acuerdo a la información del censo nacional económico 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el Ecuador existen 29.068 establecimientos económicos dedicados a actividades de comercio automotriz, de los cuales el 70% corresponden a establecimientos que realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores. En la provincia del Azuay según el INEC 1.649 establecimientos realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores.

En el presente estudio se consideró únicamente a concesionarios certificados de las diferentes marcas automotrices presentes en la ciudad.

Por esta razón se recurrió a un sondeo para establecer cuál será el universo de la investigación, hemos considerado incluidas las rectificadoras un universo de 71 empresas (rectificadoras, concesionarias, constructoras, fábricas) dentro de la ciudad de Cuenca que utilicen en sus labores diarias herramientas de precisión,

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{D^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

N = universo planteado

Z<sub>α</sub> = Nivel de confianza

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

$D =$  error máximo admisible

Para realizar el cálculo del tamaño de la muestra de nuestra población se consideró los siguientes datos:

$N = 71$  empresas

$Z_{\alpha} = 1.65$  (para un nivel de confianza del 90%)

$p = 0.5$  (probabilidad de éxito del 50% recomendado cuando no se tienen estudios previos)

$q = 0.5$  (probabilidad de fracaso del 50% recomendado cuando no se tienen estudios previos)

$D = 0.1$  (error máximo admisible del 10%)

Con estos datos nos da como resultado para nuestro universo de 71 empresas un tamaño de la muestra igual a 35. Esto quiere decir que las encuestas se realizaran en 35 empresas de la ciudad.

### **4.3. Resultados obtenidos de la encuesta**

Para el análisis de esta investigación el universo planteado es de 71 empresas, consideradas entre las mismas los concesionarios de las principales marcas automotrices de la ciudad, rectificadoras, talleres automotrices o tecnicentros con responsabilidad por la calidad de sus servicios, industrias del sector que trabajan diariamente con este tipo de instrumentos; para obtener resultados confiables se consideró una muestra de 35 empresas lo que representa el 49.30% del universo planteado. En la figura 4.1 se muestra el grafico del universo de la investigación.

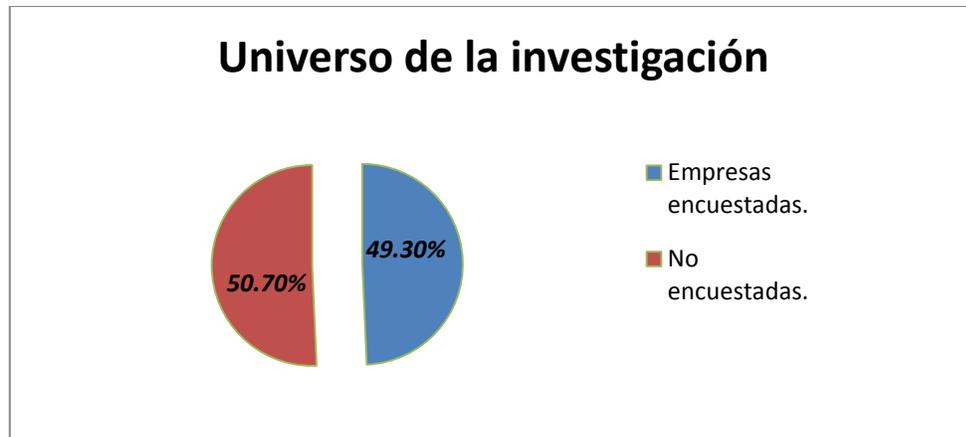


Figura 4. 1: Gráfico del universo de la investigación.

#### 4.3.1. Tipo de trabajo realizado por las empresas consultadas

Considerando 35 empresas como el 100% de encuestados, 32 de ellas (91.43%) se dedican principalmente a mantenimiento correctivo y preventivo de vehículos livianos, semi pesados, pesados, y motocicletas; las tres empresas restantes (8.57%) se dedican a la reconstrucción y armado de partes de motores de combustión interna. En la figura 4.2 se muestra las empresas consultadas.



Figura 4. 2: Gráfico de las empresas consultadas en la investigación

#### 4.3.2. Utilización y mantenimiento de las herramientas de precisión

El 100 % de las empresas consultadas (35) trabajan diariamente con instrumentos de precisión (torquímetros, calibradores, llaves dinamométricas), de las cuales 28 (80%) les dan mantenimiento de algún tipo (Limpieza, lubricación, comprobación), los 7 restantes (20%) no dan ningún tipo de mantenimiento. En la figura 4.3 se muestra los talleres que dan algún tipo de mantenimiento a sus herramientas.

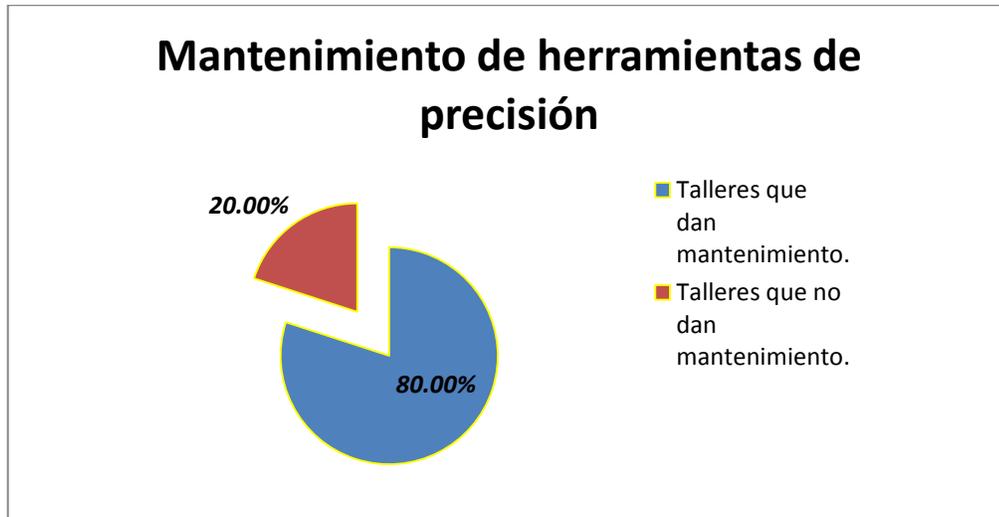


Figura 4. 3: Gráfico del mantenimiento de las herramientas en los talleres consultados.

La tendencia principal al momento de responder que tipo de mantenimiento les brindan a las herramientas de precisión fue:

- Limpieza
- Lubricación
- Comprobación

#### 4.3.3. Calibración periódica de los instrumentos de precisión

De todos los jefes de taller y propietarios consultados, todos coinciden (100%) en que los instrumentos deben ser calibrados periódicamente, pero no todos realizan la correspondiente calibración a sus instrumentos de precisión, ya que tan solo 23 empresas (65.71%) calibran las herramientas, mientras que 12 empresas (34.29%) no realizan la correspondiente calibración, justificando la carencia de mantenimiento periódico con la

garantía y calidad de la herramienta. En la figura 4.4 se muestra los talleres consultados que realizan la correspondiente calibración a sus herramientas.

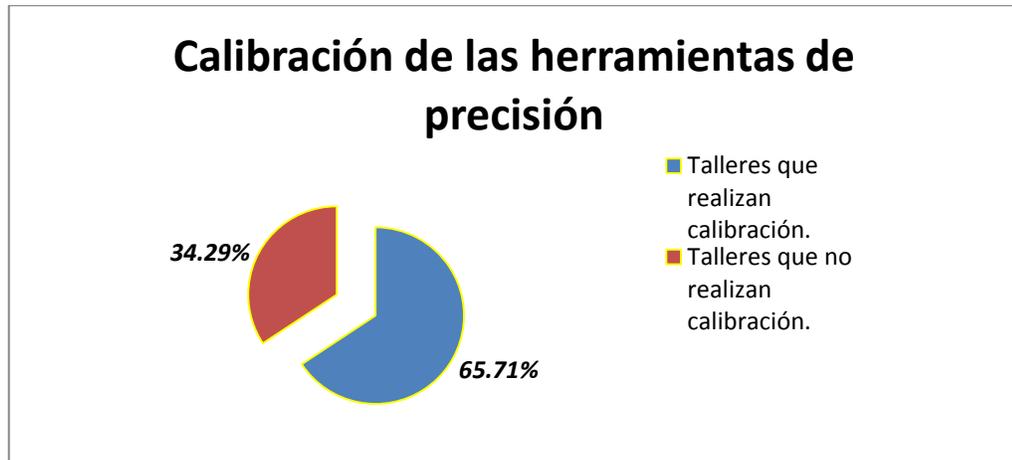


Figura 4. 4: Gráfico de la calibración periódica de las herramientas de precisión en los talleres consultados.

#### 4.3.4. Personal encargado de la calibración de los instrumentos de medición

Del 100% de empresas que dan mantenimiento a sus instrumentos (23) el 26.09% (6 empresas) utilizan al personal interno del taller para el mantenimiento, por otra parte, el 73.91% (17 empresas) utiliza los servicios de proveedores externos. En la figura 4.5 se muestra los encargados de realizar la calibración de las herramientas.

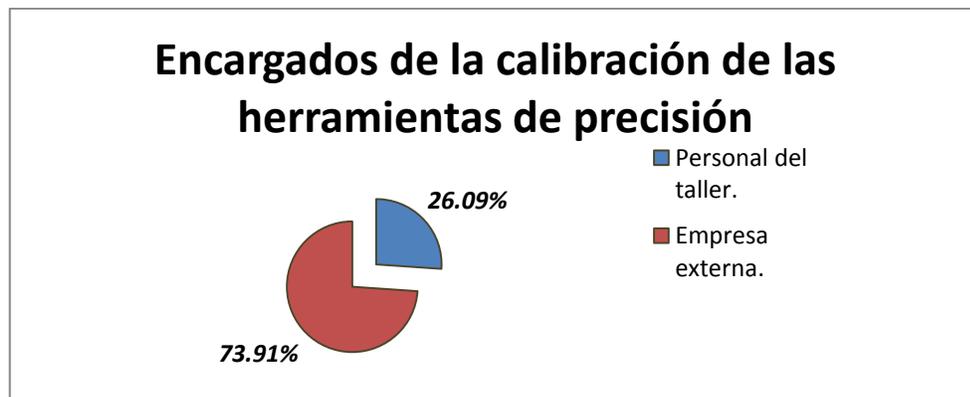


Figura 4. 5: Gráfico de los encargados de calibrar las herramientas de precisión en los talleres consultados.

Entre los principales proveedores del servicio de calibración de llaves dinamométricas (torquímetros) detallados en la encuesta tenemos: Multi Tools, Car Tools, General Motors, Aviauto, Rosi – Italia, R Ferri, Estrella Hermanos y Castillo Hermanos.

#### 4.3.5. Intención de contratación

Después de informar a los encuestados sobre las ventajas de contar con instrumentos de medición certificados por un laboratorio de calibración acreditado bajo normas Nacionales e Internacionales, se procedió a consultar si estarían dispuestos a calibrar sus instrumentos en este laboratorio de estar presente en la región, el 92.31% (33) de los consultados respondieron que si estarían dispuestos, mientras que únicamente el 7.69% (2) no estaría dispuesto a utilizar los servicios de este laboratorio. La figura 4.6 muestra la intención de contratación.

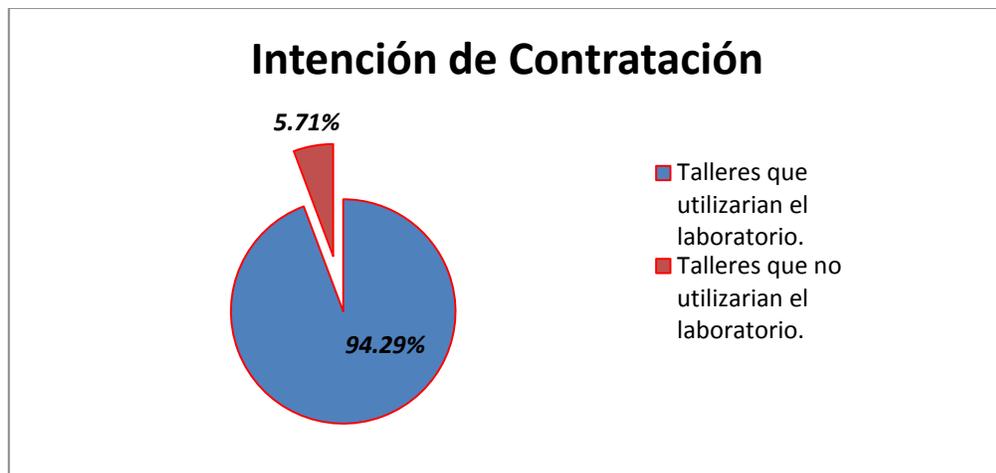


Figura 4. 6: Gráfico de la intención de contratación del servicio de calibración de herramientas de precisión.

#### 4.3.6. Períodos estimados para la calibración de los instrumentos de precisión

De todos los encuestados dispuestos a utilizar los servicios del laboratorio de metrología (33) el 45.45% (15) piensa que el tiempo prudente para realizar la calibración de los instrumentos de precisión es de 6 meses, mientras que el 48.48% (16) considera un tiempo prudente de 12 meses y por último tan solo el 6.06% (2) piensa que el tiempo entre calibración debería ser de 24 meses o más. La figura 4.7 muestra los periodos de calibración sugeridos para realizar la calibración de las herramientas.



Figura 4. 7: Gráfico de la estimación de periodos de calibración de la herramientas por parte de los talleres consultados.

**4.3.7. Costos estimados sugeridos para el servicio de calibración**

En cuanto a la cantidad adecuada que los interesados (33) estarían dispuestos a pagar por el servicio de calibración brindado por el laboratorio, se presentaron los siguientes resultados. El 36.36% (12 empresas) piensa que la cantidad correcta a pagar por el servicio fuera de \$50.00; el 48.48% (16empresas) creen que la suma correcta a pagar por el servicio fuera de \$100.00; y por último 15.15% (5 empresas) consideran pagar por el servicio una suma de \$150.00; cabe recalcar que ningún consultado estaría dispuesto a pagar una suma de \$200.00 o más. La figura 4.8 muestra los valores a pagar sugeridos por el servicio.



Figura 4. 8: Gráfico del valor estimado a pagar por parte de los talleres por el servicio de calibración.

#### 4.4. Competencia del laboratorio de metrología

Según las encuestas realizadas, existen varias empresas que brindan el servicio de calibración a este tipo de herramientas, entre las cuales podemos destacar:

- GENERAL MOTORS (2 empresas)
- CAR TOOLS (2 empresas)
- AVIAUTO S.A (1 empresa)
- ROSI – ITALIA (1 empresa)
- R. FERRI (1 empresa)
- ESTRELLA HERMANOS (1 empresa)
- MULTITOOLS (1 empresa)
- CASTILLO HERMANOS (1 empresa)

La figura 4.9 muestra la competencia actual del laboratorio de calibración.

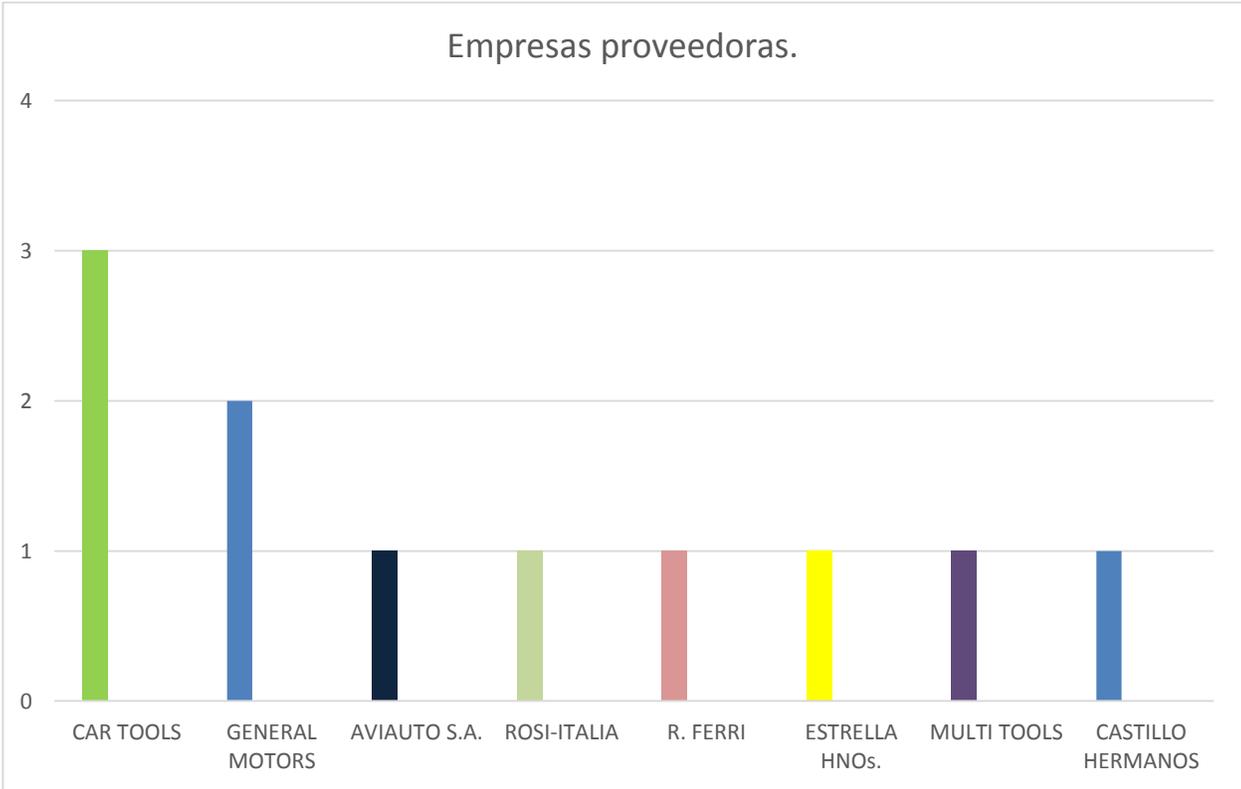


Figura 4. 9: Gráfico de las empresas más utilizadas para la calibración de las herramientas de precisión.

De todas estas empresas únicamente CAR TOOLS está presente en la ciudad de Cuenca, cabe recalcar que la mayoría de estas empresas, se dedican al comercio de este tipo de herramientas, más no exclusivamente como empresa de calibración, mucho menos cuentan con un laboratorio acreditado bajo normas Nacionales o Internacionales.

En la figura 4.10 se muestra el listado oficial del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de laboratorios de calibración acreditados país, (consultado en <http://www.acreditacion.gob.ec/> el 4/17/2017)



### Consulta de organismos evaluadores de la conformidad (OEC) acreditados

Área	Sector	OEC	Referencia Alcance	Ciudad	Certificado
Laboratorios	Calibración	Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano - CMEE	Presión y vacío, Temperatura, Temperatura por Simulación Eléctrica, Tensión, Intensidad, Resistencia, Potencia, Periodo, Intervalo de tiempo, Voltaje	Quito	<a href="#">OAE LC C 10-005</a>
Laboratorios	Calibración	ELICROM Cía. Ltda.	Masa, Temperatura y Humedad Relativa, Presión y vacío, Densidad, Longitud, Volumen, Tensión, Intensidad, Resistencia	Guayaquil	<a href="#">OAE LC C 10-009</a>
Laboratorios	Calibración	Laboratorio Certificación Metroológica, CERTMETROL C.A.	Masa	Guayaquil	<a href="#">OAE LC C 14-001</a>
Laboratorios	Calibración	Laboratorio Precisión y Control, PRECITROL S.A.	Masa	Quito	<a href="#">OAE LC C 14-002</a>
Laboratorios	Calibración	METROLAB S.A.	Presión, Masa, Volumen, Temperatura	Guayaquil	<a href="#">OAE LC C 07-009</a>
Laboratorios	Calibración	METROLOGIC S.A.	Presión y vacío, Temperatura,	Quito	<a href="#">OAE LC C 10-004</a>
Laboratorios	Calibración	SUPRAINDUS S.A.	Masa	Guayaquil	<a href="#">OAE LC C 08-009</a>
Laboratorios	Calibración	TECNOESCALA S.A	Masa, volumen	Quito	<a href="#">OAE LC C 13-001</a>
Laboratorios	Calibración	SECALMET	Masa, volumen	Quito	<a href="#">SAE LCA 15-001</a>
Laboratorios	Calibración	LABPRECISION	Masa	Quito	<a href="#">SAE LCA 15-002</a>
Laboratorios	Calibración	SEROIL INSTRUMENTS	Presión	El Coca	<a href="#">SAE LCA 16-001</a>
Laboratorios	Calibración	Laboratorio MINGA S.A.	FLUIDOS: Presión Hidráulica TEMPERATURA Y HUMEDAD: Temperatura	Quito	<a href="#">SAE LCA 16-002</a>
Laboratorios	Calibración	Laboratorio VERIPET CÍA. LTDA.	Vacío, Presión neumática, Presión hidráulica, longitud, temperatura, masa	Quito	<a href="#">SAE-LCA-16-003</a>
Laboratorios	Calibración	Laboratorio METASDELECUADOR CÍA. LTDA.	CAMPO DE CALIBRACIÓN: Tiempo CAMPO DE CALIBRACIÓN: Magnitudes eléctricas Tensión Corriente Continua Tensión Corriente Alterna Intensidad Corriente Continua Intensidad Corriente Alterna Resistencia Frecuencia Tensión en Corriente Alterna (kV AC) Tensión en Corriente Continua (kV DC)	Quito	<a href="#">SAE-LCA-17-001</a>

Figura 4. 10: Listado oficial de laboratorios de calibración acreditados en el país

Fuente: Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE)

#### **4.5. Análisis de los resultados obtenidos mediante la encuesta**

- Se consideró realizar la encuesta en concesionarios autorizados de las marcas automotrices ya que las mismas exigen garantizar la calidad de sus servicios.
- Además de los concesionarios de las marcas automotrices se realizó la encuesta en rectificadoras y un par de talleres autorizados por las marcas para brindar el mantenimiento.
- No se realizó la encuesta en talleres automotrices comunes debido a que mediante consulta previa se indicó que ninguno de ellos, calibra o estaría dispuesto a calibrar sus herramientas de precisión debido a que los consideran gastos innecesarios.
- El 100% de las empresas consultadas utilizan en sus labores instrumentos de precisión.
- El 91.43% de las empresas consultadas se dedican al mantenimiento de vehículos automotores livianos, semipesados, pesados, motocicletas y maquinaria agrícola.
- Son pocas las empresas que tienen conocimiento acerca de la certificación de sus herramientas de precisión y de la importancia que esto implica.
- El 80% de las empresas consultadas brindan algún tipo de mantenimiento a las herramientas.
- Casi todas las empresas consultadas únicamente limpian y lubrican las herramientas de precisión como mantenimiento.
- La mayoría de las empresas realizan la calibración de sus instrumentos de precisión con la empresa encargada de su venta, mas no con un laboratorio acreditado para el servicio.
- Todos los consultados consideran necesaria la calibración de los instrumentos de precisión, más únicamente el 65.71% realizan la calibración de las mismas.
- El 73.91% realiza la calibración de sus instrumentos de precisión con proveedores externos.
- Ninguna de las empresas consultadas realiza la calibración de sus herramientas de precisión en un laboratorio de calibración (Acreditado o no).
- Existe una empresa dedicada a la calibración (y venta) de las herramientas de precisión en la ciudad: CAR TOOLS.

- La respuesta favorable a la iniciativa siempre vino de los talleres considerados grandes, es decir concesionarios de las marcas automotrices.
- El 94.29% de los encuestados aseguró que, de existir, utilizaría los servicios del laboratorio de calibración.
- La mayoría de los encuestados dispuestos a utilizar los servicios del laboratorio 48.48% considera que el tiempo prudente para cada calibración es de doce meses.
- El 48.48% de los encuestados (la mayoría) piensan que el valor correcto a pagar por el servicio es de \$100

#### **4.6. Factibilidad técnica**

El laboratorio de metrología basado en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 para la calibración de llaves dinamométricas (torquímetros) sería ser parte de la Universidad del Azuay, por lo que su localización será dentro del campus de la universidad, específicamente en la Facultad de Ciencia y Tecnología, calle Hernán Malo s/n y Autopista Cuenca-Azogues; sector urbano de la ciudad de Cuenca perteneciente a la provincia del Azuay, Ecuador.

La figura 4.11 muestra la ubicación exacta en Google Maps de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay con sus respectivas coordenadas, las mismas que están en el sistema WGS84 por sus siglas en inglés “*World Geodetic System 84*” (Sistema Geodésico Mundial 1984).

-2.919905, -79.001582



Figura 4. 11: Ubicación exacta de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay con sus respectivas coordenadas.

Fuente: Google Maps

#### 4.7. Factibilidad operativa

Dentro del estudio de la factibilidad operativa se incluyen los procesos estratégicos, de ensayo y de apoyo desarrollados en el Capítulo III inciso 3.5.1 (*Procedimiento para la calibración de torquímetros*). También se incluye el personal necesario para el correcto funcionamiento del laboratorio, como también sus funciones y responsabilidades, lo cual está detallado en el Capítulo III inciso 3.3 (*Perfiles y responsabilidades de cada puesto de trabajo*).

##### 4.7.1. Equipo necesario para la calibración de llaves dinamométricas

Según lo consultado extra oficialmente a laboratorios de calibración presentes en el país, el equipo necesario para el funcionamiento de un laboratorio de calibración de llaves dinamométricas (torquímetros) no es cuantioso, existen instrumentos que son

indispensables para la calibración de los torquímetros, estos son los transductores, a estos hay que sumarles las correspondientes bancadas, el patrón de referencia y las herramientas de apoyo necesarias para la comprobación y calibración de los torquímetros.

#### 4.7.1.1 Transductores

Los transductores son los equipos electrónicos que sirven para comprobar el estado actual de las llaves dinamométricas, nos indican el valor aproximado del torque generado por las mismas y lo envía a un indicador digital, básicamente se componen de: captador de valores medidos, elemento de sujeción a la bancada, indicador de valores obtenidos, soporte para el indicador, cable de conexión entre el captador y el indicador, adaptador de corriente, adaptador para el cuadro conductor, juego de sujeción para posición de comprobación horizontal o vertical. La figura 4.12 muestra un comprobador electrónico marca STAHLWILLE Sensotork



Figura 4. 12: Comprobador electrónico STAHLWILLE Sensotork

Fuente: Catálogo de la marca STAHLWILLE

Los Transductores utilizan la tecnología de las galgas extensiométricas para determinar el par torsor aplicado, las mismas que transforman la variable física (torsión) en señales

eléctricas, esto se logra gracias al efecto piezorresistivo que tienen algunos materiales de cambiar su resistencia al someterse a algún esfuerzo, en este caso al par torsional.

Para poder determinar los cambios en la resistencia generalmente se emplea un puente de Wheatstone, el mismo que consiste en conectar a las galgas tres resistencias más formando un circuito cerrado alimentado por una fuente de poder, dos de las resistencias deben ser de valores conocidos conectadas en un brazo del puente, en el otro brazo deben estar la resistencia a medir (resistencia de la galga extensiométrica) y una resistencia variable para poder equilibrar el circuito, cuando se logre el equilibrio se conocerá la resistencia eléctrica presentada por la galga extensiométrica y el transductor convierte estas señales en variaciones de torque.

Los transductores, al ser instrumentos de medición, deben ser calibrados periódicamente, utilizando los equipos adecuados, los fabricantes generalmente recomiendan un periodo de un año entre cada calibración.

#### **4.7.1.2 Bancada**

La bancada es un dispositivo para accionamiento mecánico, sirve para sujetar y accionar las llaves dinamométricas (torquímetros) con precisión y rapidez. Este mecanismo proporciona varias ventajas al momento de realizar las comprobaciones, fija la herramienta en una posición constante, evitando errores de medición debido al desplazamiento al momento de aplicar la fuerza; garantiza una aplicación de la fuerza de manera progresiva y constante en cada comprobación parcial hasta llegar al torque final, esto se realiza en un periodo de tiempo de entre 0,5 y 4 segundos, según lo indicado en la norma UNE-EN ISO 6789:2004 La figura 4.13 muestra una bancada marca STAHLWILLE.



Figura 4. 13: Bancada STAHLWILLE

Fuente: Catálogo de la marca STAHLWILLE

#### **4.7.1.3 Patrones de referencia**

Los patrones de referencia deben estar debidamente acreditados por organismos nacionales o internacionales, los mismos únicamente deben ser utilizados para comprobaciones, en el mercado nacional los torquímetros más utilizados son los de 3/8" y de 3/4" de 113 a 339 N.m (83 a 250 ft.lb), para el laboratorio el patrón recomendado es de 10<sup>a</sup> 1000 (N.m)

#### **4.7.1.4 Herramientas de apoyo**

Dentro de las herramientas de apoyo se consideran los instrumentos necesarios para la comprobación y calibración de las llaves dinamométricas, entre los principales tenemos:

- Juego de llaves o dados
- Juego de Pinzas
- Playos
- Destornilladores
- Multímetro

#### 4.8. Factibilidad económica

Para poder determinar la factibilidad económica para la implementación del laboratorio de metrología basado en la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 se debe analizar la inversión inicial necesaria para el correcto funcionamiento, que junto con sus gastos e ingresos mensuales se podrá obtener los flujos presentes y futuros, que nos permitirán saber si el proyecto es rentable o no en un largo plazo.

##### 4.8.1. Análisis de la inversión

###### Inversión fija

En este punto se incluirán todos los gastos que tengan que ver con la remodelación del laboratorio, el mismo que será mínimo debido a que al tratarse de un proyecto en vinculación con la Universidad del Azuay, esta le proporcionara el espacio físico para que se lleve a cabo el proyecto. Además, se incluirán los gastos en equipos, tanto de oficina como técnicos y el capital de trabajo necesario para cubrir los gastos de las primeras operaciones antes que genere ingresos. A continuación, se presenta la tabla 1 en donde se muestra los gastos mencionados:

Tabla 4. 1: Inversión fija (en dólares americanos)

Concepto		Cantidad	Precio / unid	Precio Total
<b>Obra civil</b>	Remodelación	1	0,00	0,00
<b>Muebles y enseres</b>	Escritorios	2	104,00	208,00
	Sillas	4	63,00	252,00
	Archivadores	1	185,00	185,00
<b>Equipos</b>	Transductor y bancada	1	11946,00	11946,00
	Patrón de referencia	1	623,22	623,22
	Herramientas de apoyo	1	220,77	220,77
	Ordenadores	2	679,00	1358,00
	Impresora	1	295,00	295,00
<b>Total</b>				<b>15087,99</b>

Fuente: Grupo de trabajo

###### Capital de trabajo

Dado que el primer, o los primeros meses, no es muy probable que se tenga una demanda de clientes que permita cubrir los gastos de operación, así como es obligatorio

cubrir los gastos de servicios básicos adelantado, es necesario contar con un capital que nos permita trabajar o cubrir esos gastos inicialmente. Para la puesta en marcha del proyecto este capital asciende a los \$ 1.182,70 dólares. A continuación, se presenta la tabla 2 detallando el capital de trabajo:

Tabla 4. 2: Capital de trabajo para un mes de operación (en dólares americanos).

Concepto		Cobertura	Precio	Precio Total
<b>Materia Prima</b>	-	-	-	0
<b>Insumos</b>	Gastos de Agua	1	60.00	60.00
	Gastos de Energía	1	70.00	70.00
	Gastos de Comunicación	1	50.00	50.00
<b>Mano de obra</b>	Técnicos Principal	1	598.64	598.64
	Técnico Auxiliar	1	404.06	404.06
<b>Total de capital de trabajo</b>				1182.70

Fuente: Grupo de trabajo

### **Inversión Total**

La inversión total, que se necesitará para la ejecución del proyecto es (USD 16.270,69) **diez y seis mil doscientos setenta dólares con sesenta y nueve centavos**. A continuación, se presenta en la tabla 3:

Tabla 4. 3: Inversión total

Concepto	Monto
<b>Inversión Fija</b>	15087.99
<b>Capital de Trabajo</b>	1182.70
<b>Total</b>	16270.69

Fuente: Grupo de trabajo

### **Egresos e ingresos**

#### **Presupuesto de Egresos**

- **Gastos de Energía.** - El monto estimado que mensualmente pagaría el laboratorio por concepto de consumo de energía eléctrica es de setenta dólares

(\$70,00) mensuales, este monto se basa en el consumo mensual de los equipos de computación, iluminación, equipos, etc.

- **Gastos de agua y comunicación.** - los gastos estimados que mensualmente se incurrirán en estos rubros son de sesenta dólares mensuales (\$60,00) por consumo de agua potable, y de cincuenta dólares mensuales (\$50,00) por concepto planillas de teléfono y servicio de internet.
- **Gastos de mantenimiento.** - el monto estimado que se necesitaría para cubrir los gastos de mantenimiento de los equipos del laboratorio sería de cincuenta dólares (\$50,00) mensuales.
- **Depreciaciones.** - para el gasto de este rubro se toma en cuenta los porcentajes de depreciación que señala la Normativas del Reglamento de Aplicación de la Ley del Régimen Tributario Interno, en su Art. 28, numeral 6, inciso c.

**Depreciación de maquinaria, herramientas e instalaciones:** Estos activos se depreciaron en un lapso de 10 años a una tasa del 10% anual, siguiendo las Normativas del Reglamento de Aplicación de la Ley del Régimen Tributario Interno. A continuación, se presenta la tabla 4 con las depreciaciones de las instalaciones al igual que de los equipos y de las herramientas:

Tabla 4. 4: Depreciación de maquinaria, equipos, herramienta e instalaciones.

AÑOS	Equipos y herramientas	Depreciación acumulada	Remodelación e instalaciones	Depreciación acumulada
AÑO 1	1,279.00	1,279.00	0.00	0.00
AÑO 2	1,279.00	2,558.00	0.00	0.00
AÑO 3	1,279.00	3,837.00	0.00	0.00
AÑO 4	1,279.00	5,116.00	0.00	0.00
AÑO 5	1,279.00	6,395.00	0.00	0.00
AÑO 6	1,279.00	7,673.99	0.00	0.00
AÑO 7	1,279.00	8,952.99	0.00	0.00
AÑO 8	1,279.00	10,231.99	0.00	0.00
AÑO 9	1,279.00	11,510.99	0.00	0.00
AÑO 10	1,279.00	12,789.99	0.00	0.00

Fuente: Grupo de trabajo

**Depreciación de equipos de cómputo:** Estos activos se depreciaron en un lapso de tres años, a una tasa del 33.33% de acuerdo a la Normativa del Reglamento de Aplicación de la Ley del Régimen Tributario Interno. A continuación, se presenta la depreciación para este activo fijo en la tabla 5:

Tabla 4. 5: Depreciación de equipos de cómputo.

AÑOS	Equipos de cómputo	Depreciación acumulada
AÑO 1	545,49	545,49
AÑO 2	545,49	1.090,98
AÑO 3	545,49	1.636,47

Fuente: Grupo de trabajo

**Depreciación de Muebles y Equipos de Oficina:** Estos activos se depreciaron en un lapso de 5 años, a una tasa del 10% de acuerdo a la Normativa del Reglamento de Aplicación de la Ley del Régimen Tributario Interno. A continuación, se presenta la tabla 6 con las depreciaciones:

Tabla 4. 6: Depreciación de muebles y equipos de oficina.

AÑOS	Muebles y equipos de oficina	Depreciación acumulada
AÑO 1	64,50	64,50
AÑO 2	64,50	129,00
AÑO 3	64,50	193,50
AÑO 4	64,50	258,00
AÑO 5	64,50	322,50

Fuente: Grupo de trabajo

**Gastos de personal:** En este rubro se registran los gastos mensuales que se pagarán a los dos técnicos, los mismos que operarán por 4 horas diarias en el proyecto. Según la escala de sueldos de la Universidad del Azuay en el año 2016 el técnico de apoyo se consideraría como administrativo nivel 5 con un ingreso de \$808.11 mensuales, pero como laboraría cuatro horas su ingreso sería de \$404.06 mensuales; mientras que el técnico principal se consideraría como administrativo nivel 11 con un ingreso de

\$1197.28 mensuales, pero al laborar cuatro horas su ingreso sería de \$598.62. A continuación se muestra la tabla 7 detallando los gastos en remuneración para cada técnico.

Tabla 4. 7: Rol de sueldos

Descripción	Sueldos	Aporte IESS (9.45%)	Total
Técnico (principal)	598.62	56.57	542.05
Técnico (Apoyo)	404.06	38.18	365.88
<b>TOTAL</b>			<b>907.93</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Rol de provisiones:** Además de los correspondientes sueldos, los patrones en este caso el laboratorio debe asumir más gastos generados por empleado, los cuales según las normas de trabajo vigentes en el país a la fecha son:

- Aporte al IESS del empleador (11.15%)
- Décimo tercer sueldo (un sueldo neto más en el mes de diciembre)
- Décimo cuarto sueldo (Un sueldo básico neto más en la temporada de inicio del año lectivo escolar de la región).
- Fondos de reserva (un sueldo neto más al año cumplido el primer año de trabajo)

En la tabla 8 se especifica los costos extras mensuales según el rol de provisiones.

Tabla 4. 8: Rol de provisiones.

Descripción	Sueldos	IESS (11.15%)	D. Tercero	D. Cuarto	Vacaciones	F. Reserva	Total
Técnico 1	598.62	66.75	49.89	31.25	24.94	49.89	222.71
Técnico 2	404.06	45.05	33.67	31.25	16.84	33.67	160.48
<b>TOTAL</b>							<b>383.19</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Otros gastos administrativos:** En este rubro se registran gastos en papelería, los que se han estimado en \$30 mensuales.

## Gastos anuales del laboratorio

A continuación, se presenta la tabla 9 con los gastos de provisiones de 1 año de operación del laboratorio de metrología:

Tabla 4. 9: Total de gastos de un año de funcionamiento

Rubro	Valor Mensual	Valor Año
<b>COSTO DEL SERVICIO</b>		
Energía eléctrica	70.00	840.00
Agua potable	60.00	720.00
Comunicación	50.00	600.00
Mantenimiento de Equipo	50.00	600.00
Depreciación de Instalaciones	0.00	0.00
Depreciación de equipos y herramientas	106.58	1279.00
Depreciación de equipos de cómputo	45.46	545.49
Depreciación de muebles y equipos de oficina	5.38	64.50
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>		
Gasto de personal	1385.87	16630.45
Otros gastos administrativos	30.00	360.00
<b>TOTAL DE GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>1803.29</b>	<b>21639.43</b>

Fuente: Grupo de trabajo

## Ingresos

### Ingresos por ventas

De las 35 empresas consultadas en la encuesta, el 94.29% (33 empresas) mencionaron que calibrarían sus instrumentos de precisión en el laboratorio, de estas el 45.45% (15 empresas), respondieron que realizarían la calibración en un periodo de tiempo de 6 meses, mientras que el 48.48% (16 empresas) respondieron que lo harían cada 12 meses. De esta manera tendríamos un total de 47 empresas dispuestas a calibrar sus instrumentos cada 12 meses.

Además, considerando que la mayoría (48.48%) de los consultados en la encuesta respondieron que estarían dispuestos a pagar USD 100 dólares por el servicio de

calibración, hemos analizado dos escenarios para determinar los ingresos que el proyecto generará, considerando que en ambos escenarios el proyecto sea rentable.

Un escenario positivo en donde cada una de las empresas tenga al menos 5 herramientas dinamométricas (torquímetro) y uno negativo en donde cada empresa realice la calibración de unas 4 herramientas.

- **Escenario Positivo:** Se han proyectado las ventas anuales que tendrá el laboratorio de metrología para un periodo de 5 años, bajo el supuesto de que las empresas realicen la calibración de 5 herramientas dinamométricas, a continuación, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4. 10: Ingresos anuales bajo un escenario positivo.

Años	Unidades	Precio * / unid	Ventas Totales
<b>Año 0</b>	235	114.00	26790.00
<b>Año 1</b>	235	117.42	27593.70
<b>Año 2</b>	235	120.94	28421.51
<b>Año 3</b>	235	124.57	29274.16
<b>Año 4</b>	235	128.31	30152.38
<b>Año 5</b>	235	132.16	31056.95

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** El precio para todos los años incluye un IVA del 14%, además desde el año 1, se suma al precio la inflación promedio de 3% de los últimos 5 años.

- **Escenario Negativo:** Se ha proyectado las ventas anuales que tendrá el laboratorio de metrología para un periodo de 5 años, bajo el supuesto de que las empresas realicen la calibración de 4 herramientas dinamométricas, a continuación, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4. 11. Ingresos anuales bajo un escenario negativo.

<b>Años</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio* / unid</b>	<b>Ventas Totales</b>
<b>Año 0</b>	188	114.00	21432.00
<b>Año 1</b>	188	117.42	22074.96
<b>Año 2</b>	188	120.94	22737.21
<b>Año 3</b>	188	124.57	23419.33
<b>Año 4</b>	188	128.31	24121.90
<b>Año 5</b>	188	132.16	24845.56

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** El precio para todos los años incluye un IVA del 14%, además desde el año 1, se suma al precio la inflación promedio de 3% de los últimos 5 años

### **Flujo de Caja**

**Escenario Positivo.** - A continuación, se presenta en la tabla 12 el flujo de caja, bajo un escenario positivo que será necesario para determinar el VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa de retorno de interés) del proyecto:

Tabla 4. 12: Flujo de caja del laboratorio de metrología (escenario positivo)

<b>LABORATORIO DE METROLOGIA</b>						
<b>FLUJO DE CAJA DETALLE ANUAL</b>						
<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>INGRESOS</b>						
<b>1. Saldo Inicial</b>	0.00	0.00	7,039.55	14,373.09	22,009.44	29,957.68
<b>2. Ventas</b>						
CONTADO	0.00	26,790.00	27,593.70	28,421.51	29,274.16	30,152.38
<b>3. Total Ingresos por ventas del año</b>	0.00	<b>26,790.00</b>	<b>27,593.70</b>	<b>28,421.51</b>	<b>29,274.16</b>	<b>30,152.38</b>
<b>4. Flujo Total de Efectivo (1+3)</b>	<b>0.00</b>	<b>26,790.00</b>	<b>34,633.25</b>	<b>42,794.61</b>	<b>51,283.60</b>	<b>60,110.06</b>
<b>EGRESOS</b>						
<b>5. COSTO DEL SERVICIO</b>	<b>0.00</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>
Energía eléctrica	0.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
Agua potable	0.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
Comunicación	0.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Mantenimiento de Equipo	0.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Depreciación de Insatallaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación de equipos y herramientas	0.00	1279.00	1279.00	1279.00	1279.00	1279.00
Depreciación de equipos de computo	0.00	545.49	545.49	545.49	545.49	545.49
Depreciación de muebles y equipos de oficina	0.00	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50
<b>6. GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>0.00</b>	<b>16,990.45</b>	<b>17,500.16</b>	<b>18,025.16</b>	<b>18,565.92</b>	<b>19,122.90</b>
Gasto de personal	0.00	16,630.45	17,129.36	17,643.24	18,172.54	18,717.71
Otros gastos administrativos	0.00	360.00	370.80	381.92	393.38	405.18
<b>7. TOTAL EGRESOS (5+6)</b>	<b>0.00</b>	<b>21,639.43</b>	<b>22,149.15</b>	<b>22,674.15</b>	<b>23,214.91</b>	<b>23,771.89</b>
<b>Utilidad neta (4-7)</b>	<b>0.00</b>	<b>5,150.57</b>	<b>12,484.11</b>	<b>20,120.45</b>	<b>28,068.69</b>	<b>36,338.17</b>
<b>(-) Inversión Fija</b>	<b>-15087.99</b>					
<b>(-) Capital de trabajo</b>	<b>-1182.70</b>					
<b>(+)depreciaciones</b>		<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-16270.69</b>	<b>7,039.55</b>	<b>14,373.09</b>	<b>22,009.44</b>	<b>29,957.68</b>	<b>38,227.16</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** Los gastos a partir del año 1, se tomaron se estimaron con una inflación promedio de 3% de los últimos 5 años (5 años anteriores al año cero).

**Escenario Negativo.** - A continuación, se presenta en la tabla 13 el flujo de caja, bajo un escenario negativo que será necesario para determinar el VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa de retorno de interés) del proyecto:

Tabla 4. 13: Flujo de caja del laboratorio de metrología (escenario negativo).

<b>LABORATORIO DE METROLOGIA</b>						
<b>FLUJO DE CAJA DETALLE ANUAL</b>						
<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>INGRESOS</b>						
<b>1. Saldo Inicial</b>	0.00	0.00	1,681.55	3,496.35	5,448.40	7,541.81
<b>2. Ventas</b>						
CONTADO	0.00	21,432.00	22,074.96	22,737.21	23,419.33	24,121.90
<b>3. Total Ingresos por ventas del año</b>	0.00	<b>21,432.00</b>	<b>22,074.96</b>	<b>22,737.21</b>	<b>23,419.33</b>	<b>24,121.90</b>
<b>4. Flujo Total de Efectivo (1+3)</b>	<b>0.00</b>	<b>21,432.00</b>	<b>23,756.51</b>	<b>26,233.56</b>	<b>28,867.72</b>	<b>31,663.71</b>
<b>EGRESOS</b>						
<b>5. COSTO DEL SERVICIO</b>	<b>0.00</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>	<b>4648.99</b>
Energía eléctrica	0.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
Agua potable	0.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
Comunicación	0.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Mantenimiento de Equipo	0.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Depreciación de Insatallaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación de equipos y herramientas	0.00	1279.00	1279.00	1279.00	1279.00	1279.00
Depreciación de equipos de computo	0.00	545.49	545.49	545.49	545.49	545.49
Depreciación de muebles y equipos de oficina	0.00	64.50	64.50	64.50	64.50	64.50
<b>6. GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>0.00</b>	<b>16,990.45</b>	<b>17,500.16</b>	<b>18,025.16</b>	<b>18,565.92</b>	<b>19,122.90</b>
Gasto de personal	0.00	16,630.45	17,129.36	17,643.24	18,172.54	18,717.71
Otros gastos administrativos	0.00	360.00	370.80	381.92	393.38	405.18
<b>7. TOTAL EGRESOS (5+6)</b>	<b>0.00</b>	<b>21,639.43</b>	<b>22,149.15</b>	<b>22,674.15</b>	<b>23,214.91</b>	<b>23,771.89</b>
<b>Utilidad neta (4-7)</b>	<b>0.00</b>	<b>-207.43</b>	<b>1,607.37</b>	<b>3,559.41</b>	<b>5,652.82</b>	<b>7,891.83</b>
<b>(-) Inversión Fija</b>	<b>-15087.99</b>					
<b>(-) Capital de trabajo</b>	<b>-1182.70</b>					
<b>(+)depreciaciones</b>		<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>	<b>1,888.99</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-16270.69</b>	<b>1,681.55</b>	<b>3,496.35</b>	<b>5,448.40</b>	<b>7,541.81</b>	<b>9,780.81</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** Los gastos a partir del año 1, se tomaron se estimaron con una inflación promedio de 3% de los últimos 5 años (5 años anteriores al año cero).

## Evaluación Económica

### Criterio del Valor Actual Neto (VAN)

Para el cálculo del valor actual neto necesitaremos una tasa que nos servirá para descontar los flujos futuros a valor presente, la cual es el rendimiento mínimo aceptable que el proyecto espera tener, por este motivo utilizaremos la tasa pasiva al cual pagan las instituciones financieras por ahorra el dinero en ellas, ya que al no llevar a cabo el proyecto la otra alternativa es tener guardado el dinero de inversión en un banco y que genere rendimientos. La tasa pasiva del Banco Central a mayo del 2017 es de 4.82% y es la que utilizaremos para descontar los flujos.

- **Escenario Positivo.** - Bajo este escenario y bajo el supuesto de que cada empresa está dispuesta a calibrar 5 herramientas se tiene un VAN positivo de 79.440,92 dólares para una proyección de cinco años. Esto significa que sumados todos los flujos desde el año cero (año que no tiene ganancias) hasta el año cinco (año que tendrá una ganancia neta de 31.000,38 dólares), el proyecto tendrá una ganancia neta actualizada al año cero de 79.440,92 dólares. El VAN es mayor a 1 por lo que el proyecto se considera rentable. La tabla 14 muestra el cálculo del VAN

Tabla 4. 14: Valor Actual Neto (en dólares americanos).

Año	Flujo de Fondos	Factor de actualización (4,82%)*	Flujo neto de fondos actualizados
0	-16,270.69	1.00	-16,270.69
1	7,039.55	0.96	6,750.63
2	14,373.09	0.92	13,217.47
3	22,009.44	0.88	19,409.13
4	29,957.68	0.85	25,334.02
5	38,227.16	0.81	31,000.38
<b>VAN</b>			<b>79,440.92</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** Tasa pasiva del Banco Central del Ecuador (mayo 2017).

- **Escenario Negativo.** - Bajo este escenario y bajo el supuesto de que cada empresa está dispuesta a calibrar 4 herramientas también se tiene un VAN positivo de 7,671.36 dólares para una proyección de cinco años. Esto significa que sumando todos los flujos desde el año cero (año que no tiene ganancias) hasta el año cinco (año que tendrá una ganancia neta de 7,931.77 dólares), el proyecto tendrá una ganancia neta actualizada al año cero de 7,671.36 dólares. El VAN es mayor a 1 por lo que el proyecto se considera rentable. La tabla 15 muestra el cálculo del VAN

Tabla 4. 15: Valor Actual Neto (en dólares americanos)

Año	Flujo de Fondos	Factor de actualización (4,82%)*	Flujo neto de fondos actualizados
0	-16,270.69	1.00	-16,270.69
1	1,681.55	0.96	1,612.54
2	3,496.35	0.92	3,215.24
3	5,448.40	0.88	4,804.70
4	7,541.81	0.85	6,377.81
5	9,780.81	0.81	7,931.77
VAN			<b>7,671.36</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** Tasa pasiva del Banco Central del Ecuador (mayo 2017).

### **Criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno es la tasa de interés que paga el proyecto por invertir en él, de esta manera si la tasa que se obtiene es menor a la tasa que paga el banco, no es conveniente invertir ya que los flujos de los ingresos futuros descontado al valor presente serán menores que los flujos de los gastos futuros descontados a valor presente. Por otro lado, si la tasa interna de retorno es igual a la tasa del costo de capital (4.82%), sería indiferente invertir, ya que ni se ganará y ni se perderá. En cambio, si la tasa

interna de retorno es mayor a la tasa de costo de capital (4.82%), se tendrá una rentabilidad mayor a la que un banco paga si se invierte en él.

- **Escenario Positivo.** -Bajo este escenario se tiene una tasa interna de retorno mayor (82,97%) a la tasa del costo de capital (4,28%), esto se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 4. 16: Tasa Interna de Retorno (escenario positivo)

<b>TIR&gt; TCK (Porcentajes)</b>	<b>Criterio de decisión</b>
82,97% > 4,28 %	Se acepta

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** TCK = Tasa de Costo de Capital.

- **Escenario Negativo.** - Bajo este escenario se tiene también una tasa interna de retorno mayor (16.18%) a la tasa del costo de capital (4,28%), esto se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 4. 17: Tasa Interna de Retorno (escenario negativo)

<b>TIR&gt; TCK (Porcentajes)</b>	<b>Criterio de decisión</b>
16.18% > 4,28	Se acepta

Fuente: Grupo de trabajo

**Nota:** TCK = Tasa de Costo de Capital.

### **Recuperación de la Inversión Inicial**

Son los años que se tardará en recuperar la inversión inicial, y se obtienen sumado los flujos de efectivo que el proyecto tendrá cada año hasta que la suma sea igual a la inversión inicial. A continuación, se presenta la recuperación bajo los dos escenarios que se viene trabajando:

**Escenario Positivo.** - Bajo este escenario la inversión inicial se recuperará en menos de dos años. En la tabla 4.18 se detalla el periodo de recuperación bajo un escenario positivo.

Tabla 4. 18: Periodo de recuperación bajo escenario positivo.

<b>Años</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<b>Flujo de efectivo</b>	<b>Recuperación</b>
<b>0</b>	<b>16270.69</b>		0
<b>1</b>		7,039.55	7,039.55
<b>2</b>		14,373.09	<b>21,412.65</b>

Fuente: Grupo de trabajo

**Escenario Negativo.** - Bajo este escenario la inversión inicial se recuperará en menos de 4 años.

Tabla 4. 19: Periodo de Recuperación bajo escenario negativo.

<b>Años</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<b>Flujo de efectivo</b>	<b>Recuperación</b>
<b>0</b>	<b>16270.69</b>		0
<b>1</b>		1,681.55	1,681.55
<b>2</b>		3,496.35	5,177.91
<b>3</b>		5,448.40	10,626.31
<b>4</b>		7,541.81	<b>18,168.11</b>

Fuente: Grupo de trabajo

## CONCLUSIONES

Realizado el estudio de la factibilidad técnica, operativa y económica para la implementación del laboratorio de metrología, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- A través del estudio del estado del arte llevado a cabo, se han identificado los requerimientos, normas y procesos que se deben considerar para la implementación de un laboratorio especializado de metrología, las normas investigadas en el presente estudio garantizan a nivel nacional e internacional la calidad del servicio prestado por el laboratorio.
- La estructuración, sistemas de gestión y organización del laboratorio de calibración se realizó mediante la correcta interpretación e implementación de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, la cual a su vez se basa en lo referente a la gestión de la calidad en la norma ISO 9001 “Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos”. Estas normas son fundamentales para la implementación de un sistema de gestión en una organización, lo cual es indispensable para acceder a la acreditación del laboratorio o a la certificación de los ensayos que en él se realicen.
- Para determinar los ensayos que se realizarán en el laboratorio se analizó el contexto local y se identificó la necesidad de certificación de llaves dinamométricas, para este ensayo se determinaron todos los procesos que permitirán llevarlo a cabo, como normativa de referencia se utilizó la norma ISO 6789 “Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas – Herramientas dinamométricas manuales – Requisitos y métodos de ensayos para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de re calibración”. Los procesos aquí descritos garantizan la ejecución de este ensayo.
- En la evaluación económica del proyecto bajo los dos escenarios establecidos (positivo y negativo), se determinó que es viable. bajo el escenario positivo se tiene que la inversión inicial se recuperará en menos de dos años aproximadamente; por otra parte, bajo el escenario negativo la inversión se

recuperará en menos de 4 años aproximadamente. La cantidad mínima de herramientas que deberán calibrarse para que el proyecto sea rentable será de 188 anuales. (suponiendo que el laboratorio se dedique únicamente a este servicio).

- El laboratorio permitirá el fortalecimiento académico de la facultad de ciencia y tecnología de la universidad del Azuay, los servicios hacia clientes externos abarcará a todos los concesionarios de las marcas automotrices, grandes empresas de producción, rectificadoras o talleres con responsabilidad hacia la calidad, ya que según las encuestas realizadas, estos serán los principales consumidores.
- Basándonos en los resultados obtenidos del estudio de factibilidad técnica, operativa y económica, se pudo determinar que la implementación del laboratorio de calibración de herramientas especializadas sería viable para la Universidad del Azuay.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Utilizar los estudios presentados para el equipamiento de un laboratorio de metrología laboral, ya que el presente proyecto servirá para una futura implementación y certificación.
- Analizar otros procesos de calibración que se deberán implementar en el laboratorio de metrología, como por ejemplo la calibración de otras herramientas especializadas: calibrador, reloj comparador, micrómetro, etc; o también de instrumentos de precisión, tales como: Luxómetro, analizador de gases, multímetros, etc. Para cada ensayo se deberán realizar todos los procesos según la norma ISO 17025: 2006.
- A la par con el proceso de implementación, llevar a cabo el proceso de certificación de las pruebas del laboratorio, ya que no existen otros laboratorios en la ciudad y se puede aprovechar este vacío para ampliar el número de clientes potenciales.
- El laboratorio además de brindar servicios de calibración podría brindar el servicio de asesoría y capacitación, tanto en la calibración de llaves

dinamométricas (torquímetros) como también en el manejo de las normas relacionadas con el laboratorio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Arias Romero, Roberto. (2002). “Trazabilidad e Incertidumbre en las Mediciones de Flujo de Hidrocarburos”. CENAM.
- [2] BIPM. (2008). “*Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*”. Primera Edición.
- [2] Botero, Marcela y Ardilla, William. (2008). “Proceso de Confirmación Metroológica Dentro de una Organización Productiva”. Universidad Tecnológica Pereira.
- [3] Casanovas, Alain. (2013). “Gestión de Políticas de Empresa”. KPMG.
- [4] Centro Español de Metrología (CEM), Centro Nacional de Metrología (CENAM), Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de las Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2008). “Metrología – Abreviada”. Segunda edición en español.
- [5] Centro Español de Metrología. (2006). “Procedimiento Para la Calibración de Herramientas Dinamométricas”. Edición 0.
- [6] Centro Español de Metrología. (2008). “Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos generales y fundamentales, y términos asociados. Tercera edición.
- [7] Centro Español de Metrología. (2008). “Evaluación de datos de medición - Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. Primera edición.
- [7] Centro Nacional de Metrología (CENAM), Entidad Mexicana de Acreditación (ema). (2008). “Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en los Servicios de Calibración de Herramientas de Medición de Par Torsional”.
- [7] Cooperación Europea para la Acreditación (EA). (2013). “Evaluación de la incertidumbre de medida en las calibraciones”.
- [8] DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. (2011). “Herramientas de Medición y Control”. Recuperado de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/torquimetro>. Consultado el 17/02/2016.

[9] Departamento de física aplicada I. “Estimación de incertidumbres y presentación de resultados”. Escuela Politécnica Superior – Universidad de Sevilla.

[10] Franco, Irene. (2008). “Metrología y Calidad”. Vocabulario Internacional de Metrología, edición BIPM.

[11] Guaño, Luis. (2011). “Estudio y diseño del laboratorio de humedad para el centro de metrología del Ejército Ecuatoriano, bajo la norma NTE INEN ISO/IEC17025”. Universidad Politécnica Salesiana.

[12] Illescas, Edgar y Ortega, Johny. (2011). “Diseño de un laboratorio de metrología para el ensayo y calibración de medidores de energía eléctrica y transformadores de medición”. Universidad Politécnica Salesiana.

[13] Miranda, Juan José. (2005). Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental. MMEditores.

[14] NMX-CC-9000-IMNC-2000. “Sistemas de gestión de la calidad” Fundamentos y vocabulario.

[15] Norma Internacional ISO/IEC 9001:2015

[15] Norma Internacional ISO 6789:2003

[16] NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

[17] NTE INEN 1 154: 2005

[18] Parsons, Kenny. (2011). “Torque y Torquímetros”. Metal Actual. Recuperado de [http://www.metalactual.com/revista/21/herramientas\\_torquimetro.pdf](http://www.metalactual.com/revista/21/herramientas_torquimetro.pdf) . Consultado el 23/02/2016.

[19] Rodríguez, Luis. (2007). “Probabilidad y Estadística Básica Para Ingenieros”. Escuela Superior Politécnica del Litoral – Instituto de Ciencias Matemáticas.

[20] Rodríguez, Luis Alfredo M. Sc. (2009). “Laboratorio Cero 2009-2”. Pontificia Universidad Javeriana Cali.

[21] Saéz, Antonio. (2012). “Apuntes de Estadística Para Ingenieros” Universidad de Jaén – Departamento de Estadística e Investigación Operativa.

[22] Schmid, Wolfgang y Lazos, Rubén. (2008). “Guía Sobre Trazabilidad e incertidumbre”. Guía para estimar la incertidumbre de la medición. CENAM México.

[23] Suárez, Mario. (2012). “Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph”. Primera edición.

[24] Valverde, Jorge. (2014). “Desarrollo e implementación de la documentación en los procesos del laboratorio de control de calidad en la planta industrial Guapán perteneciente a la UCEM - CEM de acuerdo a la Norma ISO/IEC 17025:2005”. Universidad de Cuenca.

## ANEXOS

## ANEXO 1

		LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
		<h2 style="margin: 0;">SOLICITUD DE CALIBRACIÓN</h2> <p style="margin: 0;">Número: 00001</p>	
<b>I.- Datos del cliente</b>			
Nombre/Razón social:			
C.I./RUC:		e-mail:	
Ciudad:		Dirección:	
Teléfono:		Celular:	
Fecha:		Contacto:	
<b>II.- Datos de la herramienta</b>			
Marca:		Modelo:	
Serie:		Código interno:	
Unidad(es) de medida:		Capacidad de torque:	
Torque máximo:		Instrumento patrón:	SI ( ) NO ( )
Sentido de funcionamiento:			
Método de calibración solicitado:			
Norma de calibración solicitada:			
<b>III.- Solicitud</b>			
<p>Ingeniero Mateo Coello Director General LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY Cuenca - Ecuador.</p>			
<p>De mis consideraciones:</p> <p>Por médo de la presente solicito muy comedidamente se realice la calibración de la(s) herramienta(s) especificadas en el inciso II. De igual manera declaro que toda la información brindada es verídica y comprobable de ser necesario, además autorizo al laboratorio a realizar todas las verificaciones correspondientes en la herramienta.</p>			
<p>_____ Nombre Cargo C.I.</p>			
<p>Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencia y Tecnología) Teléfono: (593) 7 4091000 Fax: (593) 72815-997 Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuay.edu.ec Web: <a href="http://www.uszuay.edu.ec/">http://www.uszuay.edu.ec/</a></p>			



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

#### IV.- Datos para la factura

Nombre/ Razón Social:			
C.I. /RUC:		Teléfono:	
Dirección:			

#### V.- Información adicional del servicio (espacio para ser llenado por el personal del laboratorio)

Fecha de recepción:		Fecha de entrega:	
Precio estimado del servicio:		Datos completos:	SI ( ) NO( )
Observaciones:	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>		

\_\_\_\_\_  
 Encargado de la recepción  
 Cargo  
 C.I.

Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencia y Tecnología)  
 Teléfono: (593) 7 4091000 Fax: (593) 72815-997  
 Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuay.edu.ec  
 Web: <http://www.uszuay.edu.ec/>

## ANEXO 2

Magnitud $x_i$	Valor Estimado $x_j$	Distribución de probabilidad	Incertidumbre Típica $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución a la incertidumbre típica $u_i(y)$
$M_i$	$M_i$	normal (Tipo A)	$u(\delta M_{b'})$	1	$\frac{b'_i}{\sqrt{n}}$
Resolución en $M_i$ $\delta M_{r_i}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{r_i})$	1	$\frac{r}{\sqrt{12}}$
Resolución en $M_{j_0}$ $\delta M_{r_{j_0}}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{r_{j_0}})$	-1	$-\frac{r}{\sqrt{12}}$
Variación tiempo de aplicación de carga $\delta M_{bT}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{bT})$	1	$\frac{b_{T_i}}{\sqrt{3}}$
Variación longitud del brazo $\delta M_{bL}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{bL})$	1	$\frac{b_{L_i}}{\sqrt{3}}$
Reproducibilidad $\delta M_b$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_b)$	1	$\frac{b_i}{\sqrt{3}}$
Variación aplicación de fuerza $\delta M_{\Delta\varphi}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{\Delta\varphi})$	1	$\frac{\Delta\varphi_i}{\sqrt{3}}$
Variación posición de montaje $\delta M_{\Delta y}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{\Delta y})$	1	$\frac{\Delta y_i}{\sqrt{3}}$
Patrón $\delta M_{tcm}$	0	Rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{tcm})$	1	$\frac{U(\delta M_{tcm})}{k}$
Derivada del patrón $\delta M_{tcm}$	0	Normal (Tipo B) rectangular (Tipo B)	$u(\delta M_{\delta tcm})$	1	$\frac{U(\delta M_{tcm})}{k}$ $\frac{\Delta}{\sqrt{3}}$
	incertidumbre	combinada			$u(M_i) = \sqrt{\sum u_i^2(y)}$
	incertidumbre	expandida			$U(M_i) = k \cdot u(M_i)$

## ANEXO 3

 <b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b>	
<h2>INFORME DE CALIBRACIÓN</h2>	
Número: 00001	
<p>El presente informe será uso exclusivo del laboratorio de calibración y no se lo podrá utilizar ni presentar como certificado de calibración.</p>	
<b>Tipo de herramienta:</b>	Torquímetro
<b>Marca:</b>	
<b>Modelo:</b>	
<b>Serie:</b>	
<b>Unidades de medida:</b>	
<b>Rango de trabajo:</b>	
<b>Datos relevantes del fabricante:</b>	
<b>Particularidad y antecedentes del equipo:</b>	
<b>Método de calibración utilizado:</b>	
<b>Norma de calibración utilizada:</b>	
<b>Condiciones ambientales presentes durante el proceso de calibración:</b> (temperatura, humedad, iluminación y presión atmosférica)	
<b>Patrón de referencia que se utilizó para la calibración:</b> (modelo, serie, marca, identificación, clase de exactitud)	
<b>Trazabilidad del equipo patrón utilizado:</b>	
<b>Vigencia de calibración del equipo patrón utilizado en la calibración:</b>	
<b>Instrumentos auxiliares que se utilizaron en la calibración.</b>	
<b>Nombre del personal a cargo de la calibración de este equipo:</b>	
<b>Nombre del personal a cargo que realizo este informe:</b>	
<b>Fecha en la que el técnico recibió el equipo:</b>	
<b>Fecha en la que el técnico realizo este informe:</b>	
<b>Ensayo de sobrecarga:</b>	RESISTE ( ) NO RESISTE ( )
<b>Ensayo de durabilidad:</b>	RESISTE ( ) NO RESISTE ( )
<b>Se mantiene dentro de las tolerancias permitidas</b>	SI ( ) NO ( )
<p>Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencias y Tecnología)          Teléfono: (593) 7 4091000 Fax: (593) 72815-997          Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuay.edu.ec          Web: <a href="http://www.uszuay.edu.ec/">http://www.uszuay.edu.ec/</a></p>	



## ANEXO 4



Página 1 de 2



Universidad del Azuay  
Laboratorio de calibración de torquímetros  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**I.- Datos generales**

Certificado No.:		Fecha de recepción:	
Fecha de calibración:		Fecha de entrega:	
Tipo de Herramienta:	Torquímetro	Estado actual:	Nueva ( ) En uso ( )

**II.- Datos de la herramienta**

Marca:		Modelo:	
Serie:		Código interno:	
Unidad(es) de medida:		Capacidad de torque:	
Torque máximo:		Instrumento patrón:	SI ( ) NO ( )
Sentido de funcionamiento:			

**III.- Datos del solicitante**

Nombre/Razón social:			
C.I./RUC:		e-mail:	
Ciudad:		Dirección:	
Teléfono:		Celular:	



#### IV.- Datos de la calibración

Método utilizado:		Norma utilizada:	
Temperatura:		Humedad:	
Equipo utilizado:		Responsable:	

#### V.- Datos del patrón de referencia

Marca:		Modelo:	
Serie:		Código interno:	
Unidad(es) de medida:		Capacidad de torque:	
Torque máximo:		Trazabilidad:	

#### VI.- Resultados de la calibración

Torque seleccionado	Torque patrón	Torque medido por la herramienta					Desviación	Incertidumbre

#### VII.- Certificado de conformidad

El laboratorio de calibración de torquímetros de la Universidad del Azuay declara que la herramienta antes descrita ha sido calibrada y certificada dentro de las instalaciones del laboratorio bajo las condiciones especificadas, utilizando patrones de referencia, trazables a la unidad de par del SI.

El laboratorio no se responsabiliza de daños ocasionados por mal uso de la herramienta en sus labores diarias.

El usuario se compromete a mantener la herramienta calibrada y con el correcto mantenimiento para garantizar su funcionamiento.

\_\_\_\_\_  
Ing.  
DIRECTOR GENERAL

Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencia y Tecnología)  
Teléfono: (593) 7 4091000 Fax: (593) 72815-997  
Correo electrónico: labcalibraciontorque@uazuay.edu.ec  
Web: <http://www.uazuay.edu.ec/>

## ANEXO 5



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD**

Número: 00001

El abajo firmante ..... Con C.I. ....  
 en calidad de ..... propietario  
 de la herramienta descrita a continuación:

Marca:		Modelo:	
Serie:		Código interno:	
Unidad(es) de medida:		Capacidad de torque:	
Torque máximo:		Instrumento patrón:	SI ( ) NO ( )
Sentido de funcionamiento:			

Certifica que la misma ha sido calibrada en las instalaciones del laboratorio de calibración de torquímetros de la Universidad del Azuay bajo las condiciones por él establecidas, conociendo los riesgos de funcionamiento presentes explicados por el personal del laboratorio en el caso de que la herramienta no se encuentre en el estado óptimo para realizar la calibración.

De igual manera, con la firma del presente certificado, el abajo firmante renuncia a realizar cualquier tipo de reclamo o queja al laboratorio de calibración de torquímetros de la Universidad del Azuay debido a problemas en el funcionamiento o calibración de la herramienta antes descrita.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
 Nombre  
 Cargo  
 C.I.

Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencias y Tecnología)  
 Teléfono: (393) 7 4091000 Fax: (393) 72815-997  
 Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuay.edu.ec  
 Web: <http://www.uszuay.edu.ec/>

## ANEXO 6



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**FORMULARIO DE QUEJA O RECLAMO**

Número: 00001

**I.- Datos del cliente**

Nombre/Razón social:			
C.I./RUC:		e-mail:	
Ciudad:		Dirección:	
Teléfono:		Celular:	
Fecha de recepción:		Fecha de entrega:	

**II.- Datos de la herramienta**

Marca:		Modelo:	
Serie:		Código interno:	
Unidad(es) de medida:		Capacidad de torque:	
Torque máximo:		Instrumento patrón:	SI ( ) NO ( )
Sentido de funcionamiento:			

**III.- Naturaleza de la queja o reclamo**

Entrega a destiempo:		Incorrecta calibración:	
Mal funcionamiento de la herramienta:		Datos incorrectos:	
Norma de calibración errónea:		Procedimiento erróneo:	
Daños en la herramienta:		Costos excesivos:	
Otros:			

Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencia y Tecnología)  
 Teléfono: (593) 7 4091000 Fax: (593) 72813-997  
 Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuy.edu.ec  
 Web: <http://www.uszuy.edu.ec/>



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

#### IV.- Queja o reclamo formal

Ingeniero

Mateo Coello

Director General

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

Cuenca - Ecuador.

De mis consideraciones:

Por medio de la presente hago formal mi reclamo en la calibración de la herramienta descrita en el inciso II, servicio brindado por el laboratorio de calibración de torquímetros de la Universidad del Azuay, los motivos se encuentran descritos en el inciso anterior, de igual manera exijo una solución inmediata al problema presentado.

\_\_\_\_\_  
Nombre

Cargo

C.I.

#### V.- Recepción del reclamo o queja (Personal del laboratorio)

Fecha de recepción de la queja:		Responsable:	
Criterio de aceptación o rechazo:			
Origen de la queja o reclamo:			
Procedimiento a seguir:			
Queja o reclamo solucionado:	SI ( <input type="checkbox"/> ) NO ( <input type="checkbox"/> )		
Responsable de seguimiento:			

\_\_\_\_\_  
Encargado de la recepción

Cargo

C.I.

Dirección: Calle Hernán Malo y Autopista Cuenca – Azuay (Facultad de Ciencias y Tecnología)

Teléfono: (593) 7 4091000

Fax: (593) 72815-997

Correo electrónico: labcalibraciontorque@uszuay.edu.ec

Web: <http://www.uszuay.edu.ec/>

ANEXO 7

**ENCUESTA**

Cuenca, ..... de ..... del 2017

1) ¿Qué tipo de servicios brinda su taller?

.....  
.....  
.....

2) En su taller ¿se utilizan instrumentos de precisión (torquímetros, calibradores, reloj comparador)?

SI ..... NO ..... OTROS : .....

3) ¿Los instrumentos de medición reciben mantenimiento?

SI ..... NO .....

En caso de que la respuesta a la pregunta anterior fue “SI”, ¿De qué tipo?

.....  
.....  
.....

4) ¿Cree usted que sus instrumentos de medición requieren ser calibrados periódicamente?

SI ..... NO .....

5) ¿Los instrumentos de medición de su taller son calibrados periódicamente?

NO ..... SI .....

En caso de que la respuesta a la pregunta anterior fue “SI”, ¿quién realiza la calibración de sus instrumentos de medición?

Personal de taller .....

Proveedor externo ..... .....

Al contar con instrumentos de medición certificados se garantiza la calidad de los procesos desarrollados con los mismos, ya que estas herramientas han sido calibradas en un

laboratorio acreditado bajo normas nacionales e internacionales, las cuales garantizan su correcto funcionamiento y precisión.

- 6) Luego de conocer las ventajas de contar con instrumentos de medición certificados, ¿estaría usted dispuesto a calibrar y certificar sus herramientas de medición en un laboratorio acreditado?

SI.....

NO.....

En caso de que la respuesta a la pregunta anterior fue “SI”, ¿con qué frecuencia pensaría usted calibrarlas?

Seis meses .....

Un año .....

Dos años o más .....

- 7) Cuanto estaría dispuesto a pagar por la calibración y certificación de sus herramientas de medición?

\$50 .....

\$100 .....

\$150 .....

\$200 .....