



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO  
AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN  
UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**

**Luis Fernando Picholá Ruche**

Asesorado por el Ing. Helder Romelio Ajquiy Carrillo

Guatemala, agosto de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO  
AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN  
UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS FERNANDO PICHOLÁ RUCHE**

ASESORADO POR EL ING. HELDER ROMELIO AJQUIY CARRILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. Mynor Armando Dardón Díaz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de agosto de 2014.



**Luis Fernando Picholá Ruche**





**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Guatemala, 02 de febrero 2015

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguido Ingeniero:

Por medio de la presente atentamente hago de su conocimiento que el estudiante **LUIS FERNANDO PICHOLÁ RUCHE** Carné **2003-12731**, me ha presentado en su fase final el trabajo de graduación "**VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**".

Así mismo eh velado por la autenticidad y buen desarrollo del mismo, sin más que agregar me despido de usted.

Atentamente,

**Ing. Helder Romelio Ajquiy Carrillo**  
**Colegiado activo No. 9,589**

**Helder Romelio Ajquiy Carrillo**  
**Ingeniero Mecánico Industrial**  
**Colegiado 9,589**





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Picholá Ruche**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Nora Leonor Elizabeth García Tobar*  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 8121

Inga. ~~Nora Leonor Elizabeth García Tobar~~  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2015.

/mgp





El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Picholá Ruche**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2015.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO, A TRAVÉS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN, EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS METROLÓGICOS INDUSTRIALES**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Fernando Picholá Ruche**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, agosto de 2015







## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por brindarme la oportunidad de concluir una de las metas más anheladas de mi vida.
- Mis padres** Eulalio Picholá e Isabel Ruche de Picholá, su amor y ejemplo serán siempre mi inspiración.
- Mis hermanos** Jerónimo, Pedro, Octavio, Vinicio, Loren y Victoria Picholá Ruche, por brindarme la motivación y el apoyo en el transcurso de mi carrera.
- Mis sobrinos** Lisbeth y Walter Bran, Edward Osoy, Daniel, Asmi y Roxana Picholá, para que esta meta alcanzada sea de ejemplo.
- Mis amigos** Por los magníficos momentos y el apoyo brindado en el transcurso de mi carrera.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Mi asesor Ing. Helder Romelio Ajquiy Carrillo</b>	Por su tiempo y orientación.
<b>Licenciado Baldemar Chun</b>	Por brindarme la oportunidad y apoyarme en la elaboración del presente trabajo de graduación.
<b>Licenciada Silvia Salazar</b>	Por ser una importante influencia e inspiración durante mi carrera.
<b>Licenciada Rita Tejeda</b>	Por el apoyo incondicional y la motivación brindada para culminar este trabajo de graduación.
<b>Señor Jacobo Chum</b>	Por brindarme la asesoría en los aspectos técnicos.





	1.4.1.1.7.	Calibración de instrumentos de pesaje.....	15
	1.4.1.1.8.	Venta.....	17
1.4.2.		Asesoría y capacitación.....	17
	1.4.2.1.	Manejo adecuado de instrumentos de pesaje, analíticos, de precisión e industriales. ....	18
1.5.		Conceptos generales .....	18
	1.5.1.	Clasificación de los instrumentos de pesaje no automático.....	18
	1.5.2.	Validación.....	21
	1.5.3.	Confirmación metrológica según ISO 10012:2003 .....	22
	1.5.3.1.	Calibración .....	23
	1.5.3.2.	Verificación.....	23
	1.5.4.	Requisitos metrológicos .....	23
	1.5.4.1.	Errores máximos permitidos.....	24
	1.5.4.2.	Incertidumbre de medida.....	25
	1.5.4.3.	Resolución.....	28
	1.5.4.4.	Condiciones ambientales .....	28
	1.5.4.5.	Habilidades del operador.....	29
	1.5.5.	Calibración de equipos de medida industriales según ISO 9001:2008 e ISO 10012:2003.....	29
	1.5.5.1.	Variaciones en ensayos de calibración y verificación.....	33
	1.5.5.1.1.	Magnitudes de influencia y de tiempo.....	33

1.5.5.2.	Equipos auxiliares para la calibración de instrumentos .....	35
1.5.5.2.1.	Medidor de temperatura .....	35
1.5.5.2.2.	Medidor de humedad....	36
1.5.5.2.3.	Masas patrón.....	36
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	39
2.1.	Diagnóstico técnico y administrativo.....	39
2.1.1.	Organización y gestión .....	42
2.1.1.1.	Nivel gerencial .....	43
2.1.1.2.	Nivel ejecutivo.....	44
2.1.1.3.	Nivel operativo .....	45
2.1.2.	Procesos para el servicio de validación y confirmación de instrumentos de pesaje .....	46
2.1.2.1.	Diagrama de operaciones.....	47
2.1.2.1.1.	Atención al cliente .....	47
2.1.2.1.2.	Mantenimiento .....	51
2.1.2.1.3.	Calibración.....	54
2.1.2.1.4.	Verificación .....	58
2.1.2.1.5.	Certificación.....	59
2.1.2.1.6.	Validación.....	61
2.1.2.2.	Diagrama de interrelación de procesos .....	62
2.1.2.3.	Aseguramiento de la calidad.....	63
2.1.3.	Enfoques básicos .....	63
2.1.4.	Propósito de la operación .....	64
2.1.5.	Secuencia de operaciones.....	65
2.1.6.	Equipos primarios y secundarios .....	66

2.1.6.1.	Equipos primarios.....	67
2.1.6.1.1.	Masas patrón .....	68
2.1.6.1.2.	Higrómetro .....	70
2.1.6.1.3.	Termómetro.....	70
2.1.6.2.	Equipo secundario.....	71
2.1.6.2.1.	Masa patrón de verificación .....	72
2.1.6.2.2.	Comparador para verificación de masas....	72
2.1.6.2.3.	Equipo de cómputo .....	72
2.1.7.	Servicio de mantenimiento y calibración de instrumentos de pesaje no automático .....	74
2.1.7.1.	Estudio de tiempos y movimientos .....	75
2.1.7.1.1.	Preparación.....	76
2.1.7.1.2.	Selección de la operación .....	76
2.1.7.1.3.	Análisis de comprobación del método de trabajo .....	77
2.1.7.1.4.	Se establece una actitud ante el trabajador .....	77
2.1.7.1.5.	Ejecución.....	79
2.1.7.1.6.	Registro de la información.....	81
2.1.7.1.7.	Selección de elementos de las tareas .....	82
2.1.7.1.8.	Cronometrización .....	83



2.1.8.	Evaluación .....	85
2.1.8.1.	Competencias del recurso humano .....	85
2.1.8.2.	Planificación del personal .....	87
2.1.8.3.	Tecnología y equipo.....	88
2.1.8.4.	Aspectos de normalización .....	88
3.	PROPUESTA PARA LA VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE.....	91
3.1.	Organigrama propuesto.....	93
3.2.	Diagrama de operaciones propuesto.....	102
3.2.1.	Atención al cliente.....	103
3.2.2.	Mantenimiento .....	104
3.2.3.	Validación .....	106
3.2.4.	Confirmación metrológica .....	109
3.2.5.	Certificación .....	113
3.3.	Diagrama propuesto de interrelación de procesos .....	113
3.4.	Control de documentos.....	114
3.5.	Solicitudes, oferta y contratos.....	116
3.6.	Propuesta de mejora y diseño al proceso de mantenimiento, validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje no automático .....	119
3.6.1.	División de tareas .....	121
3.6.1.1.	Validación .....	121
3.6.1.1.1.	Determinación de los requisitos del cliente ...	122
3.6.1.1.2.	Instalación .....	122
3.6.1.1.3.	Operación.....	123
3.6.1.2.	Mantenimiento .....	124
3.6.1.2.1.	Preventivo.....	125

	3.6.1.2.2.	Correctivo.....	126
	3.6.1.3.	Confirmación metrológica de instrumentos.....	129
		3.6.1.3.1.	Calibración ..... 131
		3.6.1.3.2.	Verificación..... 132
		3.6.1.3.3.	Decisiones y acciones. 137
3.6.2.		Ejecución de las tareas .....	138
	3.6.2.1.	Tratamientos previos.....	138
	3.6.2.2.	Análisis de los tratamientos.....	138
	3.6.2.3.	Pruebas .....	138
	3.6.2.4.	Certificación de instrumentos .....	139
		3.6.2.4.1.	Cálculo de incertidumbre de medida ..... 141
		3.6.2.4.2.	Análisis matemático y físico..... 143
		3.6.2.4.3.	Uso de la herramienta software MS-Excel ..... 147
3.6.3.		Procesos de medición y metrología industrial .....	148
	3.6.3.1.	Características metrológicas de los equipos de medición.....	148
	3.6.3.2.	Métodos y procedimientos de calibración y verificación.....	149
	3.6.3.3.	Determinación de parámetros de validación .....	150
3.7.		Aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración .....	151
	3.7.1.	Estudios R&R.....	151
	3.7.2.	Auditorías internas .....	159

3.7.3.	Instalaciones y condiciones ambientales.....	160
3.7.4.	Intervalos de calibración de instrumentos.....	160
3.7.4.1.	Cartas de trazabilidad.....	165
3.7.5.	Plantilla de registro .....	165
3.7.5.1.	Mantenimiento .....	166
3.7.5.2.	Validación .....	166
3.7.5.3.	Calibración.....	168
3.7.5.4.	Verificación .....	170
3.7.6.	Plan de mantenimiento preventivo.....	170
3.7.7.	Plan de mantenimiento correctivo.....	173
3.7.8.	Trazabilidad de masas patrón.....	173
3.7.9.	Almacenaje de equipos y masas patrón .....	174
3.7.10.	Tiempo de ejecución.....	175
3.7.11.	Capacitación del personal.....	175
3.8.	Costos .....	176
3.8.1.	Planilla .....	176
3.8.2.	Subcontratación.....	177
3.8.3.	Herramienta y equipo .....	178
4.	IMPLEMENTACIÓN .....	179
4.1.	Presentación de la implementación .....	179
4.1.1.	Objetivos.....	179
4.1.2.	Políticas .....	180
4.2.	Programas y planes de acción.....	181
4.2.1.	Programas .....	181
4.2.1.1.	Adquisición de equipo y herramientas a utilizar en el mantenimiento de instrumentos.....	182

	4.2.1.1.1.	Equipos y su trazabilidad.....	183
	4.2.1.2.	Capacitación del personal .....	184
	4.2.1.3.	Validación.....	185
	4.2.1.4.	Mantenimiento .....	186
	4.2.1.5.	Confirmación metrológica.....	187
	4.2.1.6.	Asesoría .....	189
4.2.2.		Planes .....	189
	4.2.2.1.	Comercialización .....	189
	4.2.2.2.	Servicios.....	190
4.2.3.		Responsables de la ejecución de los programas y planes.....	191
	4.2.3.1.	Gerencia.....	191
	4.2.3.2.	Servicio al cliente.....	192
	4.2.3.3.	Departamento Técnico .....	192
4.3.		Tiempo para la ejecución .....	192
	4.3.1.	Adquisición de herramienta y equipo .....	193
	4.3.2.	Capacitación del personal .....	193
	4.3.3.	Comercialización .....	193
4.4.		Principios de calidad .....	194
5.		SEGUIMIENTO DEL MÉTODO PROPUESTO .....	197
5.1.		Resultados obtenidos.....	197
	5.1.1.	Capacitación del personal .....	197
	5.1.1.1.	Competencia técnica.....	197
	5.1.2.	Equipo y herramienta .....	198
	5.1.3.	Validación y confirmación metrológica .....	198
5.2.		Observación y análisis de procesos .....	198
	5.2.1.	Evaluación.....	199

5.2.2.	Control .....	199
5.2.3.	Normas .....	200
5.3.	Evaluación de las estrategias de servicio .....	200
5.3.1.	Seguimiento al cliente.....	201
5.4.	Evaluación basada en la apreciación del desempeño .....	201
5.5.	Mejora continua .....	201
5.5.1.	Por medio de controles estratégicos.....	201
5.5.2.	Por medio de auditorías internas .....	202
5.5.3.	Por medio de objetivos y políticas .....	203
5.5.4.	Por medio de revisiones por la dirección .....	203
5.6.	Ventajas y beneficios.....	204
5.7.	Acciones correctivas.....	204
CONCLUSIONES .....		205
RECOMENDACIONES .....		207
BIBLIOGRAFÍA.....		209
ANEXOS .....		211



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama, Multiservicios Electrónicos RBC .....	3
2.	Conservación y recuperación de equipos de medición .....	10
3.	Mantenimiento de instrumentos de pesaje de clase especial .....	12
4.	Montaje de instrumentos de pesaje industriales.....	14
5.	Calibración de instrumentos de pesaje de clase especial .....	16
6.	Proceso de confirmación metrológica .....	22
7.	Equipos auxiliares para la calibración de instrumentos .....	37
8.	Análisis Foda.....	40
9.	Registro diario.....	48
10.	Solicitud de servicio.....	49
11.	Diagrama de operaciones de atención al cliente.....	50
12.	Diagrama de operaciones de mantenimiento de instrumentos .....	53
13.	Ensayos realizados en el proceso de calibración.....	56
14.	Diagrama de operaciones de calibración de instrumentos .....	57
15.	Diagrama de proceso para la certificación de instrumentos .....	60
16.	Interrelación de procesos, Multiservicios Electrónicos RBC.....	62
17.	Secuencia de operaciones .....	65
18.	Masas patrón M1.....	69
19.	Termohigrómetro, área de Metrología.....	71
20.	Equipo primario y secundario .....	73
21.	Selección de la operación .....	76
22.	Método de trabajo actual, por comparación directa.....	78
23.	Número de ciclos.....	79

24.	Sistema Westinghouse para calificar .....	80
25.	Hoja de registro.....	81
26.	Evaluación de la satisfacción del servicio .....	86
27.	Planificación semanal .....	87
28.	Organigrama propuesto .....	93
29.	Diagrama propuesto de operaciones de atención al cliente.....	103
30.	Diagrama propuesto de operaciones de mantenimiento de instrumentos.....	105
31.	Diagrama propuesto de operaciones de validación de instrumentos .	108
32.	Diagrama propuesto de operaciones de confirmación metrológica de instrumentos.....	110
33.	Diagrama propuesto de interrelación de procesos.....	114
34.	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos .....	118
35.	Propuesta de diseño y mejora .....	120
36.	Servicio de mantenimiento industrial .....	128
37.	EMP en servicio para instrumentos de pesaje .....	130
38.	Evaluación de conformidad en función de EMP = tolerancia .....	136
39.	Puntos de referencia para el ensayo de excentricidad .....	140
40.	Flujograma para la estimación de incertidumbre .....	142
41.	Resultados del estudio R&R .....	157
42.	Tolerancias para masas patrón.....	162
43.	Masa patrón F1 de 50 g.....	164
44.	Plantilla de registro de mantenimiento .....	166
45.	Plantilla de validación de instrumentos de pesaje.....	167
46.	Plantilla registro de calibración de instrumentos de pesaje .....	169
47.	Plantilla de registro para verificación de instrumento .....	172
48.	Plan de implementación.....	181
49.	Plantilla de auditoría .....	202
50.	Plantilla para revisiones por la dirección .....	203



## TABLAS

I.	Costos generales por mantenimiento y reparación .....	13
II.	Clases de exactitud .....	19
III.	Intervalo de verificación de escala .....	19
IV.	Clasificación de instrumentos.....	20
V.	Error máximo permitido, en verificación inicial para instrumentos de pesaje.....	24
VI.	Resoluciones de diferentes tipos de instrumentos de pesaje.....	28
VII.	Procesos actuales para el servicio de validación y confirmación metrológica.....	46
VIII.	Cuadro de resumen, atención al cliente .....	51
IX.	Cuadro de resumen de mantenimiento .....	54
X.	Cuadro de resumen de calibración.....	58
XI.	Cuadro de resumen de certificación .....	61
XII.	Enfoques de las operaciones .....	64
XIII.	Equipos primarios y secundarios principales.....	66
XIV.	Ficha de proceso actual .....	74
XV.	Elementos de la tarea .....	82
XVI.	Tiempos cronometrados (minutos).....	83
XVII.	Tiempo normal para un factor del 10 % .....	84
XVIII.	Resumen del estudio de tiempos .....	84
XIX.	Perfil del puesto de gerente general.....	94
XX.	Perfil del puesto de asistente administrativa .....	95
XXI.	Perfil del puesto de jefe de Laboratorio.....	97
XXII.	Perfil del puesto de gestor de calidad .....	98
XXIII.	Perfil del puesto de contador.....	99
XXIV.	Perfil del puesto de técnico .....	101
XXV.	Cuadro de resumen, atención al cliente .....	104

XXVI.	Cuadro de resumen, mantenimiento de instrumentos .....	106
XXVII.	Cuadro de resumen, validación de instrumentos .....	109
XXVIII.	Cuadro de resumen, confirmación metrológica de instrumentos .....	112
XXIX.	Formato de lista de control de documentos .....	116
XXX.	Formato de control de cambios en documentos .....	116
XXXI.	Formato de distribución de documentos al personal.....	116
XXXII.	Factor de riesgo en control metrológico .....	134
XXXIII.	Resultados del proceso de calibración .....	136
XXXIV.	Estimación de acuerdo al error de medición .....	143
XXXV.	Estimación de acuerdo a la lectura de medición.....	144
XXXVI.	Cálculos para la estimación de la incertidumbre.....	145
XXXVII.	Estimación de la incertidumbre por medio de Excel .....	148
XXXVIII.	Fórmulas para el cálculo de datos en un estudio R&R .....	154
XXXIX.	Fórmulas para el análisis de variaciones en estudio R&R .....	154
XL.	Estudio R&R.....	156
XLI.	Resultados de calibración.....	158
XLII.	Datos de trazabilidad .....	165
XLIII.	Test de evaluación según plan de mantenimiento .....	171
XLIV.	Trazabilidad de patrones.....	173
XLV.	Estimación de costos por planilla.....	177
XLVI.	Formato de los parámetros de los programas propuestos.....	182
XLVII.	Programa de herramienta y equipo.....	182
XLVIII.	Programa de trazabilidad.....	183
XLIX.	Programa de capacitación .....	184
L.	Programa de implementación de validación .....	186
LI.	Programa de mejoras al proceso de mantenimiento.....	187
LII.	Programa de implementación de confirmación metrológica.....	188
LIII.	Alcance de los servicios.....	191

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>E2</b>	Clasificación de patrón
<b>F1</b>	Clasificación de patrón
<b>M1</b>	Clasificación de patrón
$\partial$	Derivada parcial
<b>E</b>	Error de medición
<b>K</b>	Factor de cobertura para una distribución normal
<b>Fr</b>	Factor de riesgo
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>g</b>	Gramos
<b>Hz</b>	Hertz
<b>H</b>	Histéresis
<b>U</b>	Incertidumbre
<b>e</b>	Intervalo de escala de verificación
<b>d</b>	Intervalo de escala real
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Lm</b>	Lectura de medición
<b>M</b>	Medición
<b>%</b>	Porcentaje
$\Sigma$	Sumatoria
<b>Y</b>	Valor de salida del mensurando
<b>Vnom</b>	Valor nominal



## GLOSARIO

<b>AIAG</b>	Grupo de Acción de la Industria Automotriz.
<b><i>Apprasier variation</i></b>	Variación del analista.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>EMP</b>	Error máximo permitido.
<b><i>Equipment variation</i></b>	Variación del instrumento.
<b>IEC</b>	Comisión Electrotécnica Internacional.
<b><i>Instalation quality</i></b>	Calidad de instalación.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización.
<b>NGO</b>	Norma Guatemalteca Obligatoria.
<b>OIML</b>	Organización Internacional de Metrología Legal.
<b><i>Operation quality</i></b>	Calidad de operación.
<b><i>Parts variation</i></b>	Variación de partes.
<b>VIM</b>	Vocabulario Internacional de Metrología.



## **RESUMEN**

Los sistemas de medición, utilizados actualmente para los diferentes procesos productivos en la industria, requieren del cumplimiento de especificaciones de acuerdo a las normativas aplicables, o bien, en función de las tolerancias establecidas en dichos procesos. De acuerdo a lo anterior, es necesario establecer operaciones para el aseguramiento de los resultados de medición que garanticen el cumplimiento de los requisitos metrológicos.

La confirmación metrológica permite, a través de una serie de operaciones documentadas, garantizar que un instrumento de medición cumpla con los requerimientos para su uso, cuyo objetivo es obtener resultados fiables en un sistema de medición. Se apoya en diferentes actividades como validación de los instrumentos e instalaciones, calibración, verificación, estudios estadísticos y uso de software, los cuales permiten cumplir con los estándares de calidad.

De acuerdo al ciclo de mejora continua, la empresa Multiservicios Electrónicos RBC promueve la optimización de los procesos de mantenimiento, servicio al cliente y documentación, además de brindar los servicios de validación y confirmación metrológica, por medio de metodologías estandarizadas, personal competente y la capacidad instalada necesaria para garantizar la satisfacción del cliente. Para el aseguramiento de los resultados en los procesos de medición, se promueve la aplicación de estudios matemáticos, físicos y estadísticos como cálculo de la incertidumbre y estudios de repetibilidad y reproducibilidad, los cuales estarán apoyados por programas de capacitación y de auditorías internas que brindarán indicadores de mejoramiento en los servicios que se presten.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Validar y confirmar metrológicamente, los instrumentos de pesaje no automático, por medio del proceso de mantenimiento y planificación.

### **Específicos**

1. Analizar y mejorar las operaciones realizadas actualmente en la empresa.
2. Implementar métodos y procedimientos, con el propósito de crear estándares para la instalación y operación de los instrumentos.
3. Determinar los requisitos metrológicos y la trazabilidad de los instrumentos.
4. Garantizar la fiabilidad de los instrumentos, por medio del mantenimiento.
5. Garantizar la competencia técnica del personal, por medio de la implementación de programas de capacitación en el área de Metrología.
6. Elevar el nivel de calidad, para los servicios de instrumentos de pesaje, mediante la aplicación de normas y de software.

7. Asegurar los resultados de los procesos de medición por medio del uso de herramientas estadísticas.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación está orientado al análisis, formulación y mejoramiento de operaciones, con respecto a la línea de servicios para instrumentos de pesaje no automáticos de la empresa Multiservicios Electrónicos RBC. Por lo tanto, se realizará el estudio minucioso de los procesos y métodos que puedan generar ventajas competitivas para los servicios que conllevan la validación y confirmación metrológica de instrumentos, elevando los niveles de calidad que se requieren para prestar un mejor servicio al usuario.

Para iniciar con este proceso, se analizará la historia, la estructura organizacional, los servicios que presta y los recursos actuales de la empresa. Como parte de la propuesta para la validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, se establecerán métodos para los procesos, en cuanto a documentación y registros de servicio al cliente, capacitación del personal técnico-administrativo, uso de software, mantenimiento de equipo e instalaciones y aplicación de herramientas estadísticas.

La implementación de mejoras deberá incidir principalmente en la capacitación técnica-administrativa del personal, la optimización de recursos por medio del uso de la tecnología, la satisfacción del cliente y la gestión de calidad, gracias al uso de procedimientos estandarizados y métodos estadísticos que aseguren los resultados en las operaciones del servicio de validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje.

El seguimiento de dichas mejoras estará respaldado por auditorías en cada una de las operaciones, con base en estándares que comprueben el nuevo sistema implantado.

# **1. ANTECEDENTES**

Con el paso del tiempo, el sector industrial sigue evolucionando con el fin de buscar mejoras que contribuyan al incremento la productividad, esto lleva a las empresas a mejorar sus procesos, los cuales deben cumplir con las normas nacionales e internacionales, y con los requisitos de los clientes.

Los procesos metrológicos planificados son fundamentales para garantizar la calidad de las mediciones, la confiabilidad de los equipos de medición y los procedimientos estandarizados a utilizar. Esto supone la necesidad de contar con un sistema para validación y confirmación metrológica de instrumentos de medición, que es el conjunto de operaciones requeridas para que un equipo de medición funcione conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto.

En la actualidad, se puede decir que el objetivo último de este sistema de confirmación es garantizar el funcionamiento correcto de los equipos de medida, que afectan la calidad en los diferentes procesos industriales, lo que permite el surgimiento de empresas como Multiservicios Electrónicos RBC.

## **1.1. Generalidades**

Multiservicios Electrónicos RBC es una empresa dedicada al servicio de equipos industriales y control de calidad, que incluyen instrumentos de pesaje, equipos de microscopía y topografía, en sus aspectos de venta, mantenimiento, calibración y asesoría.

### **1.1.1. Historia de la empresa**

Multiservicios Electrónicos RBC fue fundada en 1998 por su propietario, quien, combinando la experiencia profesional en la ciudad de Guatemala y Centro América, da inicio a dicha empresa dedicada al servicio de venta, mantenimiento, calibración y asesoría de instrumentos de pesaje, equipos de microscopía, topografía y para laboratorios especializados en el control de calidad.

Otra iniciativa fue desarrollar una industria aplicando normativas nacionales e internacionales, con el fin de cumplir con las exigencias de los clientes en lo referente los estándares de calidad y ofrecer un mejor servicio al usuario que requiere un nivel elevado de controles para garantizar el óptimo cumplimiento de ciertos procesos industriales.

La empresa ha desarrollado prestigio con el pasar del tiempo, gracias al cumplimiento de los requisitos y estándares que los clientes soliciten. Sin embargo, con el transcurso de los años, se crean controles cada vez más estrictos que garantizan la fiabilidad de los diferentes equipos a utilizar en los procesos industriales. Para cumplir con lo anterior, se concibe el servicio de calibración de instrumentos, el cual, a través de diferentes estudios, se complementará con el servicio de validación y confirmación metrológica, haciendo más rentable a la empresa.

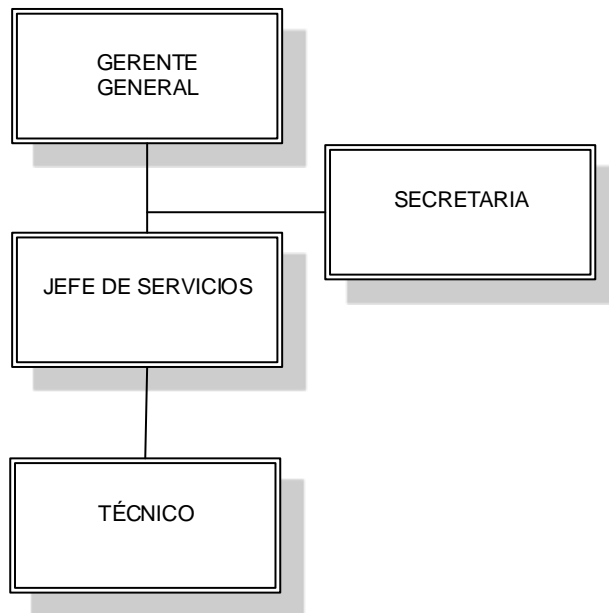
### **1.1.2. Ubicación geográfica**

La empresa Multiservicios Electrónicos RBC se encuentra ubicada en la 5 avenida 10-87 zona 4, residenciales Valles de Sonora IV, Villa Nueva, Guatemala.

### 1.1.3. Organización

Multiservicios Electrónicos RBC es una pequeña empresa constituida básicamente por tres niveles jerárquicos, cuenta con una estructura organizacional vertical, como se observa en la figura 1. El organigrama permite observar y entender cómo está conformada la organización y explica las relaciones estructurales de la empresa mediante las líneas de autoridad y comunicación.

Figura 1. Organigrama, Multiservicios Electrónicos RBC



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

En este tipo de estructura organizacional, cada puesto debe estar subordinado a otro superior, cada línea representa la comunicación y la autoridad de jerarquía.

La figura 1 permite observar que las líneas de jerarquía se cumplen, es el gerente general quien ocupa la autoridad superior, determina las actividades y órdenes de trabajo para cada nivel subordinado. De acuerdo a la organización de Multiservicios Electrónicos RBC, se establecen los siguientes principios y conceptos importantes que se deberán cumplir y dar seguimiento:

- Alcance de control: se establece para determinar qué empleados se reportan en forma directa a un superior, de manera que permitan identificar riesgos y tomar decisiones para aumentar la calidad de los procesos.
- Autoridad: establece que cada trabajador debe ser responsable únicamente ante su jefe inmediato superior.
- Delegación de autoridad: en función de la planificación y la naturaleza de las actividades, la autoridad superior delegará en los distintos niveles subordinados, de manera que cada trabajador asuma la función y responsabilidad en el campo de su competencia, para que puedan tomar decisiones y actuar en los procesos de operación.
- Líneas de comunicación: deberán estar claramente definidas y mantenerse en todos los niveles, actuando de forma recíproca y evitando la concentración de información en una persona.

Esta estructura organizacional permite establecer las siguientes ventajas y desventajas:



- Ventajas
  - o Establece de forma clara y sencilla la autoridad y responsabilidad.
  - o Indica en forma objetiva la jerarquía entre los diversos niveles de administración de la empresa.
  - o Determina el alcance de control para cada nivel jerárquico, es decir, hace referencia al número de subordinados que reportan al gerente.
  
- Desventajas
  - o No permite responder de manera eficiente a los cambios rápidos y constantes de la sociedad.
  - o Generalmente, la responsabilidad de toma de decisiones se concentra exclusivamente en el nivel gerencial.
  - o El control y la coordinación por parte de la Gerencia General se vuelven complicados con el crecimiento de la empresa.

#### **1.1.4. Antecedentes generales**

El municipio de Villa Nueva, considerado como una de las principales zonas industriales del departamento de Guatemala, es el lugar donde está ubicada la empresa en estudio, la cual vino a cubrir la necesidad de venta, asesoría y mantenimiento de instrumentos de medición y control de calidad a diferentes industrias, como de alimentos, farmacéutica, azucarera, entre muchas otras dedicadas a los procesos de transformación de materias primas a productos consumibles. En los años sesenta comenzaron todos los movimientos de calidad que actualmente se conocen e implementan.

En la década posterior se les dio el nombre de Sistema Integrado de Calidad: metrología, normalización, pruebas, ensayos y aseguramiento de la calidad, dicho sistema tiene como fin manufacturar productos o servicios de calidad.

Uno de los rubros de la empresa es brindar servicios de metrología industrial, que consisten en la calibración y mantenimiento de instrumentos de pesaje empleados en producción, inspección y pruebas, brindando así soluciones que satisfacen los requisitos de calidad acordes a las diferentes industrias.

## **1.2. Misión**

“Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.”<sup>1</sup>

## **1.3. Visión**

“Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Documentación interna, Multiservicios Electrónicos RBC.

<sup>2</sup> Ibíd.

#### **1.4. Servicios que proporciona la empresa**

Multiservicios Electrónicos RBC es una empresa dedicada a brindar diferentes servicios que incluyen asesoría, venta, mantenimiento y calibración de instrumentos de medición para laboratorios y otras industrias, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Equipos de laboratorio
  - o Balanzas
  - o Microscopios
  - o pH-metros
  - o Autoclaves
  - o Centrifugas
  - o Rotavapores, entre otros
  
- Equipo de topografía
  - o Estaciones totales
  - o Teodolitos
  - o Niveles y accesorios
  
- Equipo industrial
  - o Básculas

### **1.4.1. Procesos industriales**

De acuerdo al tipo de instrumentos que la empresa brinda, los procesos industriales a tomar en cuenta para la cumplir con la satisfacción de los clientes son los siguientes:

- Medición y control de variables en procesos de pesaje
  - o Medición de temperatura, humedad relativa, entre otros
  
- Montaje de equipo
  - o Aislamiento
  - o Vibraciones
  
- Conservación y recuperación de equipo
  - o Clasificación del mantenimiento

#### **1.4.1.1. Equipos de laboratorio y medición**

Los equipos de laboratorio y de medición son primordiales para cumplir con los diferentes controles en los procesos industriales. Dentro de los equipos principales que brinda la empresa, se describen los siguientes:

- Equipos de laboratorio

- o “Balanzas: instrumento que mide la masa de un cuerpo o sustancia, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo.
  - o Microscopios: instrumento que utiliza diversos sistemas de lentes e iluminación controlada para obtener la magnificación de un objeto.
  - o pH-metros: se utiliza para determinar la concentración de iones del gas hidrogeno [H<sup>+</sup>] en una disolución”.<sup>3</sup>
- Equipo de topografía
    - o “Teodolitos: es un instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y, sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares puede medir distancias y desniveles
    - o Estaciones totales: es un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico”.<sup>4</sup>

#### **1.4.1.1.1. Conservación**

Para los diferentes equipos de medición, principalmente en los instrumentos de pesaje, es indispensable tener un procedimiento de conservación.

---


<sup>3</sup> Organización Panamericana de la Salud. *Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio*. Washington: OPS, 2005. 212 p.

<sup>4</sup> *Teodolito y estación total*. <https://es.scribd.com/doc/49376072/TEODOLITO-Y-ESTACION-TOTAL>. Consulta: 24 de marzo de 2015.

El cual consiste en una serie de operaciones, como ajuste, reemplazo y lubricación de cada una de las piezas que conforman el sistema mecánico del mismo. También, dentro del plan de conservación se tiene contemplado el control de variables para el óptimo funcionamiento de los instrumentos de pesaje, las más importantes son la temperatura, la humedad relativa y las vibraciones, la cuales inciden significativamente en los resultados obtenidos en los procesos de medición.

La figura 2, muestra el formato de las operaciones realizadas en la conservación de los equipos de medición.

Figura 2. **Conservación y recuperación de equipos de medición**



**INSTITUTO GUATEMALTECO  
RBC**

**CONSERVACIÓN DE INSTRUMENTOS**

<- Multiservicios\_Electronicos\_RBC\_>  
 OFICINA: Valles de sonora IV, Manzana "A",  
 Casa No. 10 Zona 4, Villa Nueva, Guatemala.  
 TEL: 5549-7638/5209-6234/6631-9224

Fecha de ingreso  Fecha de egreso  Registro No.

**DATOS GENERALES DEL EQUIPO**

Marca:		Modelo:		No. Serie:	
Código Interno:			Instrumento: Instrumento de Pesaje no Automático		
Capacidad Máxima:		División Minima (d):		Capacidad mínima:	
Por su exactitud	Clase <input type="checkbox"/>	Clase <input type="checkbox"/>	Clase <input type="checkbox"/>	Clase <input type="checkbox"/>	
Por su Indicación	Graduada analógica <input type="checkbox"/>		Graduada digital <input type="checkbox"/>		No graduada <input type="checkbox"/>
Por su capacidad	Alto alcance <input type="checkbox"/>		Medio Alcance <input type="checkbox"/>		Bajo alcance <input type="checkbox"/>

**ACCIONES REALIZADAS**

Limpieza:		Lubricación:	
Ajuste		Cambio partes mecánicas:	
Especificación: $E+U \leq EMP$		Cambio partes eléctricas:	
		1. _____	
		2. _____	
		3. _____	
		4. _____	
		5. _____	

**CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final	
Hora			Δ Variable.
Temperatura ° C			
Humedad Relativa %			
Vibraciones:	Si	No	

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

#### **1.4.1.1.2. Recuperación**

La recuperación permite utilizar un equipo antiguo, o fuera de sus errores máximos permitidos, en un proceso de medición más rústico, o bien con tolerancias mayores a los del equipo, para lo cual se realizan las siguientes operaciones:

- Determinación de los errores e incertidumbre del instrumento
- Determinación de las tolerancias del proceso de medición
- Verificación de  $E+U \leq$  tolerancia del proceso
- Implementación del instrumento al nuevo proceso de medición

#### **1.4.1.1.3. Mantenimiento**

El proceso de mantenimiento es aplicable a los diferentes instrumentos de medición y laboratorio, consiste en las siguientes operaciones:

- Diagnóstico: permite enfocar detalladamente las fallas en los instrumentos, si existieran. También, determina qué partes del instrumento se deben cambiar, para que pueda seguir funcionando acorde a las tolerancias especificadas.
- Análisis de costos: debe ser aprobado por la empresa adquisidora del servicio para proceder con el proceso de mantenimiento, que generalmente es de tipo preventivo o correctivo.

Figura 3. **Mantenimiento de instrumentos de pesaje de clase especial**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC, área de Mantenimiento.

#### **1.4.1.1.4. Reparación**

Este proceso se realiza generalmente al equipo industrial y topográfico, haciéndose el cambio de piezas defectuosas. Está basado en las siguientes políticas:

- Se evaluará el costo de reparación (ver tabla I), la vida útil del equipo y los costos por mantenimiento en dicho periodo, en función de dicho análisis se procederá a efectuar la reparación o la sustitución del equipo.
- El equipo reparado debe cumplir con las tolerancias especificadas por los fabricantes o los clientes, de acuerdo a sus procesos de medición.



- Si el equipo reparado no cumple con las tolerancias del fabricante, deberá cumplir con las tolerancias de los procesos a los cuales se someterá.

Tabla I. **Costos generales por mantenimiento y reparación**

<b>Cantidad</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Costos (Q)</b>
1	Limpieza y lubricación de tornillos Lubricación partes mecánicas Comprobación de celdas (resistencia) Comprobación de indicador y sistema eléctrico Ajuste general. Calibración	Q 750,00
<b>Cantidad</b>	<b>Repuestos nuevos</b>	<b>Costos (Q)</b>
1	Celdas de carga (acero inoxidable)	Q 2 000,00
1	Indicador (acero inoxidable)	Q 10 000,00
1	Caja de unión	Q 2 000,00
1	Plataforma de 4 pies cuadrados	Q 5 000,00

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

#### **1.4.1.1.5. Montaje de equipo**

Proceso aplicando exclusivamente instrumentos de pesaje, ya que, de acuerdo a las especificaciones del fabricante y los procesos de medición, se deben controlar determinadas variables que inciden significativamente en los resultados de medición, lo cual no solo se traduce en pérdidas en producción debido a medidas erróneas, sino también al deterioro prematuro del instrumento por estar instalado en condiciones no aptas. Para el montaje de equipos se evalúan las siguientes variables:

- Vibraciones.
- Ambientes (húmedos, corrosivos, con partículas extrañas que dañen las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de los equipos).
- Aislamientos (de tipo sanitario o industrial).

Figura 4. **Montaje de instrumentos de pesaje industriales**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

#### **1.4.1.1.6. Características metrológicas**

Para asegurar los resultados en los procesos de medición de las diferentes industrias y determinar que el instrumento cumpla con los requisitos de los procesos a los cuales será sometido, se determinan las características metrológicas del instrumento de medición, ya que estas contribuyen a la incertidumbre de la medición y permiten la comparación directa con los requisitos o tolerancias de los procesos en cada una de las industrias, garantizando así que los instrumentos sean aptos y cumplan con los controles de calidad establecidos.

Dentro de estas características metrológicas, las más importantes que se toman en cuenta son las siguientes:

- Rango de medición/alcance
- Carga máxima
- Carga mínima
- Resolución
- Zona muerta

#### **1.4.1.1.7. Calibración de instrumentos de pesaje**

Representa una serie de operaciones descritas a continuación:

- Determinar los desvíos remanentes de indicación, mediante la utilización de patrones de referencia con trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.

- Definir las características metrológicas que permiten evaluar correctamente la incertidumbre con la cual estos desvíos son determinados.
- Estimar la incertidumbre de medición para el instrumento.

La metodología se basa en un procedimiento de calibración que permite cumplir con lo establecido por la reglamentación nacional vigente, la empresa utiliza la norma guatemalteca Coguanor NGO 4015:1999. El período de validez de dicha calibración se establecerá, primeramente, en función del uso del instrumento y del mantenimiento que se le efectúe.

Figura 5. **Calibración de instrumentos de pesaje de clase especial**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC, área de Mantenimiento.

#### **1.4.1.1.8. Venta**

Uno de los principales servicios que brinda la empresa es la venta de instrumentos de medición, los cuales están enfocados a diferentes industrias. Para tal efecto, es necesaria la siguiente información general:

- Tipo de industria
- Tolerancias del proceso de producción
- Requisitos establecidos por los sistemas de calidad
- Ambientes donde se utilizará el instrumento

#### **1.4.2. Asesoría y capacitación**

Uno de los servicios que impulsa la empresa para beneficio de los clientes es el de asesoría y capacitación, contemplándose los siguientes temas:

- Calibración de instrumentos de pesaje
- Interpretación de resultados en certificados de calibración
- Instalación de instrumentos de pesaje
- Evaluación de personal técnico
- Aseguramiento metrológico
- Sistema internacional de unidades
- Cálculo de la incertidumbre

#### **1.4.2.1. Manejo adecuado de instrumentos de pesaje, analíticos, de precisión e industriales.**

Con el fin de hacer mediciones que cumplan con los estándares de calidad, la empresa realiza conferencias establecidas en los programas de capacitación, para minimizar y contralar los problemas derivados del emplazamiento, manejo y cuidado adecuado de los instrumentos de pesaje. La conferencia está dividida en los temas siguientes:

- Calidad de instalación (IQ)
- Calidad de operación (OQ)

### **1.5. Conceptos generales**

Para el correcto desarrollo del presente trabajo de graduación, es necesario conocer la teoría y conceptos generales del tema de metrología relacionados con los instrumentos de pesaje de no automático.

#### **1.5.1. Clasificación de los instrumentos de pesaje no automático**

La clasificación metrológica puede estimarse aplicando determinados procedimientos contenidos en la norma guatemalteca Coguanor NGO 4015:1999. La tabla II describe las clases de exactitud y sus símbolos.

Tabla II. **Clases de exactitud**

<b>Exactitud</b>	<b>Clase</b>
Especial	(I)
Fina	(II)
Media	(III)
Ordinaria	(III)

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. *Coguanor NGO 4015*. p. 9.

Para estimar la clasificación de un instrumento de pesaje, es necesario conocer el intervalo de verificación de escala ( $e$ ), el cual es un valor expresado en unidades de masa, establecido de acuerdo a los lineamientos que se presentan en la tabla III.

Tabla III. **Intervalo de verificación de escala**

Tipo de instrumento	Intervalo de verificación
Graduado, sin dispositivo auxiliar de indicación.	$e=d$
Graduado, con dispositivo auxiliar de indicación.	$e$ , es determinado por el fabricante de acuerdo a la tabla 3, y a la expresión $d < e < 10d$
No graduado	$e$ , es determinado por el fabricante de acuerdo a la tabla 3

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. *Coguanor NGO 4015*. p. 10.

La literal  $d$ , que aparece en la tabla III, corresponde al intervalo de escala real o división mínima de un instrumento de pesaje, expresado en unidades de masa. Se define como la diferencia entre los valores correspondientes a dos señales de escala consecutivas, para indicación analógica, o la diferencia entre dos indicaciones consecutivas, para indicación digital.

La relación existente entre el valor e, la clase de exactitud de los instrumentos de pesaje y la capacidad mínima de los mismos, se da en la tabla IV. Asimismo, se presenta otro dato llamado número de intervalos de verificación de escala. El número de intervalos de verificación de escala es una cantidad adimensional que puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Max}{e}$$

Donde:

n = número de intervalos de verificación de escala

Max = capacidad máxima del instrumento de pesaje

e = intervalo de verificación de escala

Tabla IV. **Clasificación de instrumentos**

Clase de exactitud	Intervalo de verificación de escala, e	Núm. de intervalos de verificación de escala		Capacidad mínima o límite inferior
		Mínimo	Máximo	
Especial (I)	0,001 g ≤ e	50 000	-----	100 e
Fina (II)	0,001 g ≤ e ≤ 0,05 g	100	100 000	20 e
	0,1 g ≤ e	5 000	100 000	50 e
Media (III)	0,1 g ≤ e ≤ 2 g	100	10 000	20 e
	5 g ≤ e	500	10 000	20 e
Ordinaria (III)	5 g ≤ e	100	1 000	10 e

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. *Coguanor* NGO 4015. p. 10.



Para la clasificación de instrumentos de pesaje y de acuerdo a lo expuesto anteriormente, se pueden establecer los siguientes lineamientos:

- Si el escalón real  $d$  es menor de 1 mg, el instrumento es de clase (I).
- El escalón de verificación  $e$  nunca es menor de 1 mg.
- Un instrumento de clase (III) no puede tener más de 10 000 escalones de verificación, ni tampoco tener escalón real distinto del escalón de verificación.
- Un instrumento de clase (II) puede tener su escalón de verificación mayor que el escalón real (el dígito anterior), pero necesariamente el número de escalones de verificación estará comprendido entre 100 000 y 5 000.
- Puede darse el caso de un instrumento, por ejemplo con 6 000 escalones de verificación y  $d=e$ , que pudiera ser considerado tanto de clase (II) como de clase (III). Si no existe información adicional, ambas estimaciones serían correctas.

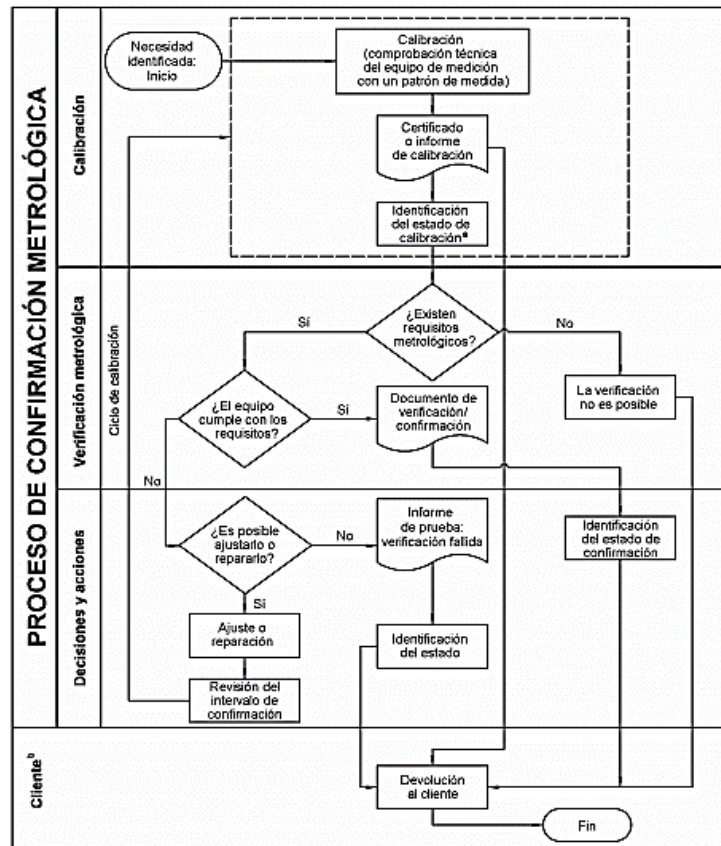
### **1.5.2. Validación**

Según la Norma ISO 9000:2005, el término validación está definido de la siguiente manera: confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos para una utilización o aplicación específica prevista.

### 1.5.3. Confirmación metrológica según ISO 10012:2003

La confirmación metrológica se define como el conjunto de operaciones requeridas para asegurarse que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto. La figura 6 muestra el proceso de confirmación metrológica, según la Norma ISO 10012:2003, el cual debe ser diseñado e implementado para asegurar que las características metrológicas del instrumento de medición cumplan los requisitos metrológicos del proceso de medición.

Figura 6. Proceso de confirmación metrológica



Fuente: International Organization for Standardization. Norma ISO 10012:2003. p. 18.

### **1.5.3.1. Calibración**

“Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación”.<sup>5</sup>

### **1.5.3.2. Verificación**

“Es el aporte de evidencia objetiva de que un elemento satisface requisitos especificados, para lo cual se toma en cuenta la incertidumbre de medida”.<sup>6</sup> Uno de los requisitos principales para la verificación de instrumentos de pesaje es que estos satisfagan las especificaciones del fabricante o las tolerancias de los procesos de medición establecidos por los clientes.

### **1.5.4. Requisitos metrológicos**

Los requisitos metrológicos especificados se derivan de los requisitos para el producto, es decir, los requisitos que el cliente determina para un proceso industrial en específico. Estos requisitos deben ser definidos, tanto para el instrumento como para los procesos de medición.

---

<sup>5</sup> Joint Committee for Guides in Metrology. *Vocabulario internacional de metrología, conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*. p. 36.

<sup>6</sup> *Ibíd.* p. 38.

Los requisitos pueden expresarse como:

- Un error máximo permitido
- Incertidumbre permitida
- Límites de medición
- Resolución
- Condiciones ambientales o habilidades del operador

#### 1.5.4.1. Errores máximos permitidos

Es el “valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado”.<sup>7</sup> Según la normativa utilizada para los instrumentos de pesaje, se pueden establecer dichos errores por parámetros establecidos para diferentes rangos y alcances de medición.

Tabla V. **Error máximo permitido, en verificación inicial para instrumentos de pesaje**

Error máximo permitido en verificación inicial	Para cargas, $m$ , expresadas en intervalos de escala de verificación, $e$ .			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IIII
$\pm 0.5 e$	$0 \leq m \leq 50\ 000$	$0 \leq m \leq 5\ 000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0 e$	$50\ 000 < m \leq 200\ 000$	$5\ 000 < m \leq 20\ 000$	$500 < m \leq 2\ 000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5 e$	$200\ 000 < m$	$20\ 000 < m \leq 100\ 000$	$2\ 000 < m \leq 10\ 000$	$200 < m \leq 1\ 000$

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. *Coguanor* NGO 4015. p. 12.

<sup>7</sup> Joint Committee for Guides in Metrology. *Vocabulario internacional de metrología, conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*. p. 51.

Los errores máximos permitidos en servicio deben ser el doble que los establecidos en verificación inicial, por lo tanto, se calculan de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$EMP_1 = 1 \times e$$

$$EMP_2 = 2 \times e$$

$$EMP_3 = 3 \times e$$

Donde:

$EMP_{1, 2, 3}$  = errores máximos permitidos en servicio, para los diferentes alcances del instrumento.

1, 2, 3 = factores, que expresan el doble del error máximo permitido en verificación inicial.

$e$  = intervalo de verificación de escala.

#### **1.5.4.2. Incertidumbre de medida**

De acuerdo con el vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología, la incertidumbre de medida se define como: “parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”

En la estimación de la incertidumbre deben tenerse en cuenta las fuentes de variación que puedan afectar significativamente a la medida. Para instrumentos de pesaje, generalmente se consideran aportaciones de variación:

- La repetibilidad con que se han obtenido las medidas
- Las tolerancias debidas a las masas patrón

- La resolución del propio instrumento calibrado
- Incertidumbre debida a la repetibilidad:

La incertidumbre por repetibilidad se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$U_{rep} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Se evalúa mediante la desviación estándar  $S_{n-1}$ .

$$S_{n-1} = \pm \sqrt{\sum \frac{(X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

$U_{rep}$  = incertidumbre por repetibilidad

$S = S_{n-1}$  = desviación estándar, si  $n \geq 30$

$X_i$  = valor de cada uno de los datos de la muestra

$X$  = media de la muestra

$n$  = total de datos de la muestra

- Incertidumbre debida a la resolución del instrumento:

La incertidumbre por resolución se calcula a través de la siguiente expresión:

$$U_{res} = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

Donde:

$U_{res}$  = incertidumbre por resolución.

$d$  = resolución de instrumento.

$\sqrt{12}$  = factor aplicado, supone que la resolución tiene una distribución rectangular.

- Incertidumbre debida a las masas patrón:

La incertidumbre debido a las masas patrón se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$U_{pat} = \sum \frac{TOL}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$U_{pat}$  = incertidumbre debida a las masas patrón

TOL = valor de tolerancia de la masa patrón

$\sqrt{3}$  = factor aplicado, supone que la tolerancia tiene una distribución rectangular

La incertidumbre debido a las masas patrón puede estimarse también por medio de la siguiente expresión:

$$U_{pat} = \frac{U_c}{2}$$

Donde:

$U_{pat}$  = incertidumbre debida a las masas patrón.

$U_c$  = valor de la incertidumbre, declarada en los certificados de las masas patrón.

2 = factor aplicado, supone que la incertidumbre tiene un factor de cobertura de  $k=2$ .

### 1.5.4.3. Resolución

En un instrumento o dispositivo visualizador es la “mínima diferencia entre indicaciones visualizadas, que puede percibirse de forma significativa”.<sup>8</sup>

En una indicación digital, esta diferencia es el escalón numérico más pequeño, también llamado valor de escala.

Tabla VI. **Resoluciones de diferentes tipos de instrumentos de pesaje**

Ultramicrobalanzas	1d = 0,1 $\mu\text{g}$	= 0.000001 g	7 decimales
Microbalanzas	1d = 1 $\mu\text{g}$	= 0.000001 g	6 decimales
Semimicrobalanzas	1d = 0.01 mg	= 0.00001 g	5 decimales
Balanzas analíticas	1d = 0,1 mg	= 0.0001 g	4 decimales
Balanzas de precisión	1d = 1 g a 1 mg	= 1 g a 0.001 g	0 a 3 decimales.
1d = 1 dígito = un escalón numérico			

Fuente: TOLEDO, Mettler. *Pesar correctamente con balanzas de laboratorio*. p. 20.

### 1.5.4.4. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales son importantes en los diferentes procesos de medición, porque inciden de manera considerable en los resultados de medición, según los diferentes instrumentos de pesaje. Dentro de las condiciones ambientales y físicas a tener en cuenta están:

---

<sup>8</sup> Joint Committee for Guides in Metrology. *Vocabulario internacional de metrología, conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*. p. 48.



- Temperatura: una diferencia térmica entre el objeto a pesar y el entorno provoca corrientes de aire a lo largo del recipiente de pesada. Este efecto solo disminuye una vez se ha establecido un equilibrio térmico. Se cumple que, un objeto frío parece más pesado, y uno caliente parece más ligero. Por lo tanto, es importante controlar esta variable, sobre todo en la industria farmacéutica.
- Humedad relativa: es un factor importante cuando el mensurando es una sustancia volátil o bien cuando se trabaja con objetos higroscópicos, los cuales absorben la humedad procedente del aire. La humedad relativa del aire (% HR) ideal se halla entre el 45 y el 60 %.

#### **1.5.4.5. Habilidades del operador**

Uno de los aspectos de mayor importancia en los procesos de medición de la industria, es la habilidad, experiencia y conocimientos de los operadores de los instrumentos de medición, ya que estos factores inciden de manera significativa en la lectura y estimación de los resultados, por lo tanto, se vuelve un requisito metrológico para cualquier industria.

#### **1.5.5. Calibración de equipos de medida industriales según ISO 9001:2008 e ISO 10012:2003**

De acuerdo a la serie de normas ISO, las cuales proporcionan directrices para el desarrollo e implantación de sistemas de calidad, en la norma ISO 9001:2008, cláusula 7.2, se encuentra los requisitos que deben cumplir las organizaciones para el control de equipos de seguimiento y medición, los cuales son citados a continuación:

- Calibrarse o verificarse, o ambos, a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales. Cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación.
- Ajustarse o reajustarse según sea necesario.
- Estar identificado para poder determinar su estado de calibración.
- Protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición.
- Protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

De acuerdo a lo anterior y a los servicios brindados por la empresa, es de gran importancia controlar las diversas variables relacionadas con los equipos de medida, dichas variables son controladas de acuerdo a los siguientes procesos:

- Calibración
- Seguimiento de los equipos de medida
- Control de la documentación
- Registros de formación del personal

También, la norma ISO 10012:2003 es relevante para la correcta planificación de operaciones en los procesos de medición con instrumentos de pesaje y para cumplir con los requisitos del cliente. Se citan a continuación los principales requisitos que debe cumplir la organización:

- Se debe realizar un listado para documentar todos los instrumentos utilizados para cuantificar los parámetros relacionados con la calidad.
- Se debe implementar y mantener un sistema para el control y la calibración de los equipos de medida.
- Los equipos utilizados para realizar los procesos de medición y los equipos utilizados para calibrar se deben manipular con cuidado y deben ser usados de tal forma que sus características metrológicas no varíen.
- El proceso de medición, tanto para calibrar equipos como para la verificación del producto, se debe realizar teniendo en cuenta todos los errores e incertidumbres significativos identificados.
- El cliente debe tener acceso a pruebas objetivas que el sistema de medida es congruente con sus requisitos.
- La calibración se debe realizar con equipos cuyos patrones demuestren su trazabilidad.
- Todas las personas que desarrollan funciones de calibración deben estar debidamente formadas, es decir demostrar su competencia técnica.

- Los procedimientos de calibración deben estar documentados y validados.
- El sistema de calibración debe ser revisado periódica y sistemáticamente para asegurar que continúa siendo efectivo.
- Se debe mantener una ficha o registro de calibración para cada equipo de medida por separado. Cada ficha debe demostrar que el instrumento es capaz de realizar medidas dentro los requisitos metrológicos establecidos. Estas fichas deben contener, al menos, esta información:
  - o Una descripción del instrumento y una identificación única.
  - o La fecha de calibración.
  - o Los resultados de la calibración.
  - o El intervalo de calibración, además de la fecha de la próxima calibración.
- Dependiendo del tipo de instrumento a calibrar, también se debe incluir parte o toda la información que se describe a continuación:
  - o El procedimiento de calibración.
  - o Los límites de error permisibles.
  - o Informe de todos los efectos acumulativos de incertidumbre en los datos de calibración.
  - o Las condiciones medioambientales requeridas para la calibración.
  - o La fuente que certifica la trazabilidad empleada.
  - o Los detalles de cualquier reparación o modificación que pudiera afectar el estado de la calibración.
  - o Cualquier limitación de uso del instrumento.

- Cada instrumento debe estar etiquetado, de manera que se muestre el estado de calibración y cualquier limitación de uso.
- Cualquier instrumento que se encuentra fuera de calibración, debe ser retirado del uso y etiquetado visiblemente para prevenir posibles usos accidentales del mismo.
- Los equipos de medida ajustables se deben sellar para evitar manipulaciones no deseadas.

#### **1.5.5.1. Variaciones en ensayos de calibración y verificación**

Son las influencias perturbadoras del entorno que pueden afectar el proceso de medición. Se trata, en su mayor parte, de efectos físicos mensurables, que afectan a los instrumentos de pesaje con una resolución de 1 gramo hasta 1 microgramo.

##### **1.5.5.1.1. Magnitudes de influencia y de tiempo**

Se deben identificar, reducir o cuantificar y, si es posible, eliminar todas las magnitudes de influencia que actúan sobre los instrumentos de medición. Estas pueden ser, según la norma Coguanor 4015:1999:

- Desnivelación: un instrumento debe estar provisto de un dispositivo de nivelación y de un indicador de nivel. Para los instrumentos de pesaje, el valor límite de desnivelación será de 2/1000 mm.

- Temperatura: un instrumento debe de mantener sus propiedades metrológicas dentro del rango de temperatura  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Además, todo el proceso de medición debe de llevarse a cabo a una temperatura ambiente estable, se considera de esta manera, cuando la diferencia entre las temperaturas extremas anotadas no exceda  $1/5$  del intervalo de temperatura del instrumento considerado.
  
- Los intervalos para los diferentes instrumentos son:
  - o  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  para instrumentos de clase (I)
  - o  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  para instrumentos de clase (II)
  - o  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  para instrumentos de clase (III) y (IIII)
  
- Fuente principal de alimentación eléctrica: un instrumento de pesaje debe satisfacer los requisitos metrológicos, si la fuente varía:
  - o En voltaje de  $-15\%$  a  $+10\%$  del valor nominal de funcionamiento especificado del instrumento.
  - o En frecuencia de  $-2\%$  a  $+2\%$  del valor nominal de funcionamiento especificado del instrumento, utilizando corriente alterna.
  
- Tiempo: en ambientes razonablemente constantes, un instrumento de clase (I), (II) o (III) debe cumplir con lo siguiente:
  - o Cuando se mantiene una carga cualquiera sobre el instrumento, la diferencia entre la indicación obtenida inmediatamente después de depositar una carga y la indicación observada durante los siguientes 30 minutos, no debe exceder de  $0,5\text{ e}$ .

También, la diferencia entre la indicación obtenida a los 15 minutos y a los 30 minutos, no debe exceder a 0,2 e.

- o La desviación en el retorno a cero tan pronto como la indicación se haya estabilizado, después de retirar una carga cualquiera que se haya mantenido media hora sobre el instrumento, no debe exceder en 0,5 e.

#### **1.5.5.2. Equipos auxiliares para la calibración de instrumentos**

Para realizar un proceso de medición correcto al calibrar instrumentos de pesaje, se deben tener en cuenta la verificación de dos parámetros fundamentales, la temperatura y la humedad relativa. También, utilizar las masas patrón adecuadas para las diferentes clases de exactitud. Por lo tanto, es de vital importancia utilizar medidores calibrados de humedad relativa y temperatura; y masas patrones certificados que demuestren su trazabilidad.

##### **1.5.5.2.1. Medidor de temperatura**

“Un termómetro, es un instrumento que sirve para medir la temperatura de un cuerpo o sustancia, basado en el efecto que un cambio de temperatura produce en algunas propiedades físicas observables y en el hecho de que dos sistemas a diferentes temperaturas puestos en contacto térmico tienden a igualar sus temperaturas.

Entre las propiedades físicas en las que se basan los termómetros destaca la dilatación de los gases, la dilatación de una columna de mercurio, la resistencia eléctrica de algún metal, la variación de la fuerza electromotriz de contacto entre dos metales, la deformación de una lámina metálica o la variación de la susceptibilidad magnética de ciertas sales paramagnéticas.”<sup>9</sup>

#### **1.5.5.2.2. Medidor de humedad**

“El higrómetro, es el instrumento utilizado para medir la humedad relativa (HR) del aire, que es la cantidad de vapor de agua presente en un volumen de aire. Los higrómetros a menudo están disponibles en versiones que también miden la temperatura, a los cuales se les llama termo-higrómetros.”<sup>10</sup>

#### **1.5.5.2.3. Masas patrón**

Las masas patrón y juegos de masas utilizados para realizar los ensayos y certificación de instrumentos de pesaje se deben escoger de tal forma que el máximo error permitido a las masas sea menor o igual que 1/3 del error permitido a dicho instrumento, para la carga considerada. En la práctica resulta:

- Balanzas analíticas: masas de clase E2
- Balanzas de precisión: masas de clase F1
- Bascula hasta 10000 escalones: masas de clase M2
- Bascula de más de 10000 escalones: masas de clase M1

---

<sup>9</sup> *Funcionamiento de higrómetros y termómetros.* <http://mantenimientowk.jimdo.com/funcionamiento-higrometros-y-termometros/>. Consulta: 7 de abril de 2015.

<sup>10</sup> *Ibíd.*



Figura 7. **Equipos auxiliares para la calibración de instrumentos**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC, área de Metrología.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Diagnóstico técnico y administrativo**

El propósito primordial es conocer la organización administrativa y el funcionamiento del área objeto de estudio, con la finalidad de establecer controles que permitan mejorar los servicios brindados por la empresa. Esto se realizará por medio de evaluaciones a cada uno de los procesos que se llevan a cabo, lo cual permitirá minimizar recursos y maximizar utilidades.

El área Administrativa se ocupa de ordenar, asignar y distribuir las actividades a realizar, de manera que cada empleado pueda desempeñarlas forma adecuada y óptima, con el fin de brindar un servicio acorde a los requisitos solicitados dentro y fuera de la institución. El área Técnica se ocupa de ejecutar las actividades asignadas acorde a los diferentes servicios que la empresa brinda, actualmente en el área de Metrología estos servicios comprenden:

- Calibración
- Certificación

Los problemas que se detectaron en el área Técnica y Administrativa han ocasionado inconformidades en cumplimiento de los requerimientos del cliente, dado a que estos surgen de la desorganización y falta de planificación, escasez de controles, falta de inducción y métodos a seguir por parte del personal técnico y administrativo.

En la figura 8 se presenta el análisis Foda realizado, para establecer la situación actual de la empresa, en las áreas Técnica y Administrativa.

Figura 8. Análisis Foda

<b>Foda</b>				
<b>AMBITO</b>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>DEBILIDADES</b>	
<b>AMENAZAS</b>				
<b>INSTITUCIONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orden y limpieza dentro de la institución.</li> <li>Servicios aptos para la ubicación acorde a la zona industrial.</li> <li>Ambientes adecuados para el desempeño y participación óptima de los trabajadores.</li> <li>Equipo y mobiliario óptimo y adecuado para el proceso de mantenimiento y calibración de instrumentos de pesaje.</li> <li>Buena ubicación y cobertura por estar en zona industrial.</li> <li>Precio de los servicios brindados acordes al mercado.</li> <li>Personal con amplia experiencia en el rubro de metrología e instrumentos de pesaje, topografía y microscopia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación y reestructuración de la institución, para la implementación del laboratorio metrológico.</li> <li>Mejoramiento de los servicios actuales, acorde a los sistemas de calidad para el área de metrología.</li> <li>Incremento en la demanda de los servicios, acorde a los beneficios extras brindados en comparación con la competencia.</li> <li>Alianza con otras empresas del mismo rubro para ampliar el alcance de calibración de instrumentos.</li> <li>Organización apta para implementación del sistema de calidad basado en ISO 17025.</li> <li>Obtención de mayor equipo proveniente del extranjero para ampliar el alcance de los servicios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta perfiles definidos para los puestos de trabajo.</li> <li>Personal insuficiente para el óptimo funcionamiento de los servicios brindados.</li> <li>Falta de programas de capacitación actualizados, acorde al rubro de la empresa.</li> <li>Falta de planificación para los servicios que se brindan.</li> <li>Procedimientos de trabajo deficientes, dado a que no existe una estructura formal por el que se guíe el personal.</li> <li>Falta de procedimientos estandarizados, para los servicios de mantenimiento, confirmación metrológica, atención al cliente y evaluación de satisfacción de los mismos.</li> <li>En proceso de acreditación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amplia competencia en el rubro de la calibración de instrumentos de pesaje.</li> <li>Las industrias contraten únicamente laboratorios acreditados para el servicio de confirmación metrológica.</li> <li>Precios demasiado bajos por parte de la competencia.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al análisis Foda, se establecen las siguientes estrategias para ayudar a solucionar y mejorar las áreas en estudio:

- Definir los procesos que se tienen y los que se realizan. Para los servicios brindados a instrumentos de pesaje, analizar los que son deficientes, y con ello proponer mejoras.
- Estandarizar los procesos administrativos de servicio al cliente, y los procesos técnicos mantenimiento y calibración.
- Complementar el proceso de calibración con los procesos de verificación y toma de decisiones, con el fin de realizar la confirmación metrológica de instrumentos.
- Reorganizar la estructurada organizacional con el fin de cumplir con los servicios que se ofrecen, definir las funciones de los puestos y darles seguimiento.
- Evaluar la capacidad instalada para estimar si se cuenta con el equipo suficiente para la ampliación y mejora de procesos, determinando si se está en condición para continuar trabajando con el mismo o si es necesario cotizar nuevo.
- Planificar reuniones para discutir los problemas, dar soluciones y sugerencias para la mejora continua de los servicios brindados.
- Crear programas de capacitación para el personal administrativo y técnico para mejorar su desempeño laboral.

### **2.1.1. Organización y gestión**

La estructura organizacional que se utiliza en Multiservicios Electrónicos RBC, es de tipo vertical y puede dividirse en tres niveles jerárquicos, por medio de los cuales se realizan las gestiones correspondientes para cada uno de los servicios brindados a los clientes, con el fin de satisfacer la demanda y cumplir con los requisitos establecidos de calidad. Esta estructura podrá redefinirse de acuerdo a los objetivos organizacionales y la mejora continua. La estructura organizacional actual está documentada en el Manual de calidad, elaborado en el 2014, para cumplir con los requisitos de la norma Coguanor NTG/ISO/IEC 17025:2005.

Dicha estructura permite cumplir con los objetivos actuales para los servicios de calibración de instrumentos de pesaje. Sin embargo, no es óptima para la expansión de dichos servicios, como la confirmación metrológica, por lo tanto, es una de las propuestas de mejora que permitirá tener un sistema eficaz y eficiente.

Al considerar los aspectos anteriores, surge la necesidad de diseñar el organigrama general y dar a conocer su estructura.

Para hacer el análisis, se realizaron reuniones con los integrantes de la empresa (ver anexo A). En la actualidad, no se cuenta con el personal para cumplir con todos los servicios que la empresa brinda, por lo tanto, diferentes funciones dependen de personas ajenas a la empresa, sin existir un contrato de por medio.

### **2.1.1.1. Nivel gerencial**

Actualmente la empresa es dirigida únicamente por el gerente general, quien brinda las directrices a los diferentes niveles subordinados, constituye el primer nivel jerárquico de la empresa. Para este nivel se establecen los siguientes principios:

- Principio de mando: según el cual el superior tiene autoridad única y exclusiva sobre sus subordinados.
- Decisiones centralizadas: la toma de decisiones corresponde únicamente a este nivel, es quien planifica y dirige el cumplimiento de los objetivos.

Las funciones principales para este nivel se resumen a continuación:

- Establecer políticas y objetivos que generen directrices para los diferentes niveles de la organización.
- Asegurar el establecimiento de la comunicación apropiada dentro de la organización, para lograr la eficacia de sistema de gestión.
- Evaluar y autorizar los recursos destinados a las áreas Administrativa y Técnica de la empresa.
- Planificar y organizar las actividades concernientes al Laboratorio Metrológico.

- Establecer métodos y procedimientos para los diferentes puestos de trabajo, con el fin de cumplir con cada uno de los procesos, desde atención al cliente y ventas, hasta servicios de mantenimiento y calibración de instrumentos.
- Evaluar el desempeño de los diferentes puestos de trabajo.

### **2.1.1.2. Nivel ejecutivo**

De acuerdo a la estructura actual de la empresa, este nivel es el segundo al mando de la organización. Está constituido por el gerente, la secretaria y el jefe de laboratorio. Se puede establecer, de acuerdo a lo anterior, que este nivel no es puramente ejecutivo, es decir, existen puestos (gerente y jefe de laboratorio) que realizan roles en los niveles gerencial y operativo. Además, son quienes ejecutan las políticas y procedimientos aprobados por el nivel superior; también toman decisiones y velan por la administración eficiente de los recursos en el área Administrativa y Técnica.

Las funciones principales realizadas por este nivel son:

- Coordinar y supervisar las actividades del nivel operativo.
- Controlar el buen desempeño de las actividades principales de la empresa:
  - o Venta
  - o Montaje y mantenimiento de equipo
  - o Calibración



- Velar por el cumplimiento de los procedimientos técnicos para los instrumentos a los cuales se les brinda los servicios de mantenimiento, calibración y certificación.
- Proponer mejoras a los métodos y procedimientos actuales.
- Promover nuevos servicios, enfocados a los requerimientos actuales de los clientes. De acuerdo con este punto y con el análisis realizado, se promueve la creación del servicio de confirmación metrológica para instrumentos de pesaje, el cual, por medio de mejoras a los procedimientos actuales, permitirá asegurar los resultados de medición para las diferentes industrias a las cuales se les brindara el servicio.

### **2.1.1.3. Nivel operativo**

Este nivel corresponde a la ejecución de las diversas etapas del proceso de mantenimiento y calibración de instrumentos. No es un nivel operativo puro, debido a que está constituido por el jefe de laboratorio y un técnico, quienes son los encargados de realizar los servicios a los instrumentos de pesaje, además de las labores de diagnóstico, presupuesto, mantenimiento y calibración.

Entre sus funciones generales están:

- Ejecutar las tareas acorde a los procedimientos establecidos en los diferentes servicios brindados.
- Realizar la documentación correspondiente en cada una las operaciones de servicio a los instrumentos de pesaje.

- Verificar el óptimo funcionamiento de los equipos y herramientas a utilizar en las operaciones del mantenimiento preventivo, correctivo y la calibración a los instrumentos de pesaje.

### 2.1.2. Procesos para el servicio de validación y confirmación de instrumentos de pesaje

Actualmente, la empresa no tiene definido completamente el servicio de validación y confirmación metrológica para instrumentos de pesaje. La tabla VII especifica los procesos necesarios para cumplir con dichos servicios, sin embargo, únicamente las casillas sombreadas son los procesos que se realizan actualmente en la empresa, estos son:

- Atención al cliente (determina los requisitos del cliente)
- Calibración
- Certificación
- Mantenimiento preventivo y correctivo

Tabla VII. **Procesos actuales para el servicio de validación y confirmación metrológica**

Planificación	Validación	Requisitos del cliente	
		Requisitos de instalación	
		Requisitos de operación	
	Confirmación metrológica	Calibración y certificación	
		Verificación	Evaluación de consistencia
			Evaluación de conformidad
		Decisiones y acciones	Mantenimiento preventivo
Mantenimiento correctivo			

Fuente: elaboración propia.

Los procesos anteriores corresponden al área en estudio y son fundamentales para brindar el servicio de confirmación metrológica, por lo tanto, en las siguientes secciones se analizan dichos procesos por medio su diagrama de operación correspondiente.

### **2.1.2.1. Diagrama de operaciones**

Para comprender las necesidades actuales, implementar mejoras y crear nuevos procesos en la industria en estudio, se describirá el proceso y seguidamente se analizará el diagrama de operaciones para atención al cliente (figura 11), mantenimiento (figura 12), calibración (figura 14) y certificación (figura 15), los cuales se desarrollan en los siguientes numerales.

#### **2.1.2.1.1. Atención al cliente**

El proceso que se describe a continuación es fundamental para el cumplimiento de los requisitos de los clientes. Este tipo de proceso comprende las operaciones de recepción de información, solicitud de requerimientos, verificación de capacidad instalada, emisión de proforma, recepción de proforma y ejecución del servicio.

- Recepción de información: consiste en anotar los datos del cliente que solicita el servicio. Esto se lleva a cabo en el registro diario (ver figura 9), con el fin de tener un histórico que permita visualizar los servicios requeridos en una fecha determinada.

Figura 9. Registro diario



REGISTRO DIARIO

Empresa	Contacto	Teléfono/Fax	E-mail	Fecha	Servicio

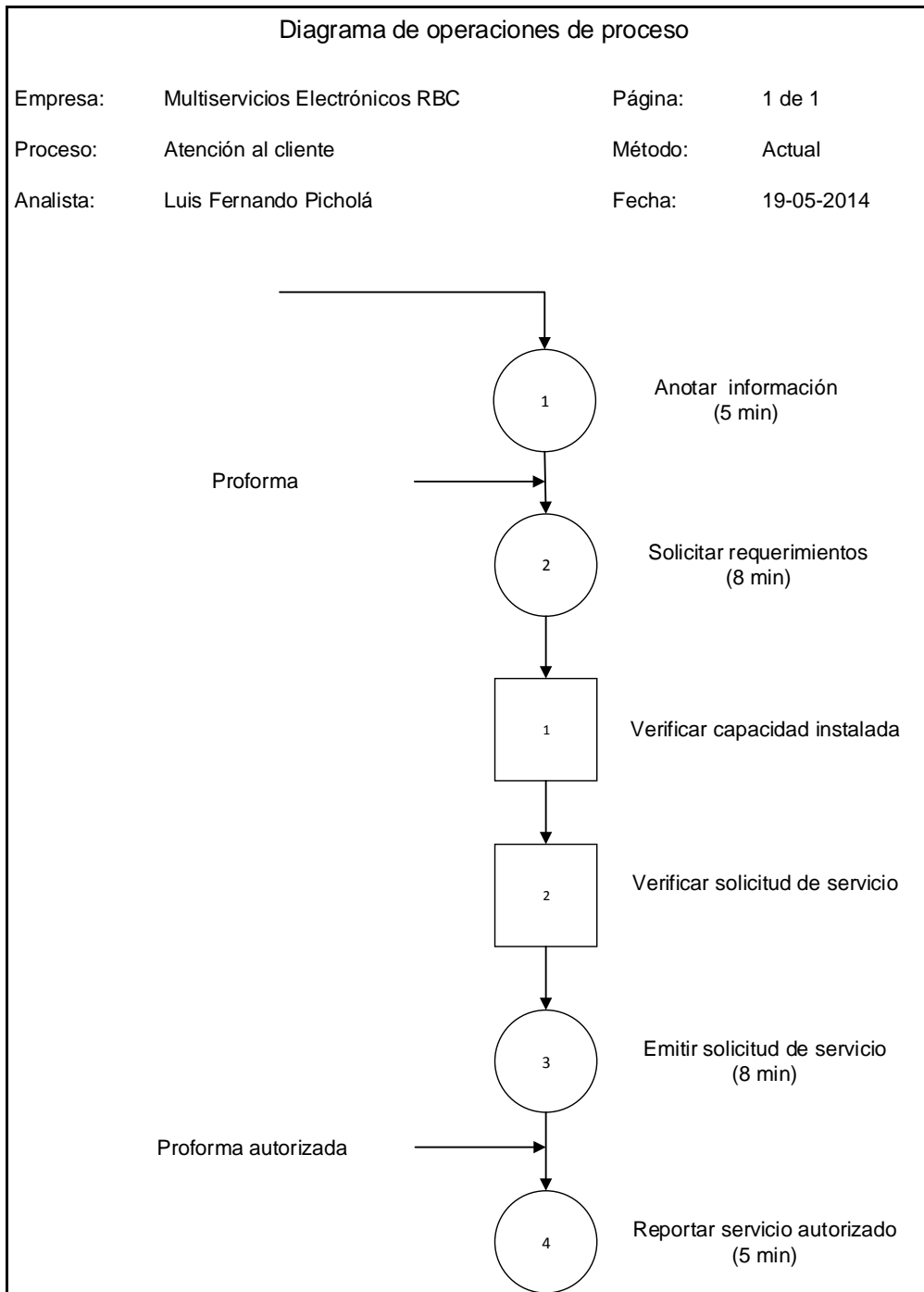
*Oficina: Manzana "A", Casa No. 10, Zona 4, Residenciales Valles de Sonora IV, Villa Nueva, Guatemala  
 Teléfono: 5849-7638 · 5209-6234 · Telefax: 6631-9224  
 E-mail: baldemarchun@itelgua.com*

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

- Solicitud de requerimientos: consiste en establecer, de forma clara y exacta, los servicios que requiere el cliente, lo cual permite establecer un presupuesto de forma óptima y evitar confusiones al realizar los servicios solicitados. Dicha información se hace constar en el registro de solicitud de servicio (ver figura 10).
- Verificación de capacidad instalada: se refiere al análisis que se efectúa luego de realizada la solicitud de servicio, y consiste en verificar y establecer que se poseen las herramientas y el equipo necesario para la ejecución del servicio.

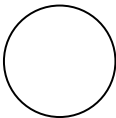
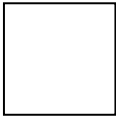


Figura 11. Diagrama de operaciones de atención al cliente



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla VIII. **Cuadro de resumen, atención al cliente**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	4	26
	Inspecciones	2	-----
	Total	6	26

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.2.1.2. Mantenimiento**

Actualmente no existe un registro que compruebe las operaciones realizadas en el proceso de mantenimiento, por lo tanto, no se considera parte de la confirmación metrológica. Sin embargo, este se ejecuta en acuerdo previo con los requisitos del cliente y puede realizarse dentro o fuera de sus instalaciones. Este tipo de proceso comprende las operaciones de inspección física, desmontaje equipo, diagnóstico, limpieza de partes mecánicas y electrónicas, lubricación de partes mecánicas, montaje de equipo, prueba de funcionamiento y ajustes de los parámetros.

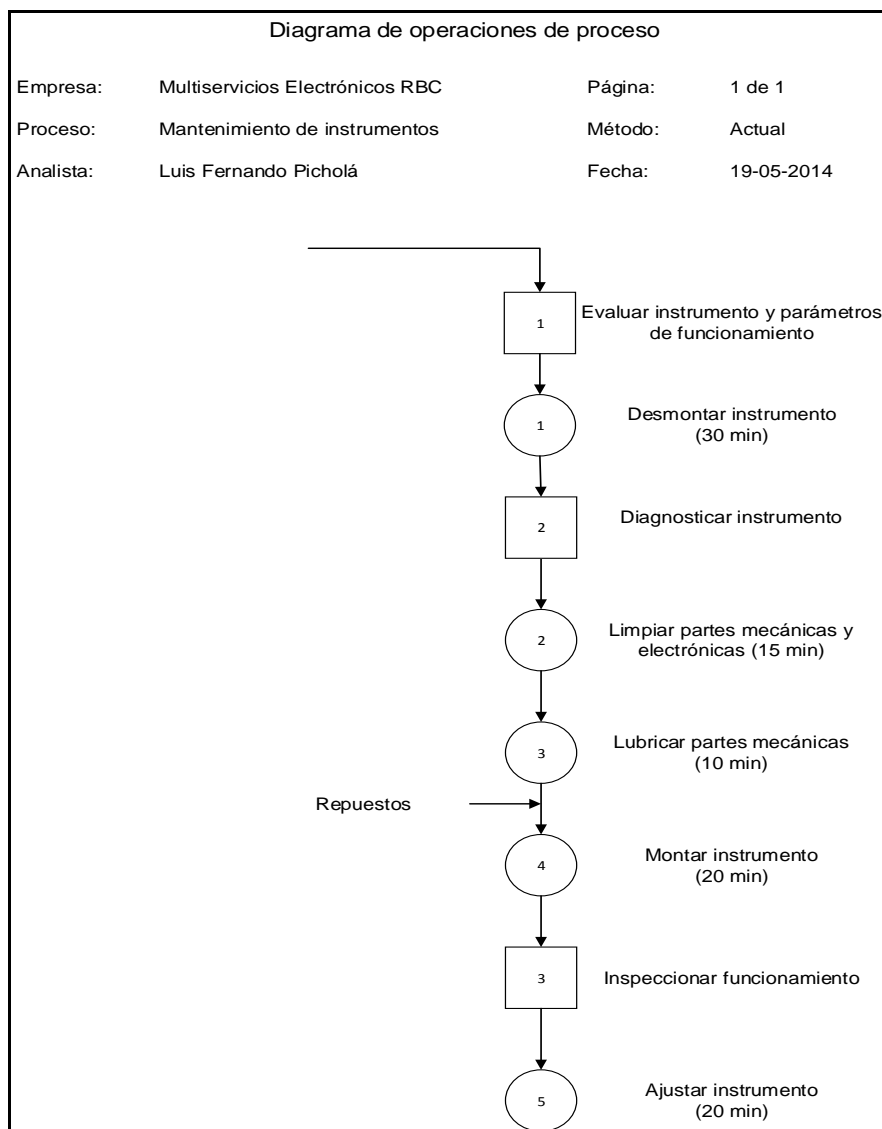
- Inspección física: permite establecer el estado del instrumento, evaluando visualmente las partes eléctricas, electrónicas y mecánicas. También, si el mantenimiento se realiza en las instalaciones del cliente, se evalúan los parámetros a los cuales el instrumento es sometido durante su funcionamiento, como instalaciones eléctricas, ambiente (humedad, corrosión y vibraciones) y emplazamiento.

- Desmontaje de equipo: consiste en desmontar y desarmar las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas, con el fin de evaluar de forma detallada dichas partes y establecer su funcionamiento o deterioro.
- Diagnóstico: proporciona el estado del instrumento y brinda, en detalle, las operaciones que deberán realizarse para su funcionamiento correcto, por lo tanto, especifica si deberá realizarse un mantenimiento preventivo o correctivo.
- Limpieza de partes mecánicas y electrónicas: consiste en eliminar todo tipo de impurezas que impidan funcionar de forma óptima las partes mecánicas y electrónicas, utilizando brochas, aire comprimido o solventes especiales.
- Lubricación de las partes mecánicas: realizada la limpieza, se procede a lubricar cada una de las partes mecánicas a las cuales se les puede realizar dicha operación. Este tipo de lubricación se realiza por medio de:
  - o Pastas: se utilizan en instrumentos de pesaje con capacidad mínima de 30 kg, en operaciones de montaje y lubricación de piezas sometidas a cargas y desplazamientos, así como en conexiones roscadas.
  - o Grasas y lubricantes en aerosol: utilizados en instrumentos de pesaje con capacidad máxima de 30 kg, en partes móviles, con el fin de evitar corrección y protección de las partes mecánicas.
- Montaje de equipo: una vez realizadas las operaciones de limpieza y lubricación, se procede a instalar los repuestos, ensamblar y montar el equipo en el emplazamiento donde funciona de forma habitual.



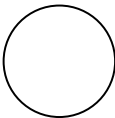
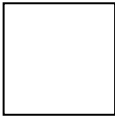
- Prueba de funcionamiento y ajustes: consiste en evaluar el correcto funcionamiento de los instrumentos acorde a sus tolerancias y, si fuera necesario, se procede a realizar ajustes que permitan cumplir con los requisitos establecidos por el cliente.

Figura 12. Diagrama de operaciones de mantenimiento de instrumentos



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla IX. **Cuadro de resumen de mantenimiento**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	5	95
	Inspecciones	3	-----
	Total	8	95

Fuente: elaboración propia.

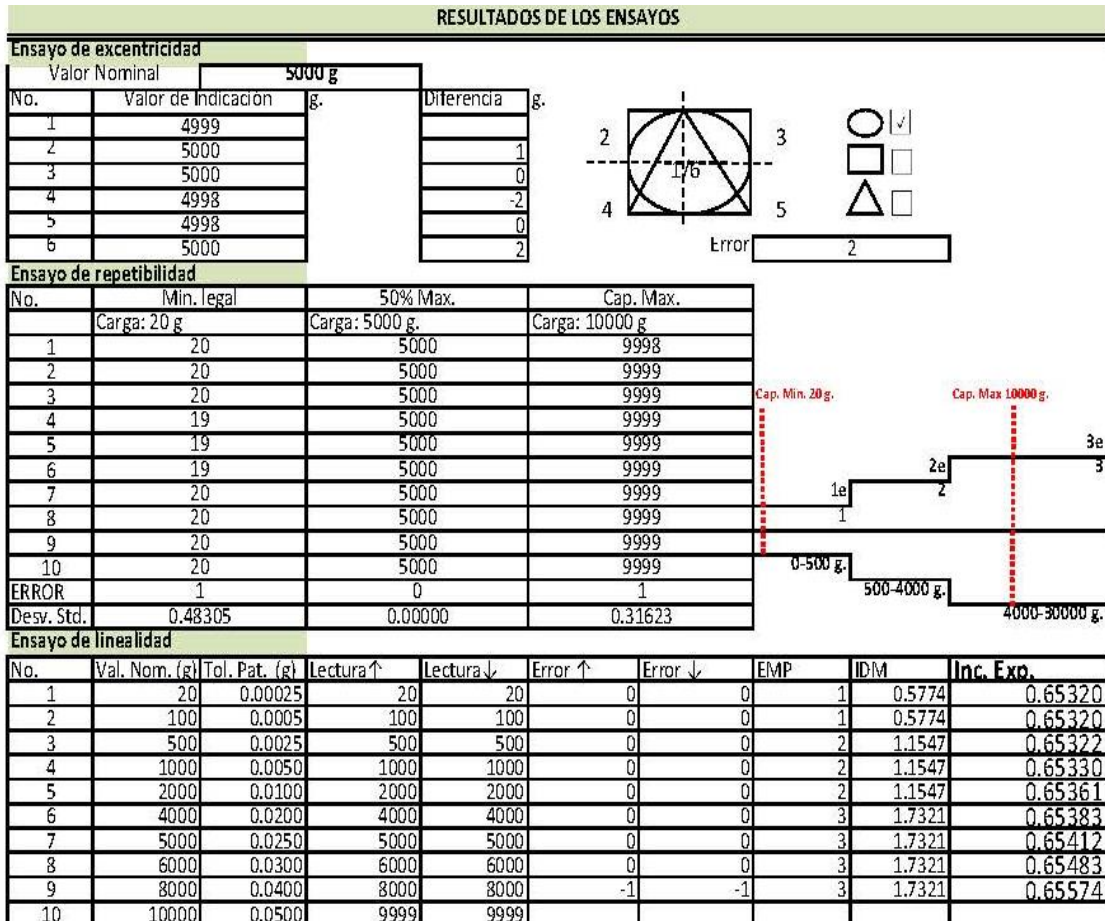
### 2.1.2.1.3. **Calibración**

La calibración de instrumentos de pesaje, actualmente es uno de los dos procesos formales que la empresa realiza como parte de la confirmación metrológica. Generalmente, se realiza a continuación del mantenimiento de los instrumentos y comprende las operaciones de clasificación del instrumento, determinación del alcance, selección de los patrones, ensayo de excentricidad, ensayo de repetibilidad, ensayo de linealidad y reporte de datos.

- Clasificación del instrumento: consiste en establecer y verificar el tipo de instrumento a calibrar, esto se realiza según lo establecido en el inciso 1.5.1, de acuerdo a lo anterior, pueden clasificarse en especial, fina, media y ordinaria.
- Determinación del alcance: para realizar un proceso adecuado de calibración, se establece la carga mínima, media y máxima del instrumento, en función de su clasificación, con el fin de evaluar los puntos críticos de medición y requeridos por el cliente.

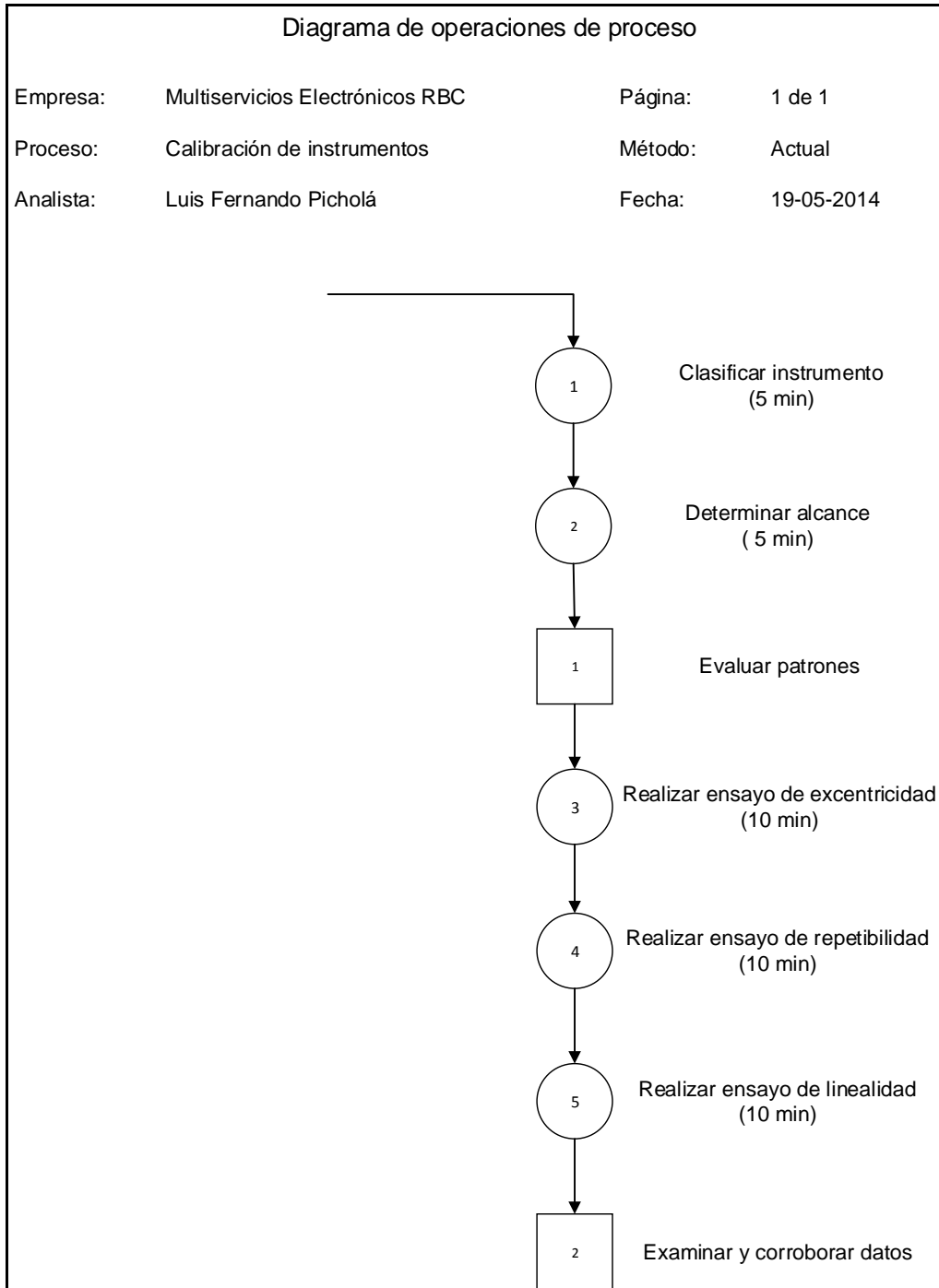
- Selección de patrones: consiste en evaluar el tipo de patrón a utilizar en función del instrumento, de acuerdo a la capacidad instalada de la empresa.
  - o Instrumento de clase especial, patrones E2
  - o Instrumento de clase fina, patrones F1
  - o Instrumento de clase media y ordinaria, patrones F2, M1 y M2
  
- Ensayo de excentricidad: consiste en realizar mediciones en el centro y en cada una de las esquinas de la plataforma del instrumento.
  
- Ensayo de repetibilidad: consiste en realizar diez mediciones en los puntos de medición correspondientes a la carga mínima, media y máxima.
  
- Ensayo de linealidad: consiste en realizar 10 mediciones a través del alcance del instrumento, desde la capacidad mínima hasta máxima.

Figura 13. Ensayos realizados en el proceso de calibración



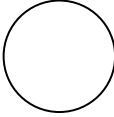
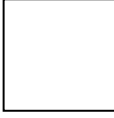
Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

Figura 14. Diagrama de operaciones de calibración de instrumentos



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla X. **Cuadro de resumen de calibración**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	5	40
	Inspecciones	2	-----
	Total	7	40

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.2.1.4. Verificación**

Este proceso actualmente no se realiza de manera sistemática, es decir, únicamente se analizan los datos derivados de los certificados de forma visual, sin dejar constancia documentada en cuanto al cumplimiento del instrumento con los requisitos metrológicos, por lo cual el ciclo de confirmación metrológica no se culmina de forma adecuada.

Este proceso determina si un instrumento cumple con los requisitos metrológicos derivados del proceso de medición al cual es sometido, estos requisitos generalmente son brindados por el cliente. Otra forma de verificar un instrumento es por medio de las tolerancias o errores máximos permitidos establecidos por el fabricante, o bien con base en normativas. Esto permite establecer si un instrumento necesita ser ajustado o reparado para que cumpla su función de manera óptima.

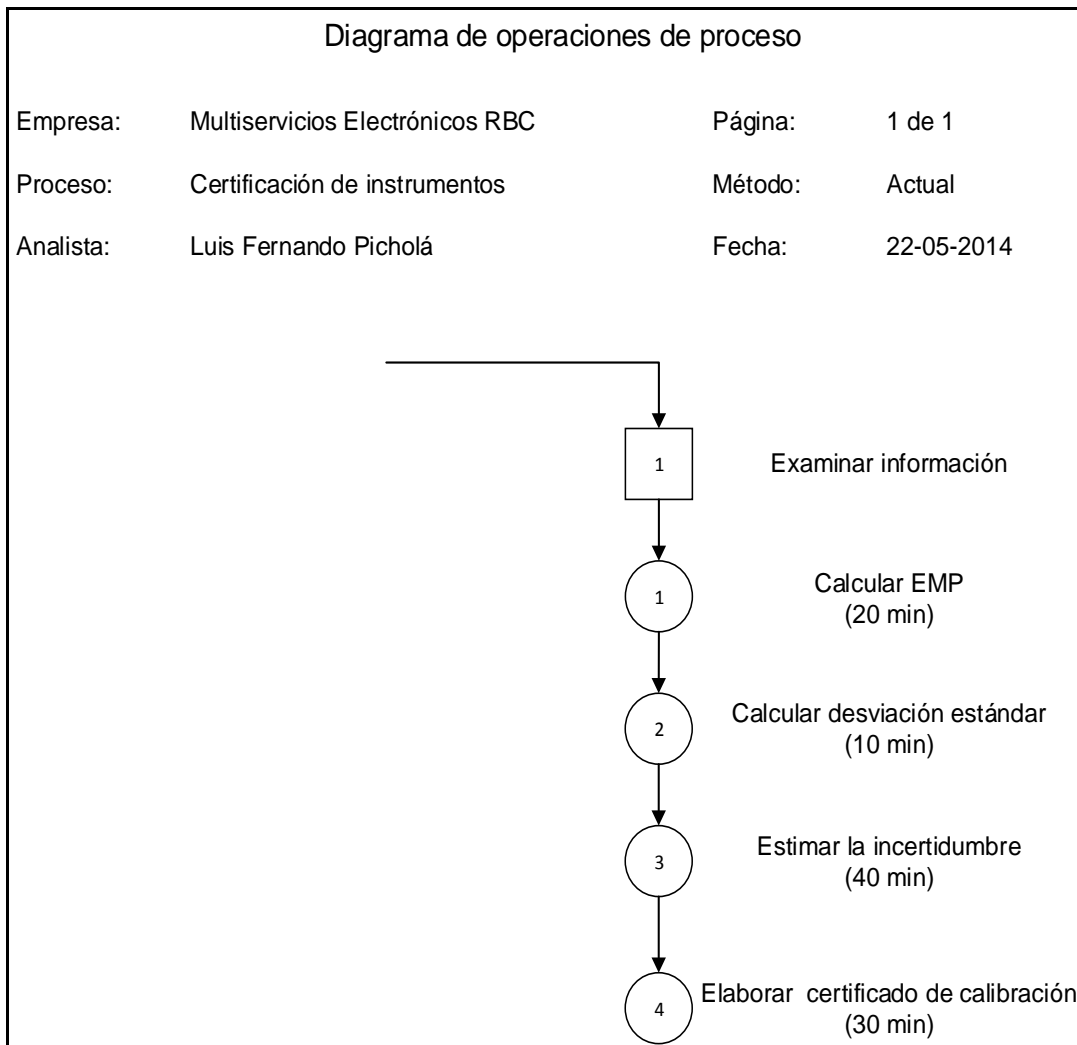
#### **2.1.2.1.5. Certificación**

El proceso de certificación se deriva de la calibración de instrumentos y se realiza siempre y cuando este servicio sea solicitado por el cliente. Es el segundo proceso que realiza actualmente la empresa como parte de la confirmación metrológica, comprende las operaciones de análisis de información, cálculo de los errores máximos permitidos, cálculo de la desviación estándar, estimación de la incertidumbre y elaboración de certificado de calibración.

- Análisis de información: consiste en revisar los datos obtenidos del proceso de calibración de forma visual, esta inspección permite asegurar que dichos datos estén completos y sean aptos para realizar el informe de calibración.
- Cálculo de errores de máximos permitidos: consiste en estimar los errores máximos permitidos para el instrumento calibrado y los patrones utilizados. En el caso del instrumento, se calculan de acuerdo a lo establecido en el numeral 1.5.4.1, y para los patrones actualmente se calcula con la tabla para errores máximos permitidos recomendada en el documento OIML R111:2004 (ver figura 42).
- Cálculo de la desviación estándar: para calcular este parámetro se utiliza una calculadora científica y los resultados se corroboran por medio de Excel.
- Estimación de la incertidumbre: consiste en realizar los cálculos establecidos en el numeral 1.5.4.2, por medio de una calculadora científica y corroborando los resultados por medio de Excel.

- Elaboración del certificado calibración: para elaborar el reporte de calibración se utiliza un plantilla, la cual es llenada manualmente, es decir, no existe una hoja de cálculo que facilite dicho trabajo.


Figura 15. **Diagrama de proceso para la certificación de instrumentos**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.



Tabla XI. **Cuadro de resumen de certificación**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	4	100
	Inspecciones	1	-----
	Total	5	100

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.2.1.6. Validación**

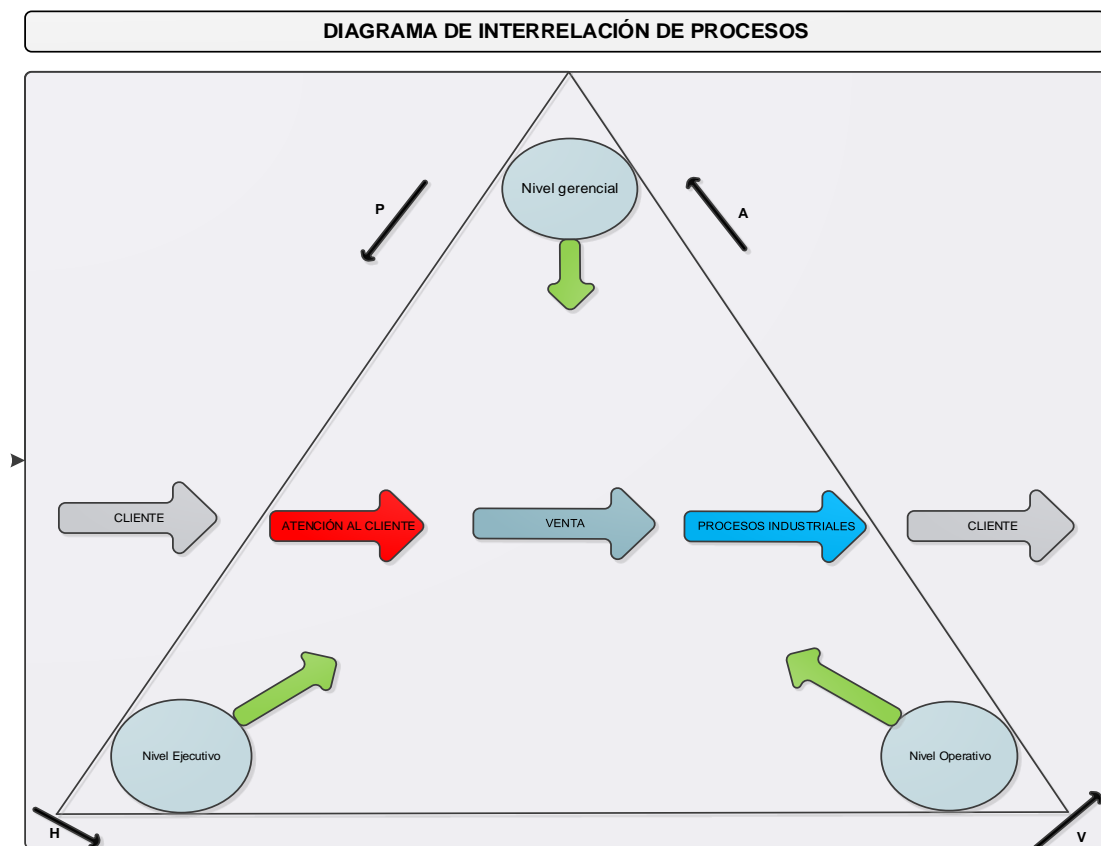
Actualmente esta actividad no se realiza de manera adecuada, no existe documentación que brinde orientación para realizar las operaciones que conlleven a realizar el proceso de validación. Por lo tanto, una de las mejoras a proponer será promover este proceso y crear los registros que hagan constar las operaciones, denominadas cualificación de instalación y cualificación de operación.

Es imprescindible la creación de dichos registros, que demuestren que todo instrumento es verificado y validado de acuerdo al trabajo al cual es sometido, según los parámetros establecidos, cumpliendo con las condiciones físicas y ambientales adecuadas, y también, que contemplen los requisitos propios de cada proceso industrial.

### 2.1.2.2. Diagrama de interrelación de procesos

El mapa o diagrama de interrelación de procesos hace referencia a las tareas realizadas en el proceso productivo, en este sentido, aplicado a los servicios brindados por la empresa. Muestra cómo se realiza actualmente la gestión, en función de la estructura y los principales servicios que los clientes requieren, utilizando los principios de un diagrama PHVA.

Figura 16. Interrelación de procesos, Multiservicios Electrónicos RBC



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### **2.1.2.3. Aseguramiento de la calidad**

Actualmente, la empresa utiliza diferentes herramientas para garantizar los servicios brindados en cuanto al cumplimiento de los requisitos de calidad, dentro de la cuales están:

- Uso de manuales y especificaciones por parte de los fabricantes.
- Aplicación de normas nacionales e internacionales, Coguanor NGO 4015:1999 e ISO 17025: 2005.
- Trazabilidad de patrones al sistema internacional de unidades por medio de la certificación de los mismos (ver anexo B).
- Intercomparaciones, para evaluar la capacidad del laboratorio de llevar a cabo calibraciones y hacer el seguimiento del desempeño continuo en comparación con otros laboratorios.

### **2.1.3. Enfoques básicos**

Actualmente, los trabajos realizados se enfocan en los procesos de calibración y certificación de instrumentos de pesaje y se complementan con las operaciones de mantenimiento (ver tabla XII), con el fin de proporcionar un servicio completo y que cumpla con los requisitos establecidos por los clientes.

La empresa realiza diferentes actividades derivadas de los procesos anteriores para que los instrumentos puedan mantenerse en condiciones óptimas, ya que de ellos dependen que los resultados de medición sean adecuados y se encuentren entre los estándares de calidad establecidos, ayudando de esta manera a la efectividad del trabajo.

Tabla XII. **Enfoques de las operaciones**

Proceso	Tareas	Evaluación	Actividades derivadas
Calibración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar tipo de instrumento.</li> <li>• Realizar ensayos de calibración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuera de los EMP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste</li> <li>• Reparación</li> </ul>
Certificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control estadístico.</li> <li>• Estimar incertidumbre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple con los EMP.</li> <li>• No cumple con EMP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de intervalo de calibración.</li> </ul>
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo preventivo.</li> <li>• Tipo correctivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple con los EMP.</li> <li>• No cumple con EMP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperación del equipo.</li> <li>• Desechar el equipo.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Propósito de la operación**

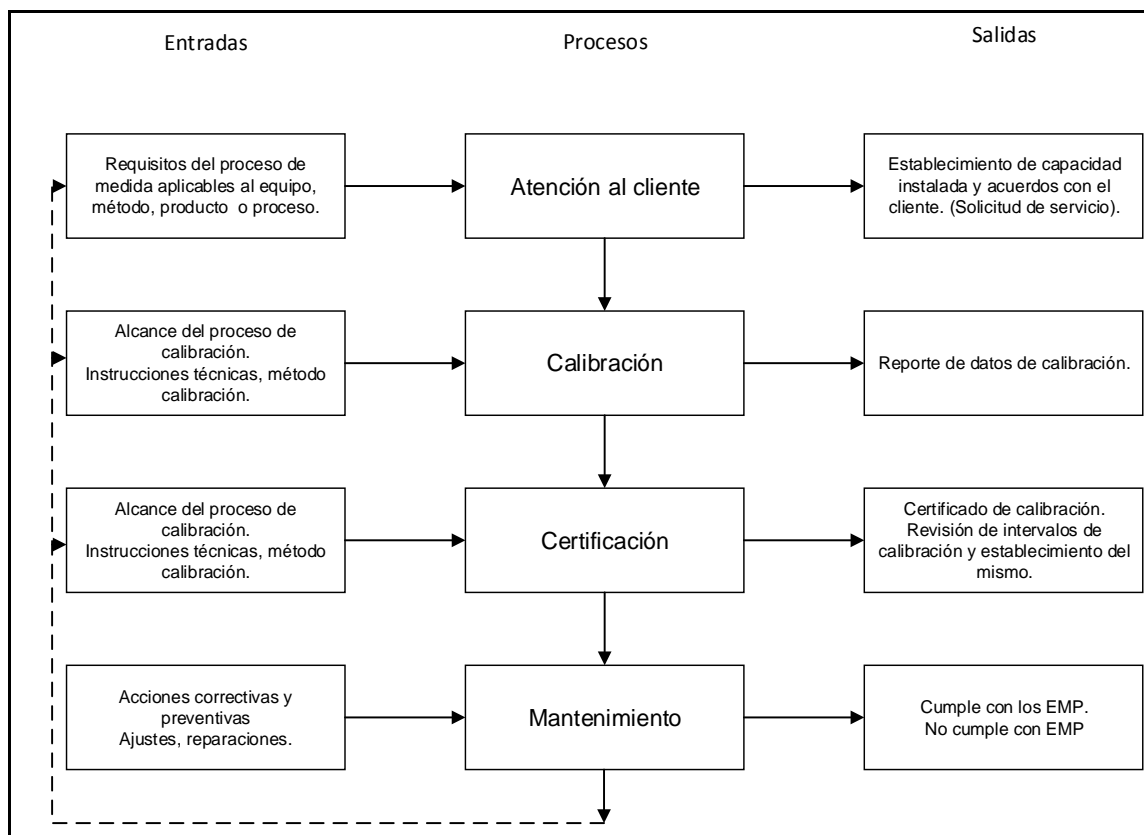
Las operaciones de atención al cliente, mantenimiento, calibración y certificación de instrumentos de pesaje están enfocadas con el propósito de cumplir con los siguientes lineamientos:

- Requerimientos que los clientes
- Requisitos metrológicos
- Fiabilidad y eficacia del sistema de medición
- Minimizar pérdidas en producción
- Régimen de auditorías a los cuales son sometidos

### 2.1.5. Secuencia de operaciones

Las operaciones realizadas actualmente en la empresa cumplen un orden secuencial, de tal manera que cada uno de los procesos brinde el beneficio de reducción de tiempo y maximización de utilidades. Los procesos, en orden secuencial, como parte de la confirmación metrológica de instrumentos de pesaje se presentan en la figura 17:

Figura 17. Secuencia de operaciones



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6. Equipos primarios y secundarios

Se refieren a todos los que se utilizan de forma directa o indirecta en el proceso de mantenimiento, calibración y certificación de instrumentos de pesaje. Actualmente el inventario de la empresa es el que se presenta en la tabla XIII:

Tabla XIII. Equipos primarios y secundarios principales

Equipo/patrones/ software	Fabricante/ modelo	Núm. de serie	Rango	Ubicación
Set Masas patrón F1	MC	02011506	200 mg a 5 kg	Bodega
Set Masas patrón F1	Villa Clara, Cuba	No especificado	200 mg a 500 g	Bodega
Masas patrón M1	No especificado	RBC1-RBC10	10 masas de 20 kg	Bodega
Masa patrón M2	Mettler Toledo	No especificado	10 kg	Bodega
Termo-higrómetro	Testo	RBC-EP 01	-10 a 60 °C 5 a 95 %	Metrología
Termo-higrómetro	Durotherm	RBC-EP 02	-10 a 50 °C 0 a 100 %	Metrología
Termo-higrómetro	Tomas Scientific	130489108	0 a 50 °C 20-90 % 24/12 horas	Portátil
Masa patrón de verificación interna	Kern	G1326354	-----	Metrología
Balanza de verificación interna	Mettler Toledo	RBC-ES 01	0,05-60 kg	Metrología
Portátil	Hp	RBC-ES 02	-----	Variable
PC de escritorio	Dell	RBC-ES 01	-----	Metrología

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 2.1.6.1. Equipos primarios

Los equipos primarios son aquellos que interfieren directamente en el proceso de mantenimiento, calibración y certificación de instrumentos. Las herramientas utilizadas en el proceso de mantenimiento y reparación de instrumentos de pesaje es la siguiente:

- Llaves 15-46 milímetros: se utilizan para aflojar tuercas grandes en instrumentos de tipo industrial.
- Llaves de copas: sirve para aflojar y apretar tornillos según el equipo a reparar.
- Alicates: en reparaciones del sistema eléctrico.
- Llave exagonal: sirven para ajustar tornillos de cabeza hexagonal interna.
- Cangrejo: estos se utilizan en medidas de 5 pulgadas y su función es ajustar tuercas cuando no existen llaves que se ajusten a dicho trabajo.
- *Bise grip*: se utiliza para sujetar piezas.
- Llave de tubo o *extilson*: se utiliza para ajustar piezas cilíndricas.
- *Triquet*: se usa para levantar la armadura de los instrumentos.
- Compresor de aire: se utiliza para limpiar componentes mecánicos y electrónicos, donde no es posible efectuarlo manualmente.

Los equipos utilizados en el proceso de calibración son:

- Masas patrón de trabajo
- Termómetro
- Higrómetro

Estos se describen en función de sus especificaciones en los siguientes numerales.

#### **2.1.6.1.1. Masas patrón**

La empresa cuenta con masas patrón E2, F1, M1 y M2, utilizadas como el elemento principal para la calibración de instrumentos de pesaje de diferentes industrias. El factor más importante para el uso de dichos patrones es demostrar su trazabilidad a través de su certificado de calibración:

- Set de masas E2: son utilizadas en procesos de medición generalmente de la industria farmacéutica, donde el control de los instrumentos es imperativo. En la empresa se usan para calibrar instrumentos de pesaje de clase de exactitud especial y fina, los cuales tienen una resolución generalmente que oscila entre 0,0001 y 0,001 g.
- Set de masas F1: son utilizadas para la calibración de instrumentos con una clase de exactitud fina, en la industria estos son denominados de precisión y tienen una resolución que oscila entre 0,001 y 0,01 g, con un alcance generalmente de hasta 30 kg.



- Masas M1 y M2: utilizadas en procesos de calibración de instrumentos de clase de exactitud media y ordinaria, denominadas básculas, y su rango de medición puede oscilar desde los 30 kg hasta varias toneladas, dependiendo de su aplicación. En la figura 18 se muestra un set de masas M1, utilizado para la calibración de un instrumento de pesaje con capacidad de 200 kg.

Figura 18. **Masas patrón M1**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

#### **2.1.6.1.2. Higrómetro**

Actualmente, para observar y dejar constancia de las condiciones ambientales del lugar donde se efectúa el proceso de calibración de instrumentos, se utiliza el higrómetro. El control de esta variable es de suma importancia debido a que podría influir significativamente en los resultados de medición, provocando errores derivados de la excesiva humedad que pudiera existir en el ambiente.

Estos equipos son verificados cada cierto tiempo, contra un higrómetro patrón en el área de metrología, sin embargo, no existe registro que demuestre la regularidad y acciones a seguir si están fuera de sus especificaciones.

#### **2.1.6.1.3. Termómetro**

De acuerdo a los requisitos establecidos por algunas industrias a las cuales se les brinda el servicio de calibración, la empresa debe dejar constancia de la temperatura que prevalece durante el proceso de calibración de instrumentos de pesaje, este procedimiento generalmente aplica a los instrumentos de clase de exactitud especial (I).

Actualmente no existe un registro para verificar las condiciones de trabajo de este tipo de equipos, generalmente se desechan al no brindar una indicación acorde a la experiencia de los encargados del proceso de calibración.

Figura 19. **Termohigrómetro, área de Metrología**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### **2.1.6.2. Equipo secundario**

Son los equipos que no se utilizan directamente en el proceso de mantenimiento y calibración, pero son indispensables para llevar un control del mismo. Actualmente la empresa utiliza los siguientes equipos:

- Masas patrón de verificación interna
- Comparador para verificación interna
- Equipos de cómputo

#### **2.1.6.2.1. Masa patrón de verificación**

Para tener un control interno que garantice que las masas de trabajo cumplan con las tolerancias para los trabajos de calibración, se tiene una masa patrón de referencia F1 con capacidad de 20 kg, con la cual se realiza un proceso de comparación y verificación interna para determinar si es necesario realizar ajustes a las mismas antes que se utilicen en los procesos de calibración, garantizando así el aseguramiento de los resultados de medición.

Actualmente, este proceso de verificación interna de masas de trabajo es únicamente aplicado a las masas M1, las cuales son las únicas que permiten realizar ajustes de acuerdo a las características de su construcción.

#### **2.1.6.2.2. Comparador para verificación de masas**

Para realizar el proceso de comparación y verificación interna de patrones de trabajo, la empresa utiliza una balanza de alta resolución.

Esta permite obtener resultados de medición con una alta resolución, estableciendo si una masa de trabajo necesita ser ajustada antes de utilizarla en los procesos de calibración y certificación de instrumentos de pesaje. Este proceso de verificación interna de masas también permite establecer la trazabilidad de las mismas.

#### **2.1.6.2.3. Equipo de cómputo**

Es utilizado para la realización de los cálculos y procesamiento de datos en la elaboración de los certificados de los instrumentos de pesaje.

Para proteger los datos generados en dichos certificados, las computadoras se encuentran debidamente protegidas con claves de acceso y pueden ser utilizadas únicamente por los responsables de cada equipo. Anualmente se planifica el mantenimiento de hardware y software de los mismos.

Figura 20. **Equipo primario y secundario**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 2.1.7. Servicio de mantenimiento y calibración de instrumentos de pesaje no automático

El servicio de mantenimiento y calibración es de los más importantes en la empresa, por lo tanto, se presenta la ficha actual de procesos, como complemento de los diagramas de operaciones respectivos presentados previamente, con el fin proponer mejoras, implementar nuevos métodos y procedimientos estandarizados que garanticen la operación correcta de los instrumentos de pesaje en las diferentes industrias.

Tabla XIV. Ficha de proceso actual

Procesos	Entradas	Recursos asociados	Actividades principales del proceso	Métodos de control	Salidas
<b>Mantenimiento</b>	Necesidad de mantenimiento. Verificación de funcionamiento. Ajustes y calibración de equipos.	Herramienta y equipo. Lubricantes y grasas. Responsable del proceso. Manuales técnicos. Software.	<pre> graph TD     A[Necesidad de mantenimiento] --&gt; B[Mantenimiento preventivo]     A --&gt; C[Mantenimiento correctivo]     B --&gt; D[Ajustar]     C --&gt; E[Reparar]     E --&gt; F[Ajustar]     D --&gt; G{Cumple/no cumple EMP}     F --&gt; G     G --&gt; H[Acciones correctivas]         </pre>	No existen en el proceso actual.	Equipo en óptimas condiciones. Cumple, no cumple con los EMP. Equipo ajustado.

Continuación de la tabla XIV

<p><b>Calibración</b></p>	<p>Agenda de calibración. Requisitos del proceso de medición. Requisitos del cliente. Alcance del proceso de calibración.</p>	<p>Equipos primarios y secundarios. Responsable del proceso. Métodos e instrucciones técnicas. Manuales técnicos.</p>	<pre> graph TD     A[Determinar el alcance de calibración] --&gt; B{Cumple alcance}     A --&gt; C{No cumple alcance}     B --&gt; D[Calibrar]     C --&gt; E[Nuevo alcance]     E --&gt; F{Sí}     E --&gt; G{No}     F --&gt; H[Calibrar]     G --&gt; I[Reporte y certificado de calibración]     D --&gt; I     H --&gt; I     I --&gt; J[Cumple/no cumple EMP]     J --&gt; K[Acciones correctivas]     </pre>	<p>Reporte de datos. Certificado de calibración.</p>	<p>Reporte de datos. Cumple, no cumple con los EMP.</p>
---------------------------	---	---	---	--	---

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.1. Estudio de tiempos y movimientos

Actualmente la empresa busca implementar el sistema de gestión de calidad con base en ISO 70125:2005, por lo tanto, con este estudio se pretende llevar a cabo las siguientes actividades:

- Comparar métodos de calibración
- Eliminar trabajos innecesarios
- Combinar operaciones actuales
- Establecer un tiempo estándar
- Facilitar la supervisión
- Ayudar a entrenar a nuevos trabajadores
- Reducir la fatiga del operador
- Manejar los patrones de forma adecuada

### 2.1.7.1.1. Preparación

La empresa realiza los servicios de mantenimiento y calibración a distintos tipos de instrumentos de pesaje en lo referente a la clase de exactitud. La operación que más realiza, derivada del proceso de mantenimiento, es la de calibración instrumentos de clase:

- Fina (II), menores a 30 kg
- Media (III), en un rango de 30 kg hasta 2500 kg

### 2.1.7.1.2. Selección de la operación

Las operaciones actuales, definidas anteriormente, para los instrumentos de pesaje, están conformadas por cuatro operaciones fundamentales, entre ellas están: atención al cliente, calibración, certificación y mantenimiento.

Figura 21. Selección de la operación



Fuente: elaboración propia.

Para efectos del estudio de tiempo se tomó la operación 2, calibración, como actividad piloto, debido a que esta es una de las más repetitivas e incide de manera significativa en la confirmación metrológica, la cual, independientemente del tipo de calibración, siempre se realiza de la misma manera y mismos equipos.



#### **2.1.7.1.3. Análisis de comprobación del método de trabajo**

Actualmente, en el área de metrología, para brindar los servicios de calibración a instrumentos de pesaje, se utilizan procedimientos estandarizados (RBC-PO-001 Procedimiento para calibración de instrumentos de pesaje no Automático, Revisión Núm. 3), que rigen este tipo de servicios, cumpliendo con los requisitos mínimos en cuanto a la capacidad instalada. Dichos procedimientos están basados en normativas mas no validados, una de las principales desventajas es la falta de personal que se necesita para llevar a cabo las actividades de control de calidad.

#### **2.1.7.1.4. Se establece una actitud ante el trabajador**

Para dar a conocer el objetivo y la forma de realizar el estudio de tiempos a los trabajadores, se establecieron los siguientes lineamientos:

- Crear un ambiente de confianza, el cual debe permitir realizar el proceso de calibración de la forma más natural posible.
- Brindar información, en ningún momento se ocultó ningún tipo de información obtenida del estudio.
- Ejecutar de forma imparcial, no se realizaron críticas, con el fin de que la actividad se ejecutara con el mejor empeño y así poder alcanzar los objetivos deseados.

Figura 22. Método de trabajo actual, por comparación directa

Versión: 3	Fecha: 2014-1-15	Código: RBC-PO- 001
<p><b>1. NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO</b> Calibración de Instrumentos de Medición</p> <p><b>2. RESPONSABLE</b> Jefe de Servicios</p> <p><b>3. OBJETIVO</b> Dar respuesta oportuna a las solicitudes de los usuarios y cumplir con los requerimientos del cliente</p> <p><b>4. RESULTADOS ESPERADOS</b> Clientes satisfechos</p> <p><b>5. LIMITES</b></p> <p><b>Punto Inicial:</b> Recibir las solicitudes de información acerca de los servicios del laboratorio de manera verbal o escrita.</p> <p><b>Punto Final:</b> Entregar los certificados de calibración.</p> <p><b>6. FORMATOS O IMPRESOS</b></p> <p>Formato de Cotización.</p> <p><b>7. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA</b></p>		
CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PESAJE		
No.	Actividad	Responsable
1	Recibir las solicitudes de información acerca de los servicios del laboratorio de manera verbal o escrita.	Administrativo
2	Responder las solicitudes de información acerca de los servicios por medio escrito.	Administrativo
5	Realizar la calibración.	Jefe de servicios o Técnico encargado
5.1	Ensayo de excentricidad: colocar una carga de 1/3 de la capacidad máxima del instrumento en 5 posiciones diferentes de la zona de pesaje, comenzando por el centro y terminando en el centro (6 mediciones).	Jefe de servicios o Técnico encargado
5.2	Ensayo de retibilidad: Realizar tres series de mediciones, capacidad mínima, al 50% y capacidad máxima. - Microbalanzas y balanzas analíticas, Clase I: 10 pesadas. - Balanzas de precisión menores a 1000 kg, Clase II: 10 pesadas. - Instrumentos de pesaje de Clase III: 3 pesadas.	Jefe de servicios o Técnico encargado
5.3	Ensayo de linealidad: Realizar 10 mediciones a lo largo del rango de medición del instrumento, tomando en cuenta los puntos de cambio de la curva telescópica.	Jefe de servicios o Técnico encargado
6	Entregar los certificados de calibración.	Administrativo
<b>Anexos</b>	El equipo y herramienta: Set de masas F1, masas patrón M1, higrómetro, termómetro, reloj y hojas de registro.	El equipo de seguridad: lentes, zapatos de punta de acero, bata de manga larga y guantes.
<b>Elaborado Por:</b>	<b>Revisado Por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Personal Proceso	Gestión de la Calidad	Jefe de Servicios

ORIGINAL  
2014-1-15

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 2.1.7.1.5. Ejecución

Para llevar a cabo el estudio de tiempos, se establecieron los siguientes criterios, con el fin de realizar los cálculos.

- Número de ciclos: de acuerdo al tiempo estimado (5 a 10 minutos) para cada elemento de la operación, el número de ciclos a utilizar es de 10, utilizando los valores recomendados por General Electric.

Figura 23. **Número de ciclos**

Tiempo de ciclo en min	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 208.

- Valoración del ritmo de trabajo: para realizar una valoración de forma equitativa, de acuerdo a las actividades en estudio y el operario (jefe de servicios), se utilizó el método de nivelación, considerando los aspectos de habilidad (C1:+0,06), esfuerzo (C2:+0,02), condiciones (C:+0,02) y consistencia (D: 0,00).

Figura 24. **Sistema Westinghouse para calificar**

HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.15	A1	+0.13	A1	+0.06	A - Ideales	+0.04	A - Perfecto
+0.13	A2 - Habilísimo	+0.12	A2 - Excesivo	+0.04	B - Excelentes	+0.03	B - Excelente
+0.11	B1	+0.10	B1	+0.02	C - Buenas	+0.01	C - Buena
+0.08	B2 - Excelente	+0.08	B2 - Excelente	0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
+0.06	C1	+0.05	C1	-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regular
+0.03	C2 - Bueno	+0.02	C2 - Bueno	-0.07	F - Malas	-0.04	F - Deficiente
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio				
-0.05	E1	-0.04	E1				
-0.10	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular				
-0.15	F1	-0.12	F1				
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente				

Fuente: NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial*. p. 359.

- Suplementos: se tienen en cuenta los asignables al trabajador y al método en estudio, siendo estos en función del método de valoración objetiva con estándares de fatiga hecha por especialistas, (ver anexo C).
  - o Trabajar de pie, factor aplicado 2
  - o Postura inclinada, factor aplicado 2
  - o Usar fuerza, para un peso de 20 kg, factor aplicado 9
  - o Concentración, factor aplicado 2

### 2.1.7.1.6. Registro de la información

El trabajo se realizó de forma planificada y acorde a los requerimientos de los clientes, la duración del estudio de tiempos fue de varios días acordados previamente. Para realizar los registros se utilizó:

- Hoja de registro (ver figura 25)
- Cronómetro

Figura 25. Hoja de registro

HOJA DE OBSERVACIONES PARA ESTUDIO DE TIEMPO															
Identificación de la operación											Fecha				
Hora inicial Hora final	Operador					Observador					Aprobado por				
Descripción del elemento	Ciclos										Resumen				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma T$	$\bar{T}$	$F_c$	$T_n$
1	T														
	L														
2	T														
	L														
3	T														
	L														
4	T														
	L														
5	T														
	L														
Tiempo normal						Tiempo estándar									

Fuente: JANANÍA, Camilo. *Manual de tiempos y movimientos*. p. 153.

### 2.1.7.1.7. Selección de elementos de las tareas

Para la selección de elementos en el proceso de calibración, se eligieron en relación con el operador y el tiempo:

- Elementos manuales, son todos los movimientos que realiza el operador en la ejecución de la operación, durante el proceso, en la obtención de los resultados de medición.
- Elementos variables, debido a que el proceso considera el peso variable durante la realización de las tareas.

Tabla XV. Elementos de la tarea

Identificación	Elementos
A	Prensayos
B	Estimación de parámetros ambientales iniciales
C	Ajustes iniciales
D	Ensayo de excentricidad
E	Ensayo de repetibilidad
F	Ensayo de linealidad
G	Verificación de puntos de medición no estimados en los ensayos
H	Estimación de parámetros ambientales finales

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.7.1.8. Cronometrización

Para determinar el tiempo normal al realizar las operaciones de calibración y establecer un estándar, de acuerdo a las estimaciones previamente realizadas referentes a la valoración del ritmo y suplementos, se estimó por medio de la cronometrización. Los datos se presentan a continuación:

Tabla XVI. **Tiempos cronometrados (minutos)**

Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Te (medio)
A	5,08	5,01	5,09	5,11	5,08	5,01	5,05	5,08	5,07	5,11	5,07
B	1,26	1,21	1,19	1,15	1,17	1,19	1,13	1,25	1,21	1,12	1,19
C	3,18	3,19	3,05	3,10	3,01	3,12	3,09	3,03	3,07	3,19	3,10
D	9,71	10,05	10,55	10,61	9,61	10,10	10,41	10,53	9,57	10,33	10,15
E	20,15	19,15	18,42	22,54	23,12	20,19	23,67	19,46	20,89	20,12	20,77
F	16,33	18,09	20,62	17,70	18,33	20,07	22,87	19,59	18,49	19,78	19,19
G	7,19	6,98	7,20	7,04	6,56	7,94	6,22	5,91	7,19	7,23	6,95
H	0,99	0,61	1,12	1,21	1,32	1,14	0,96	1,07	1,01	1,05	1,05

Fuente: elaboración propia.

Para estimar el tiempo normal se utilizaron los factores de valoración previamente evaluados, habilidad (C1:+0,06), esfuerzo (C2:+0,02), condiciones (C:+0,02) y consistencia (D: 0,00), por lo tanto:

$$\text{Factor de valoración total} = 1 \pm \Sigma \text{factor de valoración} = 1 + 0,10 = 1,10$$

$$\text{Tiempo normal (Tn)} = \text{Te} \times (\text{Valoración})$$

Tabla XVII. **Tiempo normal para un factor del 10 %**

Elemento	Te (medio)	Factor de val.	Tn
A	5,07	1,10	5,58
B	1,19	1,10	1,31
C	3,10	1,10	3,41
D	10,15	1,10	11,17
E	20,77	1,10	22,85
F	19,19	1,10	21,11
G	6,95	1,10	7,65
H	1,05	1,10	1,16

Fuente: elaboración propia.

El tiempo estándar estimado para el estudio, acorde a los suplementos considerados, trabajar de pie (2), postura inclinada (2), usar fuerza (9), y concentración (2), se calculó de la siguiente manera y los resultados se resumen en la tabla XVIII.

$$T_t = t_n \times (1 + \text{suplementos}) = t_n \times (1 + 0,15) = t_n \times (1,15)$$

Tabla XVIII. **Resumen del estudio de tiempos**

Actividad	Tiempo (minutos)		
	Tn	Tolerancia	Tt
Preensayos	5,58	1,15	6,42
Estimación de parámetros ambientales iniciales	1,31	1,15	1,51
Ajustes iniciales	3,41	1,15	3,92
Ensayo de excentricidad	11,17	1,15	12,85
Ensayo de repetibilidad	22,85	1,15	26,28
Ensayo de linealidad	21,11	1,15	24,28
Verificación de puntos de medición no estimados en los ensayos	7,65	1,15	8,80
Estimación de parámetros ambientales finales	1,16	1,15	1,33
Tiempo total			85,38

Fuente: elaboración propia.



## **2.1.8. Evaluación**

Actualmente, la evaluación de la empresa, o de un servicio en específico, se realiza por medio de objetivos documentados y revisados trimestralmente, con el fin de obtener parámetros en cuanto a la eficiencia en procesos, métodos y la satisfacción del cliente, para luego establecer un ciclo de mejora continua. La figura 26, brinda un ejemplo para evaluar la satisfacción del cliente.


### **2.1.8.1. Competencias del recurso humano**

De acuerdo al rubro de la empresa y a los servicios brindados, un factor importante para cumplir con los requisitos del cliente y de las normativas es demostrar la competencia técnica de las personas encargadas de realizar el proceso de calibración de instrumentos.

Actualmente, las competencias no están claramente definidas para los diferentes puestos de la estructura organizacional, sin embargo, existen requisitos mínimos en el área Técnica con base en la experiencia, habilidad y formación, estos son:

- Indispensable que sepa manejar equipo y herramienta industrial
- Conocer términos técnicos en el área de metrología
- Debe ser ordenado y enfocado a resultados
- Debe seguir procedimientos
- Conocer las normativas de calidad, metrología y seguridad

Figura 26. Evaluación de la satisfacción del servicio

<b>Código:</b> A03-RBCMC-01	<b>Nombre:</b> Satisfacción del Cliente	
--------------------------------	--	---


Objetivo 1	Cumplir con el servicio ofrecido en calidad y tiempo de entrega, que logre la satisfacción del cliente.
Origen:	El cumplimiento en plazo y requisitos de lo acordado con el cliente en la cotización de servicios. Así es necesario controlar el número y el tipo de incidencias y reclamos que se producen para poder actuar de acuerdo a éstas.
Detección:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proformas</li> <li>• Registros de recepción de equipos y entrega de documentos y equipos.</li> <li>• Ordenes de servicio.</li> <li>• Comunicación con el cliente.</li> </ul>
Causas:	Diferentes tipos.
Acciones:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir con los procedimientos del Sistema de Gestión de Calidad.</li> <li>• Seguimiento y supervisión a través de la gestión del reclamo.</li> <li>• Solucionar inmediatamente los reclamos puntuales de los clientes.</li> <li>• Abrir acciones de mejora.</li> </ul>
Recursos:	Personal responsable de la acción y realizar la documentación necesaria.
Indicador:	Numero de entregas en plazo sin reclamos entre el número de entregas totales por 100. Resultado óptimo 100%, mínimo aceptable de 80% a 85%, satisfactorio de 85.1% a 99.9%, fuera de rango menor a 80%.
Fuente:	Servicios brindados.
Frecuencia de revisión:	Trimestral
Plazo:	Anual
Responsable de ejecución:	Gestor de calidad/ Encargado de documentación.
Responsable de seguimiento:	Gestor de calidad/ Gerente General.
Seguimiento:	Revisiones por la dirección.

### 2.1.8.2. Planificación del personal

El personal permanente tiene un puesto dentro de la organización y de acuerdo a él realiza las actividades diariamente. La planificación de personal se utiliza generalmente para el laboratorio de metrología, quien es el encargado de acordar fechas y planificar con los clientes los servicios de mantenimiento y calibración, con el fin de brindar un servicio que no afecte los procesos de producción en los cuales se utilizan los instrumentos.

Actualmente, se utiliza el formato de la figura 27, para planificar las actividades de calibración.

Figura 27. Planificación semanal

Código: R03-RBCPR-02	Nombre: Programación Semanal	
-------------------------	---------------------------------	---

Fecha	Cliente	Actividad	RESPONSABLE	Hora	Ubicación	Realizado	
						S	No

Semana: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### **2.1.8.3. Tecnología y equipo**

Un factor importante es contar con el equipo adecuado y actualizado que permita garantizar los resultados de medición en los diferentes procesos industriales. Actualmente en la empresa es necesario establecer controles y registros que permitan demostrar que los equipos utilizados en el proceso de calibración de instrumentos de pesaje cumplen con características metrológicas, por lo tanto, se deberá crear una base de datos con los certificados de los equipos que intervengan en el proceso de calibración, garantizando así la trazabilidad de las mediciones.

De acuerdo a lo anterior, es indispensable el uso correcto del software que permita crear programas para minimizar el tiempo y los errores al efectuar los cálculos derivados de la calibración de instrumentos, obteniendo así una ventaja competitiva al entregar en menor tiempo los resultados a los clientes. En este ámbito, se propondrán mejoras que permitan utilizar de manera óptima el equipo tecnológico actual y garantice los resultados de medición.

### **2.1.8.4. Aspectos de normalización**

La normalización de metodologías es un aspecto importante en los laboratorios que brindan servicios de calibración de instrumentos. Los procedimientos utilizados deben estar referenciados a normas nacionales o internacionales, en la medida de lo posible, ya que esto garantiza que se utilizan métodos validados.

Para laboratorios de metrología, enfocados en la calibración de instrumentos de pesaje, las normas mínimas aplicables a tomar en cuenta, son las siguientes:

- Norma Coguanor NGO 4015, Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos – Ensayos.
- Norma Coguanor NTG ISO-IEC 17 025-2005, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- Norma Coguanor NTG-ISO 10012, Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.



### **3. PROPUESTA PARA LA VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE PESAJE**

De acuerdo al análisis previo realizado y en función de la estructura de la empresa que incide directamente en el proceso de confirmación metrológica, se procede a definir y establecer los parámetros necesarios para realizar mejoras que beneficien este servicio, con el fin de realizar una selección adecuada del personal, de la capacidad instalada y de los métodos a utilizar. De esta manera, se propone una adecuada planificación de operaciones y el cumplimiento de los requisitos metrológicos de los procesos de medición.

La propuesta está orientada a lograr operaciones con mayor fluidez, orden y veracidad, pretendiendo maximizar el tiempo y garantizar el cumplimiento de los servicios de acuerdo al uso de métodos estandarizados. En la actualidad, la empresa brinda un servicio que contempla por separado los procedimientos de mantenimiento, calibración y certificación, dado que son actividades que los clientes requieren regularmente. Sin embargo, es necesario realizar mejoras para cumplir con las normativas aplicables, los requisitos de los clientes y los requisitos derivados de los procesos de medición.

La propuesta consistirá en:

- Crear nuevos procesos que complementen los existentes, elaborando así un sistema que permita la validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje.

- Lograr el aseguramiento de los resultados de medición, por medio de métodos estadísticos y de control.
- Definir una estructura organizacional acorde a los recursos de la empresa y que permita su óptimo funcionamiento.
- Establecer procedimientos y métodos técnicos y administrativos, que brinden directrices para la implementación del sistema de gestión con base en ISO 17025:2005.
- Crear controles, registros y planes que orienten los procesos propuestos, de manera que existan indicadores y estos puedan estar documentados con el fin de ser verificados en periodos establecidos.
- Adquirir equipo y herramientas adecuadas para los diferentes instrumentos a los cuales se les brinda servicio.
- Crear políticas de subcontratación de personal y capacidad instalada para brindar un servicio más amplio a las diferentes industrias.

En función de los estudios realizados a los procesos relacionados con el servicio de validación y confirmación metrológica de instrumentos, las mejoras a implementar derivan de los siguientes aspectos fundamentales:

- Requerimientos de los clientes.
- Requerimientos metrológicos de los instrumentos y los procesos industriales de medición.

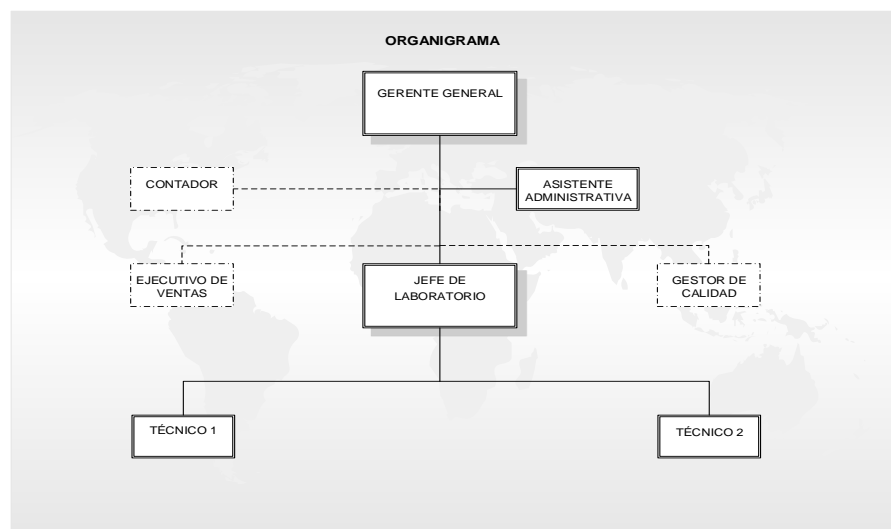


- Requerimientos establecidos por normativas, para la estandarización de operaciones.
- Cumplir con el ciclo de mejora continua.

### 3.1. Organigrama propuesto

La estructura organizacional propuesta se describe por medio del organigrama en la figura 28. Se estableció de acuerdo a los principios de organización de tipo vertical y funcional, lo cual permite distribuir a los puestos clave en función de sus áreas de experiencia y los recursos para desempeñar su roles. Las líneas punteadas serán puestos subcontratados, ya que esto permite disminuir gastos administrativos, y es factible de acuerdo a las actividades que se realizan en estos puestos. Es una solución viable y aplicable, mientras la empresa crece y pueda establecerlos como puestos fijos.

Figura 28. Organigrama propuesto



Fuente: elaboración propia.

A continuación se identifican los puestos en los diferentes niveles jerárquicos, definiendo claramente la naturaleza del puesto, sus atribuciones y prioridades dentro del cargo desempeñado.

Tabla XIX. **Perfil del puesto de gerente general**

Denominación del puesto: gerente general	
•	<b>Identificación:</b>
○	Nivel organizacional: nivel gerencial.
○	Puesto funcional: gerente general.
○	Jefe inmediato superior: no aplica.
•	<b>Descripción:</b>
○	Naturaleza del puesto: el gerente general es el representante legal ante las autoridades de toda índole, ejecutor y encargado de planear, organizar, integrar, dirigir y controlar los programas en los diferentes niveles de la organización, su autoridad abarca todos los campos propios que afecten directamente el funcionamiento de la empresa. Debe fomentar y manifestar una actitud crítica, reflexiva, dinámica e interesada por el cumplimiento de los programas, orientar y promover una cultura de mejora continua. Velar por el cumplimiento de las funciones del nivel ejecutivo, operativo y el oportuno aprovisionamiento de los recursos necesarios para el efecto, establecer canales de comunicación efectivos para el óptimo desempeño de las actividades. Generar e identificar acciones que permitan el mejoramiento de los servicios que brinda la empresa.
○	<b>Atribuciones:</b>
▪	<b>Planificación:</b>
✓	Establecer y programar las actividades para la correcta ejecución de proyectos dentro de la empresa.
✓	Gestionar y asignar los recursos necesarios para asegurar la calidad de las actividades de calibración de instrumentos de pesaje (humanos, técnicos y financieros).
✓	Preparar el programa de revisiones por la dirección e informes.
▪	<b>Organización:</b>
✓	Crear y designar puestos técnico-administrativos dentro de la organización.
▪	<b>Integración:</b>
✓	Selección y contratación del personal.
✓	Selección y aprovisionamiento de recursos.
▪	<b>Dirección:</b>
✓	Convocar y presidir las reuniones para el establecimiento de los diferentes programas.
✓	Elaboración y comunicación de los objetivos de la empresa.
▪	<b>Control:</b>
✓	Establecer, medir y corregir el desempeño de cada uno de los niveles organizacionales.
○	<b>Relaciones de trabajo</b>
▪	Mantener activas las relaciones con los clientes internos y externos, para el continuo progreso organizacional y cumplimiento de los objetivos.

Continuación de la tabla XIX.

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Responsabilidad           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por el cumplimiento de los programas y objetivos organizacionales.</li> <li>▪ Velar por el correcto aprovisionamiento de recursos para el cumplimiento de los objetivos establecidos.</li> <li>▪ Evaluar el desempeño de los diferentes niveles organizacionales.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones del puesto           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estar en el goce de sus derechos civiles.</li> <li>○ Cinco años de experiencia.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias indispensables (criterios conductuales)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Adaptabilidad</li> <li>○ Asertividad</li> <li>○ Autoconfianza</li> <li>○ Autocontrol</li> <li>○ Autodisciplina</li> <li>○ Capacidad de análisis</li> <li>○ Capacidad de evaluación</li> <li>○ Capacidad de coordinación</li> <li>○ Construcción de relaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Delegación y empoderamiento</li> <li>○ Destreza comunicativa</li> <li>○ Dirección de personas</li> <li>○ Gestión de información</li> <li>○ Gestión de recursos</li> <li>○ Organización del trabajo</li> <li>○ Orientación al logro</li> <li>○ Planificación y organización</li> <li>○ Pensamiento estratégico</li> </ul>
OBSERVACIONES:	
Firma: Fecha: _/ _/ _	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Perfil del puesto de asistente administrativa**

Denominación del puesto: asistente administrativa	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación:           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nivel organizacional: nivel ejecutivo.</li> <li>○ Puesto funcional: asistente administrativa.</li> <li>○ Jefe inmediato superior: gerente general.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción:           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Naturaleza del puesto: es nombrada y destituida por el gerente general. Se identifica con los valores y filosofía de la institución. Es la persona encargada de velar por el cumplimiento de los registros y controles de tipo administrativo tanto a nivel interno como externo, lo mismo que del mantenimiento y organización de los archivos correspondientes, con ética profesional y de acuerdo con los criterios de la institución. Capaz de realizar órdenes de servicio, elaborar la correspondencia, dinámica, con gran capacidad de escucha y de relaciones interpersonales. Amable, diligente y muy prudente con la información que maneja. Encargada de recibir y transmitir la información recibida, de manera personal, a los diferentes miembros de la institución, manteniendo buenas relaciones y comunicación con todas las personas.</li> </ul> </li> </ul>	

Continuación de la tabla XX.

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Atribuciones:           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planificación:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fijar las reuniones trimestrales, acorde a la disponibilidad de los integrantes de la institución.</li> <li>✓ Preparar el programa informes trimestrales.</li> </ul> </li> <li>▪ Organización:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Brindar los programas de actividades para la correcta ejecución de proyectos dentro de la empresa.</li> <li>✓ Designar el personal para realizar las actividades técnicas y administrativas.</li> </ul> </li> <li>▪ Integración:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aprovisionamiento de recursos consumibles.</li> <li>✓ Apoyar el proceso de compras, elaborar documentos de cotización y licitaciones.</li> </ul> </li> <li>▪ Dirección:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaboración y comunicación de las metas obtenidas en el trimestre.</li> </ul> </li> <li>▪ Control:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer métodos de archivo para las diferentes actividades desarrolladas por la institución.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relaciones de trabajo           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantener activas las relaciones con los clientes internos y externos, para la efectiva comunicación y cumplimiento de los requerimientos de los clientes.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Responsabilidad           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por el cumplimiento de actividades programadas.</li> <li>▪ Velar por el correcto manejo de la papelería derivada de los servicios brindados.</li> <li>▪ Comunicar de forma oportuna los compromisos adquiridos, para la realización de los servicios.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones del puesto</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estar en el goce de sus derechos civiles.</li> <li>○ Dos años de experiencia.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias indispensables (criterios conductuales)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Acatamiento de valores</li> <li>○ Asertividad</li> <li>○ Capacidad de coordinación</li> <li>○ Colaboración</li> <li>○ Compromiso con la organización</li> <li>○ Comunicación escrita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Construcción de relaciones</li> <li>○ Destreza comunicativa</li> <li>○ Gestión de información</li> <li>○ Organización del trabajo</li> <li>○ Orientación al servicio</li> <li>○ Trabajo en equipo</li> </ul>
OBSERVACIONES:	Firma: _____ Fecha: __/__/__

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Perfil del puesto de jefe de Laboratorio

Denominación del puesto: jefe de Laboratorio	
•	Identificación:
○	Nivel organizacional: nivel ejecutivo.
○	Puesto funcional: jefe de Laboratorio.
○	Jefe inmediato superior: gerente general.
•	Descripción:
○	Naturaleza del puesto: es el encargado de organizar, dirigir, integrar y supervisar los diferentes servicios que brinda la empresa, velar por el cumplimiento de los requisitos en los procesos metrológicos industriales para los instrumentos a los cuales se les brinda los servicios de mantenimiento, calibración y certificación. Competente en la supervisión de actividades que realiza el personal operativo, con el fin de garantizar la satisfacción del cliente en el quehacer diario. Comprometido con los objetivos de la institución al autorizar el personal competente para llevar a cabo las actividades de calibración, establece métodos y procedimientos para mejorar los servicios, establece y brinda los programas de capacitación al personal técnico, vela por el óptimo funcionamiento del equipo y herramientas a su disposición, mantiene inventarios actualizados de repuestos y equipos de acuerdo a los presupuestos establecidos, y es quien decide los servicios a brindar acorde a la capacidad instalada de la institución.
○	Atribuciones:
▪	Planificación:
✓	Establecer los programas de capacitación en el área técnica.
✓	Gestionar y asignar los recursos necesarios para asegurar la calidad de los servicios (humanos y técnicos).
✓	Establecer y validar nuevos y mejores métodos y procedimientos técnicos.
▪	Organización:
✓	Designar y autorizar al personal encargado de llevar a cabo los servicios.
✓	Asesorar y brindar soporte a los clientes de las marcas representadas
▪	Integración:
✓	Selección del personal para los diferentes servicios industriales.
✓	Selección y aprovisionamiento de recursos.
▪	Dirección:
✓	Convocar y presidir las reuniones para el establecimiento de metodologías y procedimientos técnicos.
✓	Elaboración y comunicación de los objetivos del área técnica.
▪	Control:
✓	Establecer, medir y corregir el desempeño de cada uno de los integrantes del área técnica.
✓	Identificar la necesidad de compra de nuevos equipos.
○	Relaciones de trabajo
▪	Mantener activas las relaciones con los clientes internos y externos, para el cumplimiento de servicios metrológicos industriales
○	Responsabilidad
▪	Velar por la elaboración registros técnicos derivados de las actividades de calibración de los instrumentos de pesaje en sitio.
▪	Autorizar a los técnicos para efectuar las diversas actividades de calibración.
•	Especificaciones del puesto
○	Estar en el goce de sus derechos civiles.
○	Cinco años de experiencia.

Continuación de la tabla XXI.

• Competencias indispensables (criterios conductuales)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Atención al detalle</li> <li>○ Auto supervisión</li> <li>○ Capacidad de asesorar</li> <li>○ Capacidad de coordinación</li> <li>○ Capacidad inductiva</li> <li>○ Compromiso con la organización</li> <li>○ Cumplimiento de normas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Construcción de relaciones</li> <li>○ Delegación y empoderamiento</li> <li>○ Dirección de personas</li> <li>○ Organización del trabajo</li> <li>○ Orientación al logro</li> <li>○ Orientación al servicio</li> <li>○ Planificación y organización</li> </ul>
OBSERVACIONES:	Firma: Fecha: __/__/__

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Perfil del puesto de gestor de calidad**

Denominación del puesto: gestor de calidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nivel organizacional: nivel ejecutivo.</li> <li>○ Puesto funcional: gestor de calidad.</li> <li>○ Jefe inmediato superior: gerente general.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Naturaleza del puesto: es nombrado y destituido por el gerente general. Es un directivo responsable, su principal objetivo es establecer el proceso de implantación y mantenimiento del sistema de calidad en acuerdo a la filosofía y objetivos institucionales. Se caracterizan por ser líder, autónomo, organizado, coherente en la planeación, organización y aplicación de las actividades y métodos. Con grandes capacidades mediadoras y comunicativas que posibilitan el diálogo y el trabajo en equipo con agentes internos y externos. Está en constante formación académica y propicia los espacios para la actualización y formación de los integrantes que se encuentran bajo su coordinación.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Atribuciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer y programar las actividades para la correcta implantación y mantenimiento de sistema de calidad.</li> <li>✓ Establecer el programa de auditorías con arreglo a un calendario previo y a las indicaciones de la dirección del laboratorio.</li> </ul> </li> <li>▪ Organización: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Designar y autorizar al personal, en el caso de auditores internos.</li> <li>✓ Designar al equipo integrante del sistema de calidad.</li> </ul> </li> <li>▪ Integración: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Intervenir en el establecimiento de la política y los objetivos de la calidad, además en la identificación y asignación de los recursos requeridos en cada caso.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

Continuación de la tabla XXII.

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dirección: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Convocar y presidir las reuniones para el establecimiento de los diferentes programas pertenecientes al sistema de gestión de la calidad.</li> <li>✓ Elaboración y comunicación de los objetivos de calidad.</li> <li>✓ Realizar las convocatorias de capacitación para las fechas establecidas.</li> </ul> </li> <li>▪ Control: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Controlar, coordinar, revisar y autorizar los documentos del sistema de calidad, mediante su firma y fecha de vigencia.</li> <li>✓ Generar acciones que surjan de los hallazgos de auditorías y verificar su ejecución.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relaciones de trabajo <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantener activas las relaciones con los clientes internos y externos, para el ciclo de mejora continua, enfocado al sistema de gestión de la calidad.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Responsabilidad <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por el cumplimiento de los programas y objetivos de calidad.</li> <li>▪ Elaborar los informes derivados en las auditorías y revisiones por la dirección.</li> <li>▪ Evaluar el desempeño de los diferentes integrantes del sistema de calidad.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones del puesto <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estar en el goce de sus derechos civiles.</li> <li>○ Tres años de experiencia.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias indispensables (criterios conductuales)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Adaptabilidad</li> <li>○ Asertividad</li> <li>○ Capacidad de análisis</li> <li>○ Capacidad de coordinación</li> <li>○ Capacidad inductiva</li> <li>○ Compromiso con la organización</li> <li>○ Cumplimiento de normas</li> <li>○ Credibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Destreza comunicativa</li> <li>○ Dirección de personas</li> <li>○ Gestión de conflicto</li> <li>○ Gestión de información</li> <li>○ Mejoramiento continuo</li> <li>○ Organización del trabajo</li> <li>○ Orientación a la calidad</li> </ul>
OBSERVACIONES:	Firma: _____ Fecha: __/__/__

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Perfil del puesto de contador**

Denominación del puesto: contador
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nivel organizacional: nivel ejecutivo.</li> <li>○ Puesto funcional: contador.</li> <li>○ Jefe inmediato superior: gerente general.</li> </ul> </li> </ul>

Continuación de la tabla XXIII.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción:</li> </ul>	
<p>Naturaleza del puesto: es nombrado y destituido por el gerente general, encargado de velar que la institución cumpla con sus obligaciones tributarias y patronales, debe colaborar con la buena administración de la institución, buscando la excelencia en el servicio y el bien común. Persona competente en el campo contable, está atento a las necesidades que van surgiendo en el quehacer diario y busca la solución más efectiva que no altere el presupuesto. Se caracteriza por su honestidad, eficiencia, responsabilidad y prudencia en la información manejada.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Atribuciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elabora inventarios y estados financieros de conformidad con la ley.</li> <li>✓ Vela porque los libros contables estén debidamente autorizados y habilitados, haciendo las gestiones necesarias para ello.</li> <li>✓ Preparar el programa de revisiones por la dirección e informes.</li> </ul> </li> <li>▪ Organización: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Crear y designar métodos de archivo y clasificación de documentos contables técnico-administrativos dentro de la organización.</li> </ul> </li> <li>▪ Integración: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Selección de recursos económicos.</li> </ul> </li> <li>▪ Dirección: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Convocar y presidir las reuniones para presentar como mínimo una vez por año el estado patrimonial de la empresa</li> </ul> </li> <li>▪ Control: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Opera oportunamente las liquidaciones correspondientes por prestaciones laborales.</li> <li>✓ Realiza el informe estadístico anual y lo envía al Ministerio de Trabajo y Previsión Social dentro del plazo estipulado, según el artículo 61 literal "a" del Código de Trabajo.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relaciones de trabajo <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantener activas las relaciones económicas con los clientes internos y externos, para el continuo progreso organizacional.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Responsabilidad <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por el cumplimiento de las obligaciones y pagos patronales ante la SAT, IGSS y otras dependencias relacionadas con sus funciones.</li> <li>▪ Entregar finiquito de solvencia laboral y salarial del personal.</li> <li>▪ Velar por la claridad y funcionalidad del registro contable en general.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones del puesto</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estar en el goce de sus derechos civiles.</li> <li>○ Cinco años de experiencia.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias indispensables (Criterios conductuales)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aceptación de riesgos</li> <li>○ Capacidad de análisis</li> <li>○ Capacidad de evaluación</li> <li>○ Compromiso con la organización</li> <li>○ Comunicación escrita y verbal</li> <li>○ Ética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gestión de información</li> <li>○ Gestión de recursos</li> <li>○ Integridad</li> <li>○ Orientación al logro</li> <li>○ Toma de decisiones</li> </ul>
OBSERVACIONES:	Firma: Fecha: __/__/__

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXIV. Perfil del puesto de técnico

Denominación del puesto: técnico	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nivel organizacional: operativo.</li> <li>○ Puesto funcional: técnico.</li> <li>○ Jefe inmediato superior: jefe de Laboratorio.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Naturaleza del puesto: es el encargado de ejecutar las diversas tareas del proceso de confirmación metrológica, en función de la programación establecida. Es una persona que actúa con plena disponibilidad, autonomía y responsabilidad en lo que respecta al uso de los equipos y herramientas a utilizar en las operaciones del mantenimiento preventivo, correctivo y la calibración a los instrumentos de pesaje. Se identifica con el modelo de trabajo de la empresa, facilita los canales de comunicación con los diferentes integrantes de la institución. Es activo, generador de soluciones viables acorde a los recursos que se le brindan.</li> <li>○ Atribuciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo o correctivo de las instalaciones e instrumentos a su cargo.</li> <li>▪ Establecer metodologías para la recepción, manejo y almacenaje de los ítems de calibración dentro del laboratorio.</li> <li>▪ Llevar el control del estatus de los equipo utilizados en las actividades de calibración.</li> <li>▪ Establecer un archivo de historial para órdenes de trabajo, instalaciones, de calibración internas y los patrones.</li> </ul> </li> <li>○ Relaciones de trabajo <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantener activas las relaciones con los clientes internos y externos, para el cumplimiento de los programas de servicios metrológicos industriales.</li> </ul> </li> <li>○ Responsabilidad <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por el orden y limpieza dentro del laboratorio.</li> <li>▪ Llenar los registros derivados de las actividades de los servicios realizados.</li> <li>▪ Asistir al jefe de servicios en actividades de calibración, cuando posea la respectiva autorización para realizarlas</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones del puesto <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estar en el goce de sus derechos civiles.</li> <li>○ Experiencia, no necesaria.</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencias indispensables (criterios conductuales)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Autoaprendizaje capacidad Numérica</li> <li>○ Colaboración compromiso con la organización</li> <li>○ Cumplimiento de normas</li> <li>○ Destreza manual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Orientación al logro</li> <li>○ Organización del trabajo</li> <li>○ Orientación al servicio</li> <li>○ Calidad de trabajo</li> <li>○ Trabajo en equipo</li> </ul>
OBSERVACIONES:	Firma: _____ Fecha: __/__/__

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Diagrama de operaciones propuesto**

La propuesta que se proporciona a la empresa es la de lograr unificar los procesos ya existentes (calibración y certificación) y crear nuevos procesos, como el de validación y verificación. El objetivo es obtener un sistema para brindar el servicio de validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, que satisfaga los requerimientos de los clientes y cumpla con los requisitos de calidad establecidos por las normativas aplicables.

Los diagramas de operaciones propuestos están elaborados de acuerdo al sistema de símbolos para diagramas de proceso con el estándar ASME.

Los diagramas de operaciones de proceso mejorados y propuestos son:

- Atención al cliente
- Mantenimiento
- Validación
- Confirmación metrológica

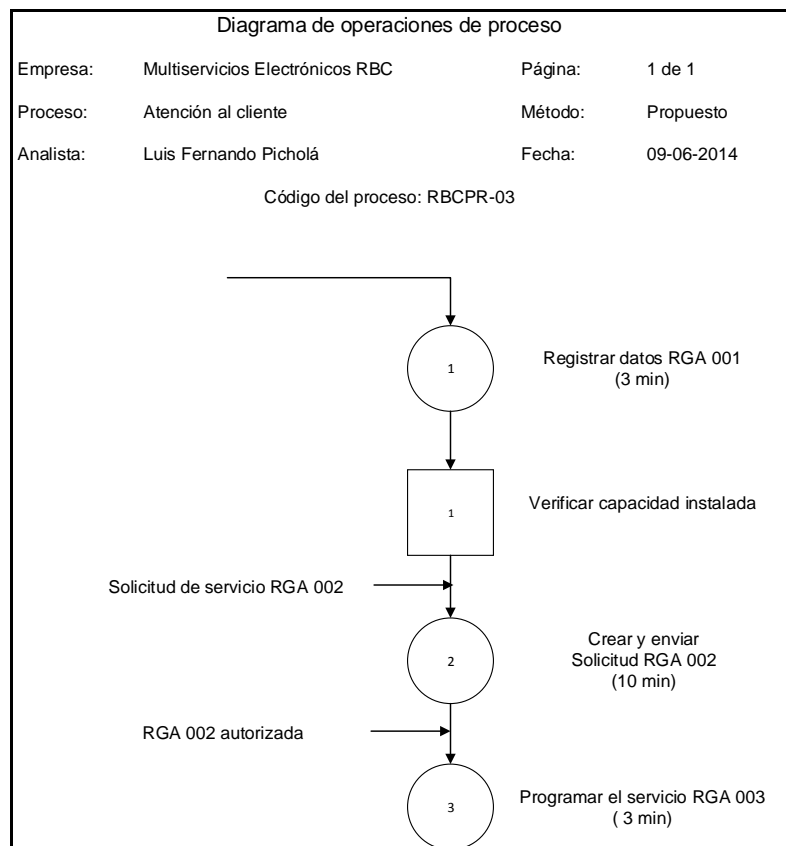
Estos se describen en los siguientes numerales.

### 3.2.1. Atención al cliente

La mejora implica:

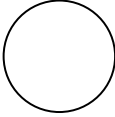
- Creación de registros que garanticen acuerdos entre la empresa y el cliente, en cuanto a los servicios prestados.
- Seguimiento de los servicios y reclamos por parte del cliente.
- Creación de archivo de la información pertinente a los servicios brindados.

Figura 29. Diagrama propuesto de operaciones de atención al cliente



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla XXV. **Cuadro de resumen, atención al cliente**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	3	16
	Inspecciones	1	-----
	Total	4	16

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. **Mantenimiento**

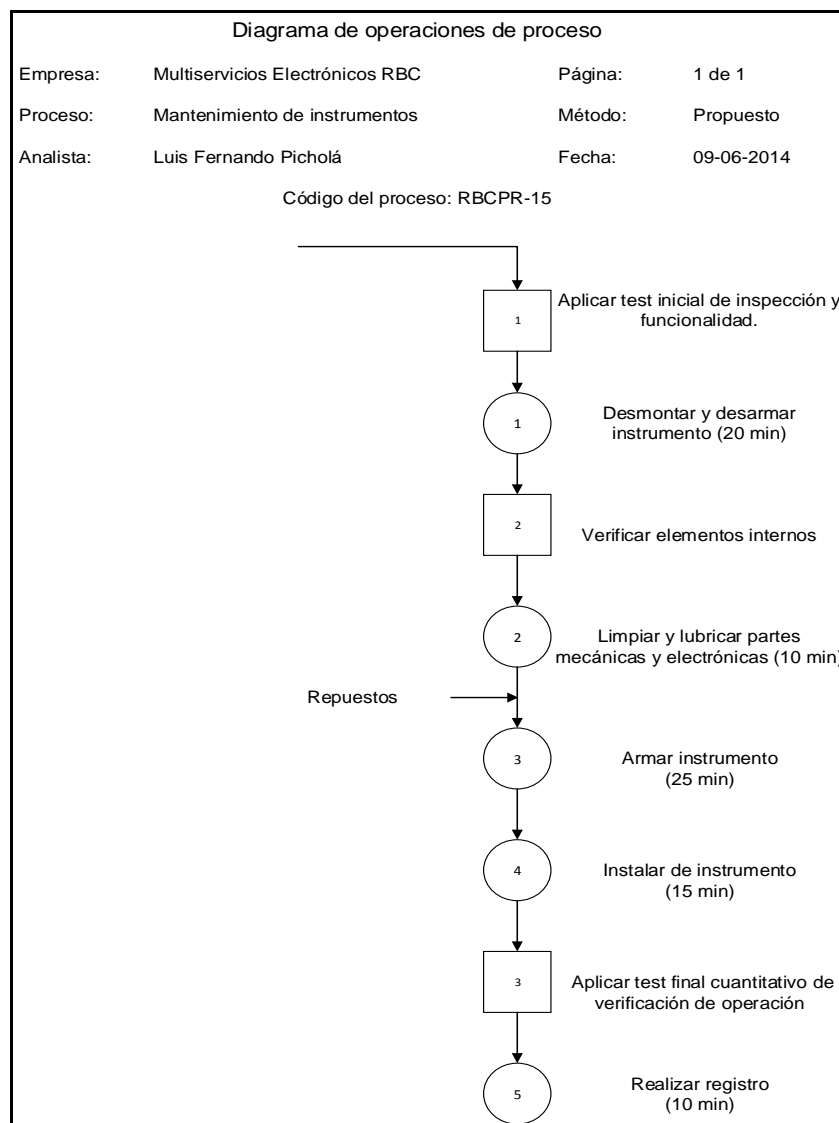
El mantenimiento es uno de los servicios más importantes, ya que es a través de este que se procederá o no a la confirmación metrológica de los instrumentos, por lo tanto, es indispensable promover operaciones que garanticen el óptimo funcionamiento de los instrumentos.

La mejora implica:

- Establecimiento de un procedimiento estándar (RBCPR-15), para la realización del proceso de mantenimiento.
- Creación y uso de un registro para documentar las actividades que se le realizan a los instrumentos, y determinar si cumplen con las características metrológicas.

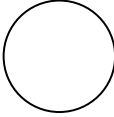
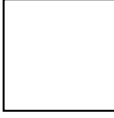
- Garantizar el óptimo funcionamiento de los instrumentos, por medio de la aplicación de un test inicial de inspección, una descripción específica de las operaciones realizadas y un test final cuantitativo.

Figura 30. **Diagrama propuesto de operaciones de mantenimiento de instrumentos**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla XXVI. **Cuadro de resumen, mantenimiento de instrumentos**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	5	70
	Inspecciones	3	-----
	Total	8	70

Fuente: elaboración propia.

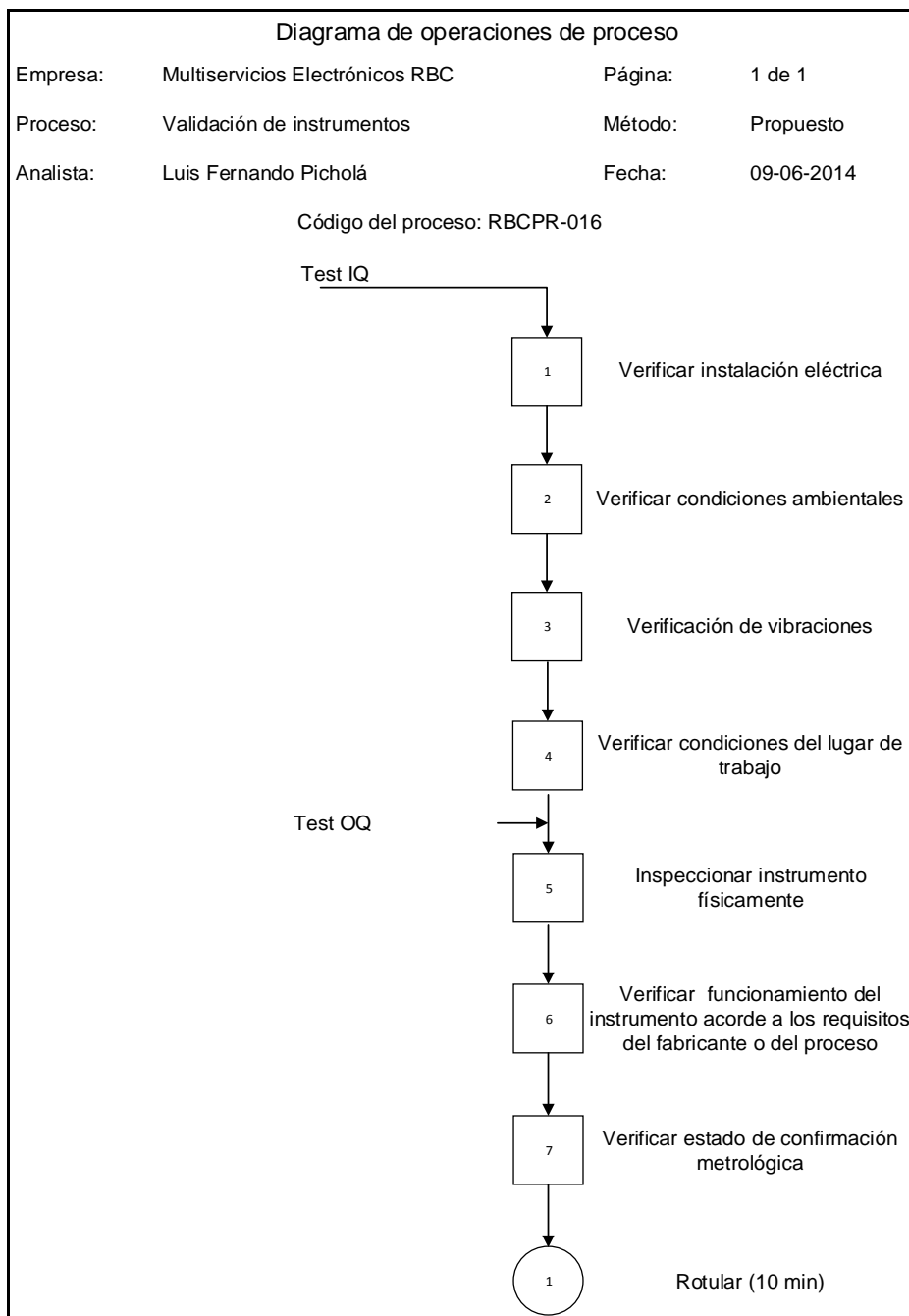
### 3.2.3. Validación

La validación es un proceso a implementar en la empresa como propuesta de mejora. Es una serie de operaciones que brindarán el aseguramiento de calidad, en cuanto a que el instrumento cumple con los requisitos para su utilización en un determinado proceso de medición. Esto quedará documentado en un registro que permitirá evaluar todas las condiciones y requisitos necesarios para establecer una conformidad, y se basará en los siguientes puntos:

- Cualificación de instalación (IQ): para garantizar el óptimo funcionamiento de un instrumento de pesaje, se debe asegurar que se instaló en condiciones ambientales y de trabajo adecuadas. Esto se hace respetando los siguientes lineamientos para verificar el cumplimiento de requisitos:
  - o Instalaciones eléctricas
  - o Condiciones ambientales

- o Niveles de vibración
  - o Área de trabajo
- Cualificación de operación (OQ): para garantizar que el instrumento de pesaje es óptimo para utilizarlo en el proceso de medición, se debe asegurar que trabaja de forma fiable de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Esto se hace respetando los siguientes lineamientos y verificando las siguientes características:
  - o Inspección física del instrumento
  - o Verificación del funcionamiento del equipo
  - o Verificaciones de control
  - o Confirmación metrológica
  - o Personal capacitado

Figura 31. **Diagrama propuesto de operaciones de validación de instrumentos**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.



Tabla XXVII. **Cuadro de resumen, validación de instrumentos**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
	Operaciones	1	10
	Inspecciones	7	-----
	Total	8	10

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Confirmación metrológica

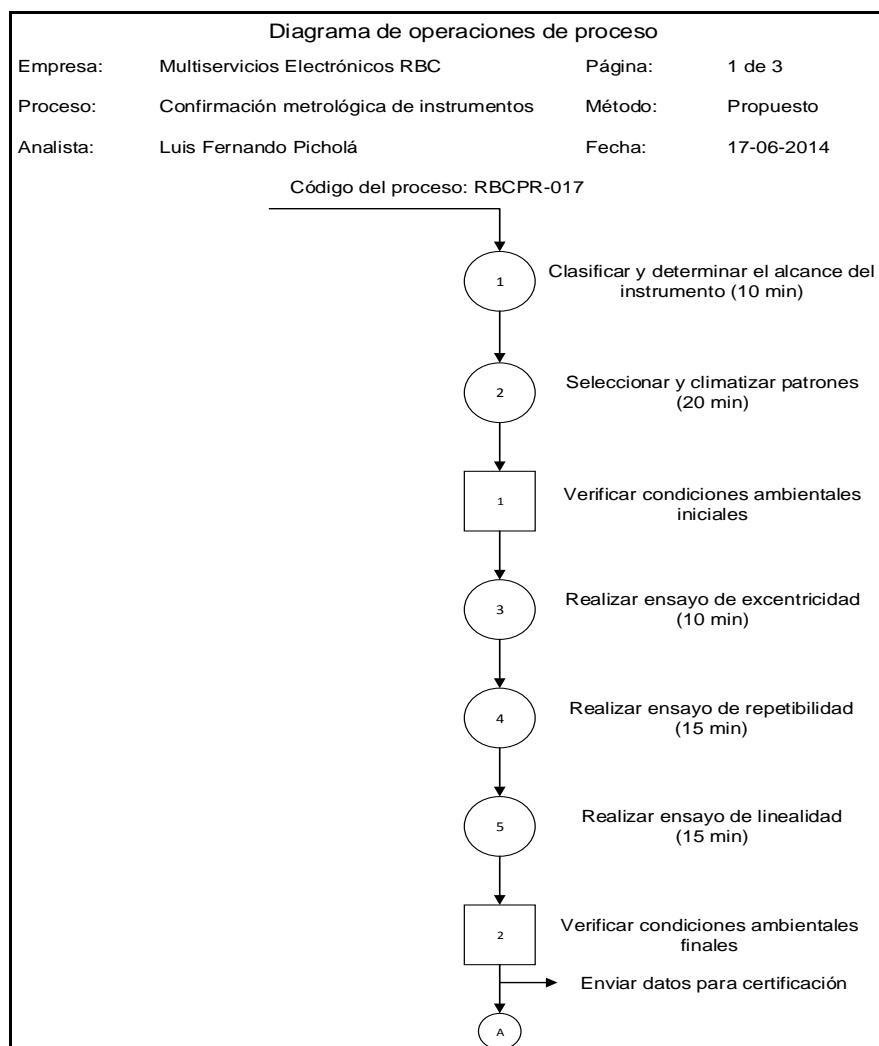
Es el proceso fundamental propuesto a implementar en la empresa. Es una serie de operaciones que permitirá unir varios procesos, los cuales son calibración, certificación y verificación. Esto facilitará el confirmar el cumplimiento de los requisitos metrológicos derivados de los procesos de medición, los clientes y los establecidos por las normativas.

La mejora implica:

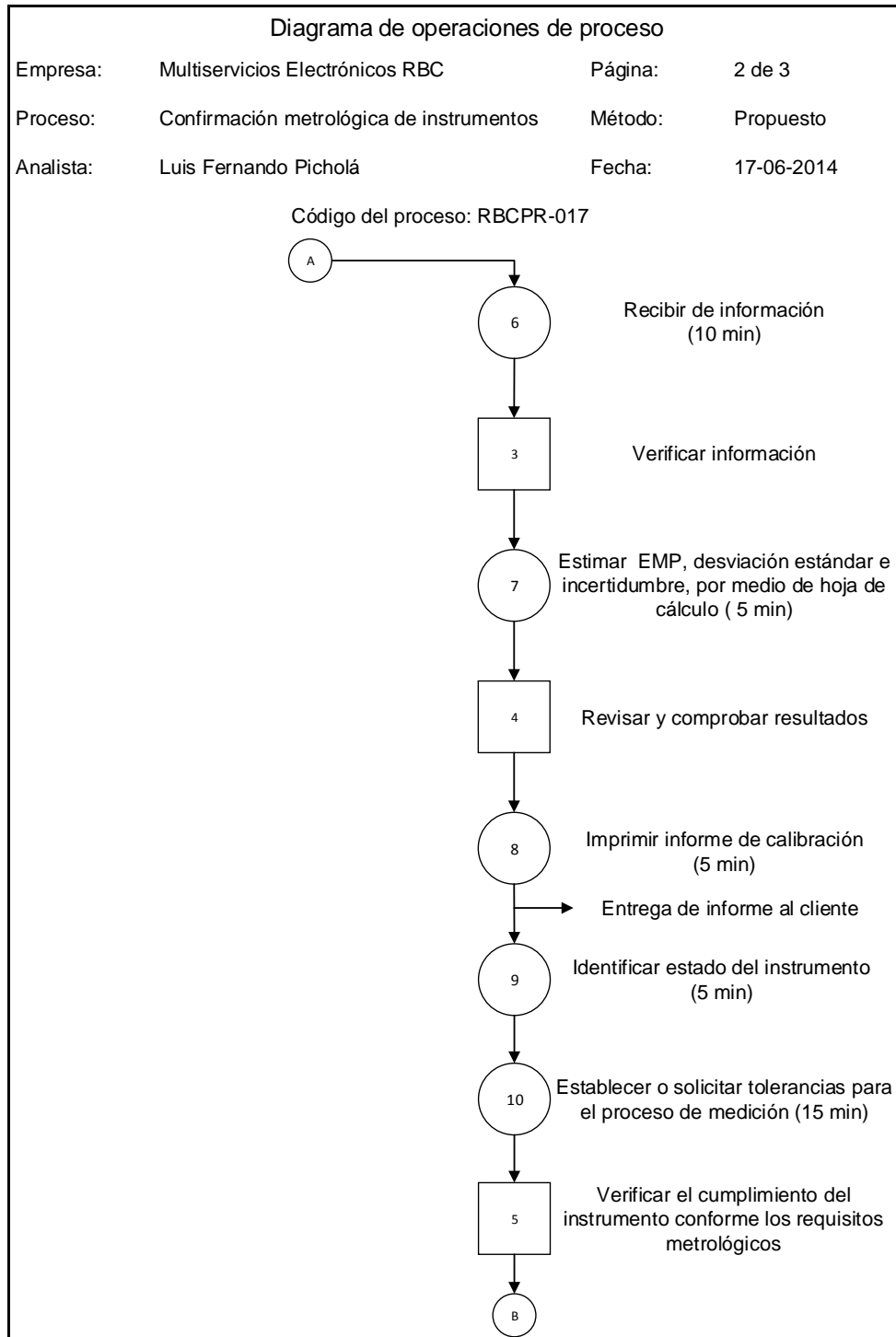
- Crear un procedimiento estándar (RBCPR-17), con el objetivo de:
  - o Implementar registros y controles que garanticen el cumplimiento de los sistemas de medición, acordes a los requisitos establecidos.
  - o Contribuir al desarrollo y aplicación de métodos que orienten al personal en las actividades en el área de Metrología.

- Evitar pérdidas por el uso de instrumentos que no cumplen con el estado de confirmación metrológica.
- Demostrar que la capacidad de medición de los instrumentos es consistente con los requerimientos de medición y garantizar la conformidad del servicio.

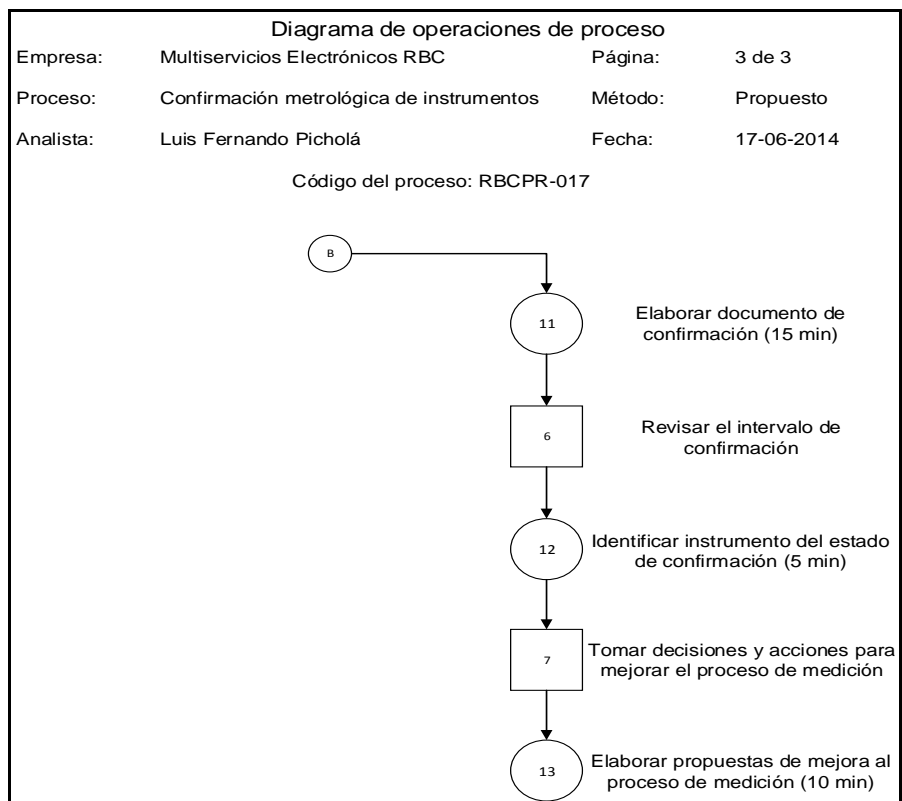
Figura 32. **Diagrama propuesto de operaciones de confirmación metrológica de instrumentos**



Continuación de la figura 32.



Continuación de la figura 32.



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

Tabla XXVIII. **Cuadro de resumen, confirmación metrológica de instrumentos**

Símbolo	Evento	Unidades	Tiempo (min)
○	Operaciones	13	140
□	Inspecciones	7	-----
	Total	20	140

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### **3.2.5. Certificación**

El proceso de certificación se puede estimar por separado, ya que existen diversas industrias que contemplan así este servicio, debido a que su estructura les permite realizar por separado la calibración y verificación de sus instrumentos de pesaje. Sin embargo, de acuerdo a sus requerimientos, es necesario que un ente externo determine el estado metrológico de los instrumentos en su sistema de mediciones. Por lo tanto, este proceso podrá ser brindado por separado del proceso de confirmación metrológica si fuera requerido.

Mejoras del proceso:

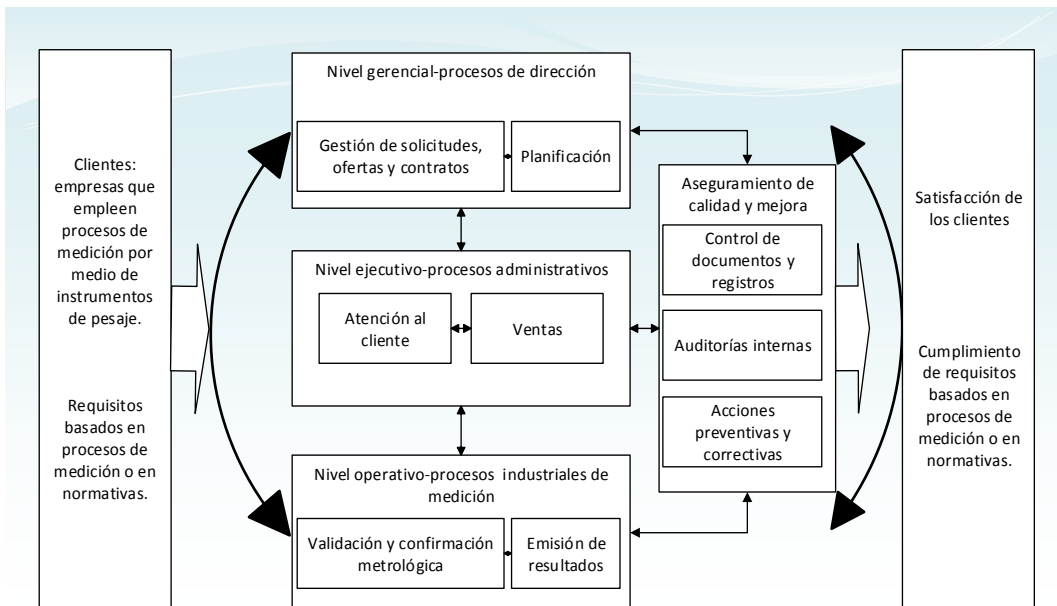
- Implementación del uso de software, por medio de la aplicación de hojas de cálculo, que permitirá realizar los cálculos de los modelos matemáticos.
- El proceso será más eficiente, por medio de la reducción del tiempo, durante el análisis y obtención de resultados.
- Los resultados de los cálculos se garantizarán de acuerdo a la validación previa de la hoja de cálculo.

### **3.3. Diagrama propuesto de interrelación de procesos**

La propuesta que se plantea permitirá obtener un sistema con procesos que permitan mayor uniformidad y orden, pretendiendo lograr un mayor aprovechamiento de los recursos actuales de las diferentes áreas que comprenden la empresa.

El diagrama de interrelación de procesos brindará una clara referencia de las actividades que se proponen al realizar el proceso de validación y confirmación metrológica. La figura 33 muestra la gestión de los servicios en función de la estructura, para cumplir con los requerimientos de los clientes, utilizando los principios de un diagrama PHVA.

Figura 33. Diagrama propuesto de interrelación de procesos



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

### 3.4. Control de documentos

Para el proceso de validación y confirmación metrológica de instrumentos, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es el control de documentos y registros.

La propuesta que se proporciona a la empresa es la de lograr que las actividades o los procesos realizados por el laboratorio metrológico estén documentados, con el fin de establecer estándares y responsabilidades que garanticen el cumplimiento de los requisitos de los clientes y las normativas aplicables.

Los documentos y registros derivados del proceso de validación y confirmación metrológica serán una herramienta que brindará a la empresa una forma de controlar y mejorar los servicios, tomando decisiones más acertadas para el cumplimiento de los requisitos en los diferentes procesos industriales que realizan las empresas a las cuales se les ofrece el servicio. El fin primordial es crear un sistema que respalde las actividades procedentes de los procesos de validación y confirmación metrológica, es decir:

- Cada documento se deberá identificar por un código único, el nombre del documento, fecha de vigencia y localización.
- Establecer controles para los cambios realizados a los procedimientos, de acuerdo al ciclo de mejora continua.
- Establecer controles para que el personal involucrado en las diferentes actividades, tenga acceso y sea capacitado en los nuevos procedimientos.

Tabla XXIX. **Formato de lista de control de documentos**

Nombre	Código	Versión	Fecha de emisión	Fecha de vigencia	Responsable de elaboración	Responsable de aprobación	Localización y acceso

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Formato de control de cambios en documentos**

Código	Documento	Causas	Modificaciones	Fecha	Responsable	Versión anterior	Versión actual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Formato de distribución de documentos al personal**

PLANILLA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS Y ACUSE DE RECIBIDO						
Documento	Código	Versión	Fecha de entrega	Empleado/área	Núm. de ejemplares	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Solicitudes, oferta y contratos

Para cumplir con los requisitos de los clientes y aprovechar de mejor manera los recursos actuales, se propone a la empresa establecer el proceso de revisión de solicitudes, ofertas y contratos. Esto se realizará por el personal administrativo y se dejará constancia por medio del registro RG 004, el cual contempla los siguientes aspectos:



- Solicitud de servicio
- Tipos de servicio a realizar
- Acuerdos por escrito entre cliente y proveedor
- Presupuesto
- Documentos a entregar de acuerdo a los servicios realizados

La implementación brindará los siguientes beneficios:

- Establecer con el cliente las respectivas responsabilidades, la metodología a utilizar, el tiempo de entrega de resultados y las características específicas de los servicios brindados.
- Certeza de que el laboratorio está en condiciones satisfacer las demandas actuales en las diferentes industrias.
- Garantizar que cada servicio es de común acuerdo con los clientes y cumple con las especificaciones y tolerancias de los procesos de medición.

La figura 34 presenta la plantilla que se utilizará y quedará como registro cuando se realicen servicios de validación, confirmación metrológica, mantenimiento o calibración.

Figura 34. Revisión de solicitudes, ofertas y contratos



<b>SOLICITUD DE SERVICIO</b>		Fecha	No.
Cliente		NIT.	
Dirección			
Persona/s de contacto:		e-mail:	
Tel.		Fax	
Solicitado a través: <input type="checkbox"/> Vía escrita <input type="checkbox"/> Teléfono <input type="checkbox"/> Persona - Recibido por:			
En caso de que la solicitud se realice por vía escrita (fax, carta, correo electrónico), se archivará ese registro junto a este impreso.			
<b>TIPOS DE SERVICIO:</b>			
<input type="checkbox"/> Validación. <input type="checkbox"/> Confirmación metrológica. <input type="checkbox"/> Mantenimiento. <input type="checkbox"/> Calibración.			
<b>Detalle del servicio, (Mantenimiento, validación, confirmación metrológica para instrumentos).</b>			
<b>Detalle de Tarifa-Oferta.</b>			
<b>PRESUPUESTO: Q</b>			
Acuerdos entre ambas partes al contrato:			
<b>Especificaciones del servicio (confirmación metrológica).</b>			
Fecha límite de entrega de resultados: ..... / ..... / .....			
Aceptación de la oferta por parte del <u>cliente</u> con fecha ..... / ..... / .....			
Firma Cliente			
Nombre:			
La firma de la presente solicitud supone una aceptación de la tarifa particularizada para cada perfil de cliente, así como de la descripción del servicio.			
Aceptación por parte de Multiservicios Electrónicos RBC		Una vez finalizado el trabajo:	
Firma de aceptación: Nombre:		<b>OBSERVACIONES</b>	
		Se entrega al cliente: <input type="checkbox"/> Informe de calibración y certificado. <input type="checkbox"/> Informe de confirmación metrológica.	
		Observaciones:	

Fuente: elaboración propia.

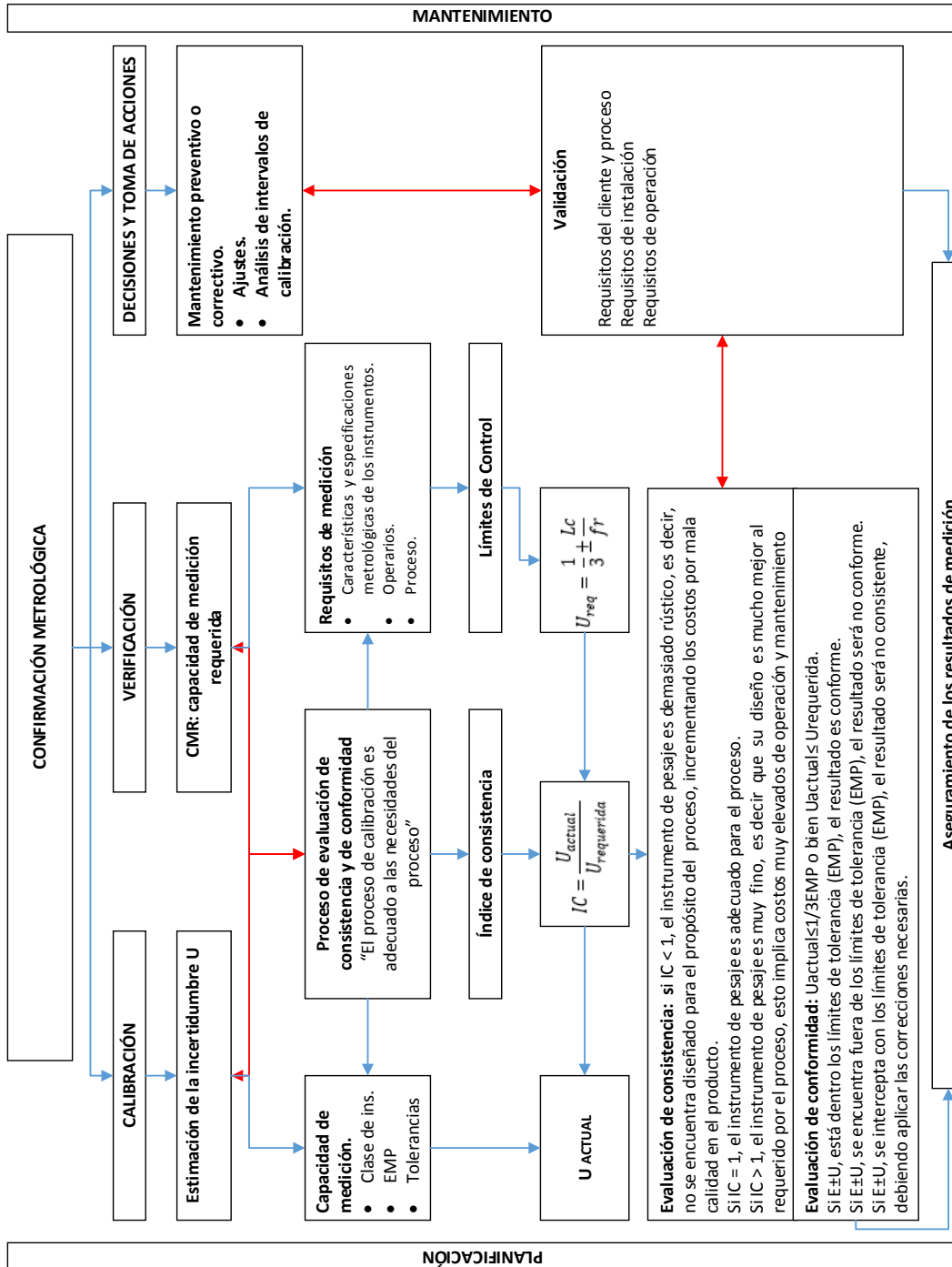
### **3.6. Propuesta de mejora y diseño al proceso de mantenimiento, validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje no automático**

La propuesta, como ya se estableció, está orientada a lograr un sistema que brinde a la empresa mayor uniformidad y orden, pretendiendo lograr un mayor aprovechamiento de las áreas que la conforman para ofrecer el servicio de validación y confirmación metrológica, como complemento a las actividades de mantenimiento que se brindan actualmente.

En la figura 35 se establece el diagrama propuesto de interrelación de procesos, en función de la planificación y el mantenimiento, para llevar a cabo las operaciones de validación y confirmación metrológica. Las mejoras serán implementadas de acuerdo a los planes propuestos en el capítulo 4 del presente trabajo.

Para establecer parámetros y controles en el diseño del proceso, se brindará un análisis, el cual se enfocará en dividir las tareas en las distintas áreas de trabajo, con el objetivo de alcanzar la eficiencia y eficacia en el servicio proporcionado por la empresa. Esta división ayudará a tener un mejor desenvolvimiento de las operaciones realizadas, permitiendo disminuir tiempos, maximizar los recursos actuales y garantizar el cumplimiento de los requisitos de los clientes, de las normativas y de los procesos de medición.

Figura 35. Propuesta de diseño y mejora



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2013.

### **3.6.1. División de tareas**

Permitirá visualizar, de forma detallada, cada actividad que se realiza durante los servicios prestados, por medio de esto se establecerá la metodología a utilizar, creando estándares con el fin de obtener los resultados planificados y esperados en un tiempo mínimo.

#### **3.6.1.1. Validación**

La validación consistirá en verificar que un instrumento de pesaje es adecuado y opera de manera fiable en el proceso de medición al cual será sometido, por medio de documentos previamente establecidos. Sirve para garantizar que el instrumento cumple con los requisitos metrológicos derivados de los productos que serán elaborados, además de minimizar el riesgo de error en mediciones y disminuir los costes por mala operación o cambios de instrumentos inadecuados a los procesos de producción.

Para la validación de instrumentos de pesaje se establecen tres actividades fundamentales a realizar al brindar el servicio, las cuales deben determinar:

- Los requisitos de los clientes
- Los requisitos de instalación o cualificación de instalación (IQ)
- Los requisitos de operación o cualificación de operación (OQ)

#### **3.6.1.1.1. Determinación de los requisitos del cliente**

Consiste en determinar los requisitos específicos de los procesos de medición, estos requisitos pueden estar expresados de acuerdo a las diferentes industrias, de la siguiente manera:

- Errores máximos permitidos
- Tolerancias establecidas de acuerdo al producto o normativas
- Resolución de los instrumentos
- Condiciones ambientales
- Habilidades de los operadores
- Características físicas de los productos
- Características físicas del lugar de trabajo

#### **3.6.1.1.2. Instalación**

En instalación se verifica que las condiciones ambientales, los niveles de vibración, la instalación eléctrica y el área de trabajo sean adecuados de acuerdo a los siguientes parámetros establecidos:

- Temperatura: la temperatura óptima para la cual los instrumentos analíticos y de precisión trabajan de manera correcta es en el rango de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . También, los resultados de medición pueden depender de la temperatura en una variación de  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Humedad relativa: la humedad relativa del ambiente al cual es sometido el instrumento debe ser de 45-60 %. Cuanto mayor sea la precisión de indicación del instrumento de pesaje, más importantes son las diferencias en la humedad del ambiente.
- Niveles de vibración: no deben existir otros equipos cercanos que pueda transmitir movimientos bruscos, pues esto invalida los resultados de medición.
- Instalación eléctrica: el voltaje al cual es sometido el instrumento, debe ser de 115/220 voltios, con una tolerancia de  $\pm 10\%$ , a una frecuencia de 60 Hz. Siempre se deberá recomendar el uso de reguladores de voltaje.
- Área de trabajo: para instrumentos analíticos y de precisión se debe considerar en instalación que no existan corrientes de aire extremas y debe estar libre de objetos que estén cargados electrostáticamente.

### **3.6.1.1.3. Operación**

Consistirá en la verificación de diferentes parámetros que garanticen la fiabilidad de los resultados de medición en operación, de acuerdo al proceso de medición que será sometido el instrumento. En operación siempre se realizará la inspección física y se procederá a la verificación del funcionamiento y control del instrumento, de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Inspección física:
  - o Conexiones eléctricas y electrónicas

- o Nivelación del instrumento
- o Ajuste de la lectura del instrumento
- o Comprobación de estabilización de la plataforma de pesaje
  
- Verificación del funcionamiento del equipo:
  - o Comprobación del funcionamiento del *switch* de poder.
  - o Comprobación del funcionamiento del indicador de medición.
  - o Comprobación del teclado de mandos.
  - o Comprobación de la configuración de parámetros de pesaje.
  - o Comprobación de resultados de medición por medio del test interno o externo.
  
- Inspección de control:
  - o Ensayos metrológicos: linealidad, excentricidad, repetibilidad
  - o Calibración del equipo
  - o Cálculo de la incertidumbre de la medición
  - o Capacitación del personal que utiliza el instrumento de pesaje

### **3.6.1.2. Mantenimiento**

Es un proceso aplicable a los diferentes instrumentos de pesaje, el cual consistirá primeramente en realizar un diagnóstico que permita enfocar detalladamente las fallas en los equipos y determinar qué partes mecánicas, eléctricas o electrónicas deben cambiarse y de esta manera funcionen acorde a las tolerancias especificadas.



La importancia de las operaciones de mantenimiento radica en disminuir al máximo la ocurrencia de fallas y errores de medición que puedan afectar los procesos de producción. El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo, además, debe estar destinado a:

- Optimizar la producción en cualquier industria
- Reducir los costos de operación por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipo.

#### **3.6.1.2.1. Preventivo**

Es una serie operaciones rutinarias que tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas, sin la existencia de errores en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, quienes son los encargados de planificar dichas actividades en intervalos regulares, y de acuerdo con los procesos de los clientes, o bien, tomando las consideraciones del fabricante que estipulan los intervalos adecuados a través de los manuales técnicos. Se pueden identificar las siguientes características:

- Debe realizarse de forma planificada para no afectar la producción, utilizando las horas ociosas del instrumento.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado, donde se detalla el procedimiento estandarizado a seguir, a fin de tener las herramientas, lubricantes y repuestos necesarios listos.

- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido, aprobado por los clientes a quienes se les brinda el servicio.
- Permite crear registros que indiquen el historial de cada uno de los instrumentos a los cuales se les ha brindado el servicio, para los diferentes sectores industriales.

#### **3.6.1.2.2. Correctivo**

Denominado también como mantenimiento reactivo, debido a que se realiza cuando ocurre una falla o avería, por lo tanto, solo se ejecuta cuando se presenta un error en el sistema del instrumento. Este mantenimiento implica las siguientes consecuencias:

- Interrupción del el proceso productivo.
- Implica costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que puede darse el caso que, por falta de recursos económicos, no se puedan efectuar las operaciones de reparación en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el instrumento fuera de operación no es predecible.

Todo mantenimiento correctivo, estará realizado de acuerdo a las siguientes fases:

- Reparación: este proceso implica directamente el cambio de piezas averiadas y deberá estar basado en las siguientes políticas:
  - o Se evaluará el costo de reparación, la vida útil del equipo, los costos por mantenimiento en dicho periodo. En función de dicho análisis se procederá a efectuar la reparación del instrumento.
  - o El instrumento reparado debe cumplir con las tolerancias especificadas por el fabricante o de acuerdo a normas aplicables.
  - o Si el instrumento reparado no cumple con las tolerancias del fabricante, deberá cumplir con las tolerancias de los procesos a los cuales se someterá.
  
- Ajuste: en los instrumentos de medición, representa una serie de operaciones realizadas para que las indicaciones de la escala del instrumento alcancen su máximo nivel de exactitud. Para instrumentos de pesaje, suele hablarse de ajuste de cero, ajuste de escala (también de constante de transducción, sensibilidad o *span*), en algunos casos, ajuste de linealidad. Presenta las siguientes características:
  - o El ajuste en instrumentos de clase especial (I) y fina (II), generalmente se realiza por medio de su software y por medio de pesos internos o externos.
  - o Los instrumentos de clase media (III) se ajustan según la recomendación del fabricante, por medio de software y únicamente con pesos externas.

Figura 36. **Servicio de mantenimiento industrial**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

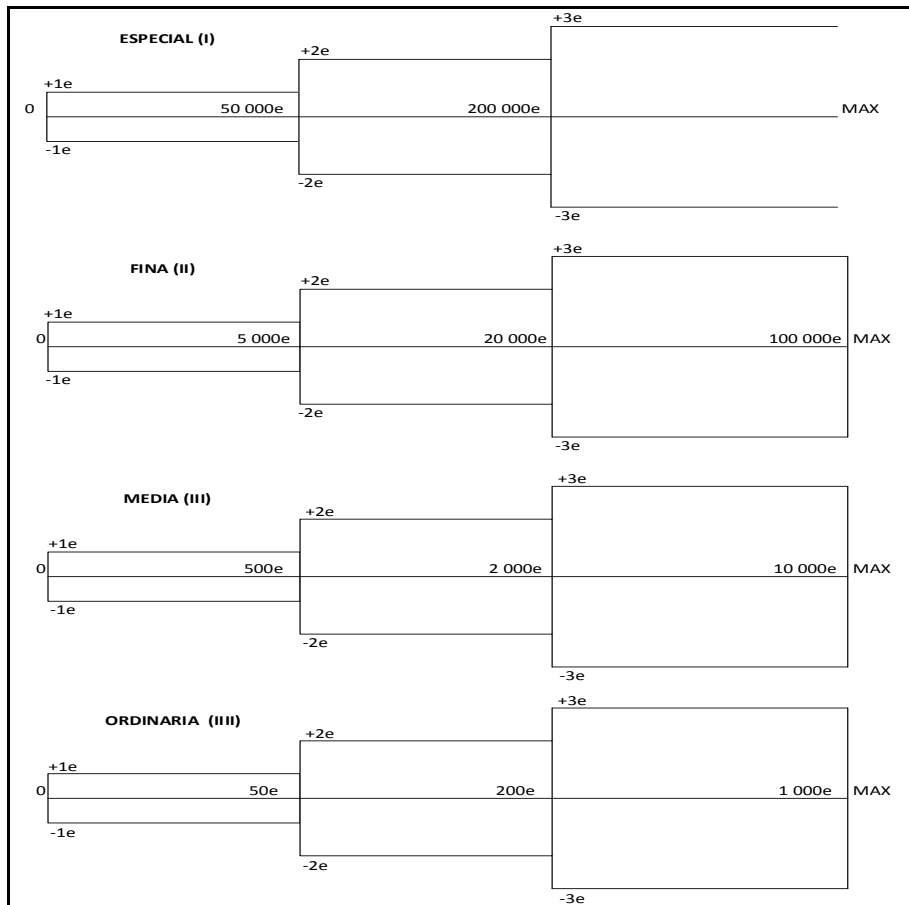
### **3.6.1.3. Confirmación metrológica de instrumentos**

Para que el proceso de confirmación metrológica sea confiable, deben realizarse, de manera eficiente y regular, las operaciones de calibración, además, estas deben estar respaldadas por las operaciones de verificación de los resultados de dicha calibración, para finalizar el ciclo con la toma de decisiones y acciones, con base en los resultados de la evaluación de la conformidad del sistema, contra los requisitos del proceso de medición, es decir, evaluar los requisitos metrológicos del proceso con base en la variabilidad y riesgo del mismo.

El procedimiento de confirmación metrológica permitirá tener un estricto control y mantenimiento sobre todos los instrumentos de medición que intervienen en los diferentes procesos productivos. El control implica evaluar la capacidad de medición, por medio de la incertidumbre actual de medición de los instrumentos, o bien por medio de la clase de exactitud o el error máximo permitido de los mismos.

Para los instrumentos de pesaje no automático, los errores máximos permitidos de acuerdo a su clase de exactitud son calculados por medio de los parámetros establecidos en la figura 37.

Figura 37. **EMP en servicio para instrumentos de pesaje**



Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. *Coguanor* NGO 4015. p. 12.

Para los instrumentos de pesaje, el proceso de confirmación metrología se establecerá en función de los siguientes lineamientos:

- La confirmación metrológica incluirá las operaciones de calibración, verificación, derivado de estas, la reparación, ajuste y posterior calibración. Se finalizará con el análisis de comparación con los requisitos metrológicos para el uso previsto del instrumento de pesaje, además de cualquier sellado y etiquetado requerido.

- La confirmación metrológica de los instrumentos de pesaje deberá ser documentada para demostrar la fiabilidad de los mismos para la utilización prevista.
- Los requisitos para la confirmación metrológica relativos a la utilización prevista de un instrumento de pesaje, deberán tener en cuenta características como el alcance, la resolución y los errores máximos permisibles.

#### **3.6.1.3.1. Calibración**

El proceso de calibración tendrá como entradas el instrumento de pesaje, la masa patrón y el procedimiento estandarizado a utilizar. Por medio de estas se realizarán las diferentes operaciones que consistirán en comparar un instrumento de pesaje con un patrón de referencia determinado con suficiente exactitud. Este proceso continuará con la elaboración de un certificado de calibración, donde se reportan los errores o correcciones y la incertidumbre de medición del instrumento. Para finalizar se procederá al etiquetado del estado correspondiente del instrumento.

El proceso de calibración se deberá enfocar en brindar los siguientes indicadores para los sistemas de medición:

- El resultado de una calibración permitirá comparar las indicaciones del instrumento con los valores correspondientes del mensurando y, acorde a esa comparación, determinar las correcciones o ajustes a realizar.

- Las operaciones de calibración permitirán estimar los efectos de las magnitudes de influencia y, de esta manera, mejorar las condiciones durante en los procesos de medición.
- Obtener resultados cuantitativos, como errores o correcciones, e incertidumbre de calibración, con el fin de establecer el estado de los instrumentos en comparación con los requisitos del cliente.
- Evidenciar la trazabilidad de las magnitudes al Sistema Internacional de unidades (SI), para garantizar la fiabilidad del proceso de medición.

#### **3.6.1.3.2. Verificación**

La verificación metrológica consiste en una serie de operaciones que implica un análisis comparativo de las características metrológicas del instrumento de medición obtenido a través de la calibración, contra los requisitos metrológicos establecidos para un proceso productivo. Es decir, evaluar los resultados obtenidos en el certificado de calibración para determinar si el instrumento cumple o no con los requisitos para los cuales el sistema de medición lo tiene destinado.

El proceso de verificación contempla las siguientes operaciones:

- Evaluación de consistencia: es el procedimiento por medio del cual se determinan las características metrológicas con las cuales debe cumplir un instrumento de pesaje, garantizando así que el mismo esté en condiciones óptimas de funcionamiento para su uso previsto. El proceso de evaluación implica el cálculo de los siguientes parámetros:



- o Capacidad de medición: este parámetro se calcula por medio de la incertidumbre expandida derivada del proceso de calibración y establecida en el certificado del instrumento. Matemáticamente se expresa a través de la ecuación:

$$CM = U_{exp. Actual}$$

Donde:

CM = capacidad de medición.

$U_{exp. Actual}$  = incertidumbre expandida con factor de cobertura  $K=2$ .

- o Requerimiento de medición: este parámetro se calcula a través de los límites de control asociados al proceso de medición, los cuales se establecen en las pruebas finales de la línea de producción bajo condiciones normalizadas, y de acuerdo a la rigurosidad del control metrológico de los instrumentos de pesaje. Se establecerá una factor de riesgo, por lo tanto, los cálculos se realizarán por medio de siguiente expresión:

$$RM = \frac{1 \pm LC}{3 f_R}$$

Donde:

RM = es el requerimiento de medición, es decir, la incertidumbre requerida.

LC = límites de control establecido para el proceso de producción.

$f_R$  = factor de riesgo derivado del control metrológico y se establece en función de la tabla XXXII:

Tabla XXXII. **Factor de riesgo en control metrológico**

Riesgo	$f_r$
Pone en peligro la vida	10
Pone en peligro la salud Viola disposiciones legales Causa pérdidas a los clientes	8
Causa pérdidas mayores Causa reclamaciones serias de clientes	6
Causa pérdidas moderadas Causa reclamaciones de clientes	4
Causa pérdidas leves	2

Fuente: Metrologos y Asociados. *Evaluación de consistencia metrológica*. p. 3.

- o Índice de consistencia: por medio de este parámetro, se determinará la consistencia del sistema de medición, es decir, se realizará el análisis comparativo para determinar el estado del instrumento y garantizar la fiabilidad del mismo para el uso previsto. Dicho análisis se realiza por medio de la siguiente expresión matemática.

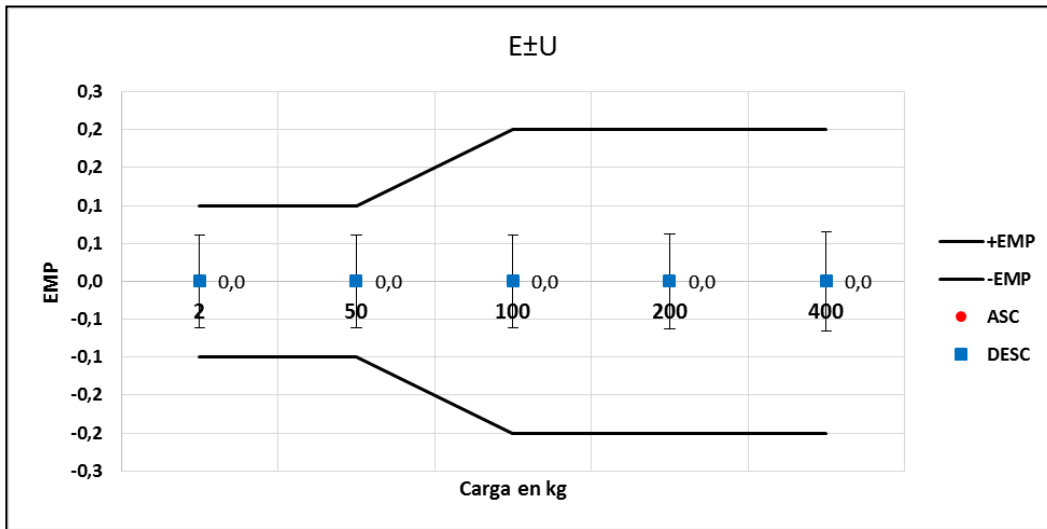
$$IC = \frac{CM}{RM}$$

En función del cociente anterior, se determinará la fiabilidad del sistema de medición por medio de los siguientes parámetros:

- Si  $IC < 1$ , el instrumento de pesaje es demasiado rústico, es decir, no se encuentra diseñado para el propósito del proceso, incrementando los costos por mala calidad en el producto.
  - Si  $IC = 1$ , el instrumento de pesaje es adecuado para el proceso.
  - Si  $IC > 1$ , el instrumento de pesaje es muy fino, es decir que su diseño es mucho mejor al requerido por el proceso, esto implica costos muy elevados de operación y mantenimiento.
- Evaluación de conformidad: es el procedimiento por medio del cual se establece si un instrumento de pesaje es conforme o no a los requisitos establecidos por la evaluación de consistencia, utilizando los resultados del certificado de calibración. Para los instrumentos de pesaje, los requerimientos de medición podrán ser reemplazados por los errores máximos, establecidos por las normativas de acuerdo a la exactitud de los mismos.

Los criterios para determinar la conformidad de los resultados para los instrumento de pesaje, serán en función de lo establecido en la Norma ISO 14253-1:1998 y del análisis propio de cada instrumento derivado de sus errores máximos permitidos, que será equivalente a la tolerancia del proceso o requerimientos de medición. En la figura 38 se analiza el comportamiento de un instrumento de pesaje industrial con capacidad de 400 kg y resolución de 0,1 kg, con el objetivo de realizar la evaluación de conformidad y, de esta forma, garantizar los resultados pertinentes a un sistema de medición.

Figura 38. Evaluación de conformidad en función de EMP = tolerancia



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Resultados del proceso de calibración

PRUEBA EN ASCENSO		PRUEBA EN DESCENSO	
CARGA	DESVIACIÓN=E	CARGA	DESVIACIÓN=E
kg	kg	Kg	kg
2	0	2	0
50	0	50	0
100	0	100	0
200	0	200	0
400	0	400	0

CONCLUSIONES						
+EMP	-EMP	E±U Ascendente		E±U Descendente		±U expandida
kg	kg	kg	kg	Kg	Kg	kg
0,1	-0,1	0,06	-0,06	0,06	-0,06	0,06
0,1	-0,1	0,06	-0,06	0,06	-0,06	0,06
0,2	-0,2	0,06	-0,06	0,06	-0,06	0,06
0,2	-0,2	0,06	-0,06	0,06	-0,06	0,06
0,2	-0,2	0,07	-0,07	0,07	-0,07	0,07

Fuente: elaboración propia.

Por medio de los resultados derivados del proceso de calibración, para un instrumento de 400 kg con una resolución de 0,1 kg, como los propuestos en la tabla XXXIII, se puede establecer para cualquier instrumento de pesaje la evaluación de conformidad, calculada por medio de los siguientes parámetros.

- Si el intervalo  $E \pm U$  está dentro los límites de tolerancia (EMP), el resultado es conforme, como en el caso anterior.
- Si el intervalo  $E \pm U$  se encuentra fuera de los límites de tolerancia (EMP), el resultado será no conforme.
- Si el intervalo  $E \pm U$  se intercepta con los límites de tolerancia (EMP), el resultado será no consistente, debiendo aplicar las correcciones necesarias.

#### **3.6.1.3.3. Decisiones y acciones**

Serán las actividades a realizar derivadas de los resultados de calibración y verificación, es decir, si un instrumento no es conforme, se procederá a realizar las siguientes operaciones:

- Mantenimiento
- Ajuste
- Recalibración

Cuando un instrumento sea conforme, se procederá a establecer únicamente los intervalos de confirmación metrológica para garantizar la fiabilidad del sistema de medición.

### **3.6.2. Ejecución de las tareas**

A continuación se describirán una serie de operaciones propuestas para tener en cuenta en la confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, con el propósito de cumplir con las necesidades del cliente adquirente del servicio y garantizar el cumplimiento de los requisitos metrológicos de los sistemas de medición.

#### **3.6.2.1. Tratamientos previos**

Estos tratamientos consistirán en la evaluación de los instrumentos antes de realizar el proceso de confirmación metrológica. Dicha evaluación permitirá establecer si un instrumento es apto o no para realizar la confirmación, es decir, si cumple con las condiciones mínimas que garanticen resultados fiables de medición, de lo contrario se notificará al cliente con los detalles y resultados obtenidos con base en esta.

#### **3.6.2.2. Análisis de los tratamientos**

Consistirá en evaluar y diagnosticar posibles fallas y reparaciones menores antes de realizar el proceso de confirmación metrológica. El principal objetivo es garantizar que todo instrumento está en condiciones óptimas de funcionamiento y no presentará ningún tipo de desperfecto durante su uso.

#### **3.6.2.3. Pruebas**

Las pruebas o ensayos de funcionamiento deberán realizarse antes de proceder al proceso de confirmación metrológica, hasta obtener resultados fiables de lectura acordes a las condiciones del área de trabajo.

Estos ensayos consistirán en series de mediciones para evaluar la excentricidad, la repetibilidad y la linealidad del instrumento, con el fin de asegurar que el instrumento funciona adecuadamente en el área de trabajo y bajo las condiciones existentes.

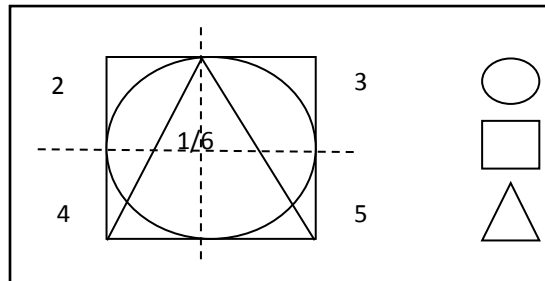
#### **3.6.2.4. Certificación de instrumentos**

Las actividades de certificación permiten declarar los resultados de calibración y evaluar el instrumento por medio de la verificación, es decir, permite documentar el proceso de confirmación metrológica. Los resultados declarados en un certificado serán ser acordes al procedimiento estandarizado, utilizado para la confirmación metrológica.

De acuerdo al procedimiento propuesto de confirmación metrológica, se deberá cumplir con la realización de los siguientes ensayos y, por medio de estos, se obtendrá la incertidumbre de actual del instrumento.

- Ensayo de excentricidad: permite determinar errores de medición para diferentes puntos de la plataforma del instrumento de pesaje, tiene por objeto comprobar que los resultados de las pesadas son suficientemente insensibles a los cambios de emplazamiento de la carga sobre el dispositivo receptor de carga. Consistirá en colocar una carga de  $1/3$  de la capacidad máxima del instrumento en 5 posiciones diferentes de la zona de pesaje, comenzando por el centro y terminando en el centro, como se muestra en la figura 39.

Figura 39. **Puntos de referencia para el ensayo de excentricidad**



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

- Ensayo de repetibilidad: tiene por objeto comprobar la capacidad de un instrumento para proporcionar los mismos resultados en mediciones repetidas con igual carga y en las mismas condiciones de trabajo. Consistirá en realizar tres series de mediciones con la capacidad mínima, media y máxima del instrumento. El número de mediciones será en función del alcance y la exactitud del instrumento.
  - o Instrumentos de clase (I): 10 mediciones
  - o Instrumentos de clase (II): 10 mediciones
  - o Instrumentos de clase (III): 5 mediciones
- Ensayo de linealidad: consiste en verificar todo el campo de pesaje, comprobando que la indicación del instrumento concuerda con la carga aplicada dentro los límites esperados o especificados por el fabricante. Las cargas de masas patrón a emplear se escogerán de manera que se establezcan divisiones uniformes a lo largo del alcance del instrumento, incluyendo rangos próximos a:



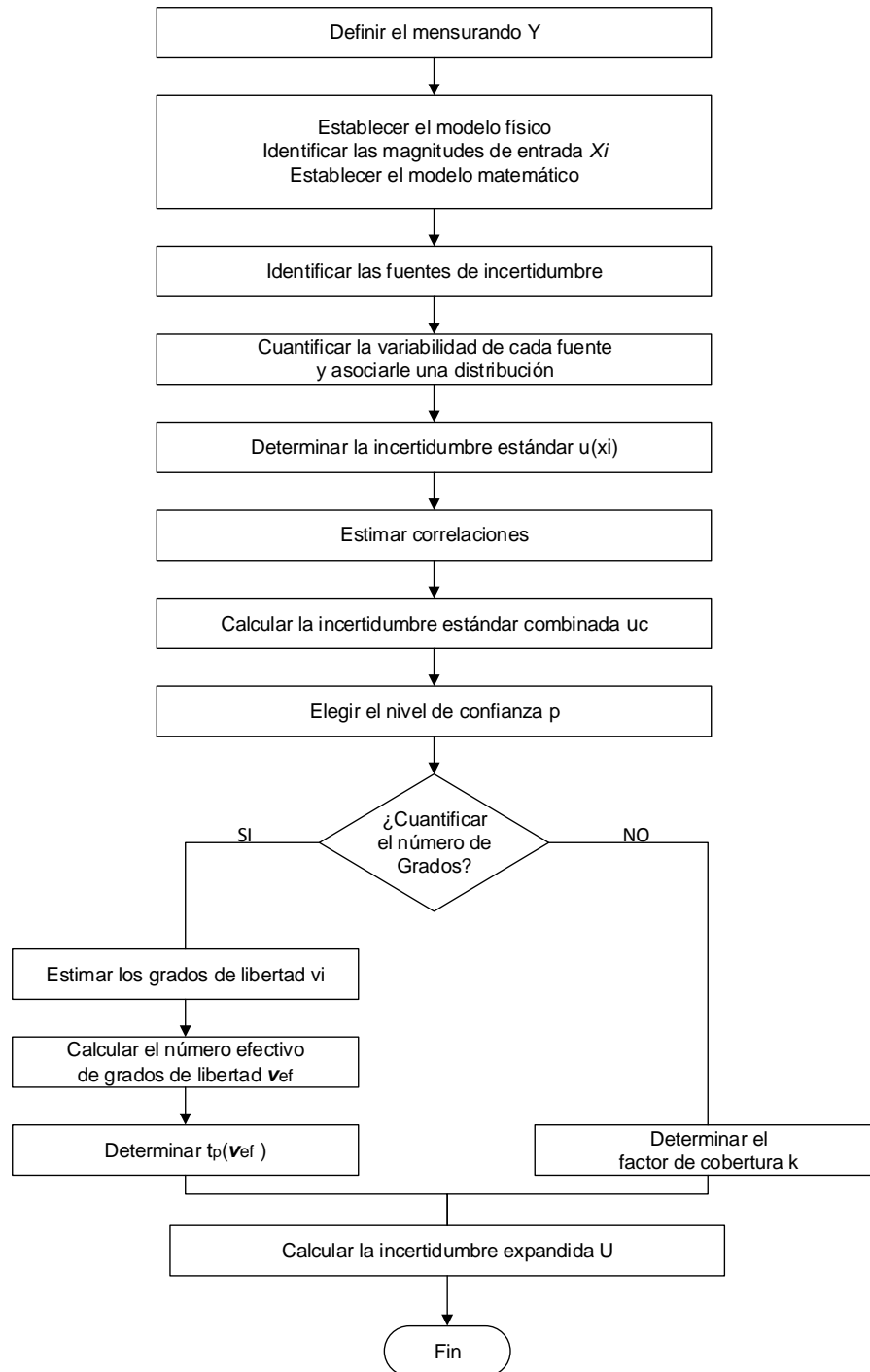
- o Carga mínima
- o Carga máxima

#### **3.6.2.4.1. Cálculo de incertidumbre de medida**

Como ya se estableció, para poder documentar el proceso de confirmación metrológica, es imprescindible que en todo proceso de medición se calcule la incertidumbre, que es el intervalo en el cual se puede encontrar el valor del mensurando, este parámetro se asocia a diversos factores que pueden afectar el proceso de medición.

La propuesta para el cálculo de la incertidumbre en el proceso de confirmación metrológica incluye tres factores de influencia, el instrumento de medición, los patrones a utilizar y la variabilidad proceso de medición. Además de los factores mencionados anteriormente y de acuerdo al algoritmo presentado en la figura 40, se pretende establecer una metodología válida y acorde a los recursos del laboratorio para la estimación de la incertidumbre, que permita brindar resultados fiables en el proceso de calibración y, a través de dichos resultados, se realice el proceso de verificación, que complementa el ciclo de confirmación metrológica.

Figura 40. **Flujograma para la estimación de incertidumbre**



Fuente: CENAM. *Guía para estimar la incertidumbre de la medición*. p. 21.

### 3.6.2.4.2. Análisis matemático y físico

De acuerdo a lo establecido en el algoritmo anterior, a la experiencia y los recursos del laboratorio, se propone el modelo matemático y físico que cumple con las normativas establecidas para evaluar la estimación de la incertidumbre, así como los requisitos de los clientes. En instrumentos de pesaje, el mensurando se obtiene por mediciones directas, la estructura para calcular la incertidumbre podrá ser de acuerdo a dos metodologías. La primera asociada a los errores en cada uno de los puntos del ensayo de linealidad y la segunda asociada a cada una de las lecturas de mediciones obtenidas en el mismo ensayo.

En las tablas XXXIV y XXXV, se brindan los datos a utilizar en las metodologías estandarizadas propuestas para estimar la incertidumbre asociada al proceso de calibración de instrumentos de pesaje. A partir de estos se obtendrá la incertidumbre estándar para cada variable, la incertidumbre combinada y, por último, la incertidumbre expandida reportada en los certificados de calibración.

Tabla XXXIV. Estimación de acuerdo al error de medición

	Mensurando	Modelo matemático	Factores de influencia	Fuentes de incertidumbre (ecuación)	Método de evaluación de la incertidumbre	Distribución estadística aplicada	Coefficiente de sensibilidad
1	Error de medición (E)	$E = L_m - V_{nom}$	Masas patrón	$\frac{EMP}{\sqrt{3}}$ ó $\frac{U_{pat}}{2}$	Tipo B	Rectangular o normal (K=2)	-1
			Resolución	$\frac{R}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1
			Repetibilidad	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$	Tipo A	Normal	1
			Histéresis	$\frac{H}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1

Continuación de la tabla XXXIV.

			Excentricidad	$\frac{E}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1
			Lectura cero	$\frac{LC}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Estimación de acuerdo a la lectura de medición**

Mensurando	Modelo matemático	Factores de influencia	Fuentes de incertidumbre (ecuación)	Método de evaluación de la incertidumbre	Distribución estadística aplicada	Coefficiente de sensibilidad
1 Lectura de medición (m)	$Y = m_1 + m_2 + \dots + m_n$	Masas patrón	$\frac{EMP}{\sqrt{3}} \text{ ó } \frac{U_{pm}}{2}$	Tipo B	Rectangular o normal (K=2)	1
		Resolución	$\frac{R}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1
		Repetibilidad	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$	Tipo A	Normal	1
		Histéresis	$\frac{H}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1
		Excentricidad	$\frac{E}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1
		Lectura cero	$\frac{LC}{2\sqrt{3}}$	Tipo B	Rectangular	1

Fuente: elaboración propia.

A partir de los dos métodos propuestos se analiza cada una de las variables y se determina, a partir de estas, los siguientes puntos:

- Incertidumbre estándar, en función de cada factor de influencia.

- Coeficiente de sensibilidad, de acuerdo a las variables de entrada del modelo matemático.
- Incertidumbre combinada, aplicando la ley de propagación de incertidumbres.
- Incertidumbre expandida, de acuerdo al modelo propuesto no se aplica la estimación de grados libertad, por lo tanto, se aplica un factor de cobertura con  $k=2$ , para una distribución normal y un nivel de confianza del 95%, debido al número de repeticiones, y la influencia mínima de las fuentes de incertidumbre de tipo B.

En función de los parámetros anteriores establecidos, se aplican los cálculos presentados en la tabla XXXVI, para estimar la incertidumbre del proceso de medición para instrumentos de pesaje.

Tabla XXXVI. **Cálculos para la estimación de la incertidumbre**

Incertidumbre estándar	Para cada magnitud de entrada	En función de los factores de influencia
$u_s(y) = \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right) * [u(x_i)]$	<p>Método 1  <math>E = L_m - V_{nom}</math></p> <p>Método 2  <math>Y = m_1 + m_2 \dots + m_n</math></p>	<p><math>U_P</math> = Inc. Patrón  <math>U_R</math> = Inc. Resolución  <math>U_\sigma</math> = Inc. Repetibilidad  <math>U_H</math> = Inc. Histéresis  <math>U_E</math> = Inc. Excentricidad  <math>U_L</math> = Inc. Lectura cero</p>

Continuación de la tabla XXXVI.

Coeficiente de sensibilidad	Método 1	Método 2
$\frac{\partial f}{\partial x_i}$	$\frac{\partial E}{\partial Lm} = 1$  $\frac{\partial E}{\partial V_{nom}} = -1$	$\frac{\partial Y}{\partial m_n} = 1$
Incertidumbre combinada	Método 1	
$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 [u(x_i)]^2}$	$u_c(y) = \sqrt{(-1)^2 [U_P]^2 + 1^2 [U_R^2 + U_\sigma^2 U_H^2 + U_E^2 + U_L^2]}$	
	Método 2	
	$u_c(y) = \sqrt{1^2 [U_P^2 + U_R^2 + U_\sigma^2 U_H^2 + U_E^2 + U_L^2]}$	
Incertidumbre expandida	Método 1	
$u_e(y) = k * \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 [u(x_i)]^2}$	$u_e(y) = 2 * \sqrt{(-1)^2 [U_P]^2 + 1^2 [U_R^2 + U_\sigma^2 U_H^2 + U_E^2 + U_L^2]}$	
	Método 2	
	$u_e(y) = 2 * \sqrt{1^2 [U_P^2 + U_R^2 + U_\sigma^2 U_H^2 + U_E^2 + U_L^2]}$	

Fuente: elaboración propia.

### **3.6.2.4.3. Uso de la herramienta software MS-Excel**

Una de las propuestas para la reducción de tiempos, maximización de recursos y certificación de los resultados de medición, es el uso de hojas de cálculo para realizar los cálculos derivados del proceso de calibración, creando, de esta manera, un estándar para la certificación de instrumentos.

La validación para el uso de dicho software es una comparación de los datos de salida calculados por la hoja de cálculo contra los resultados obtenidos a mano, garantizando así una plantilla libre de errores y protegida para no ser manipulada. Además, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos para garantizar la fiabilidad de los resultados:

- Especificaciones de requerimiento de usuario y funcionalidad.
- Control de datos de la hoja de cálculo, como nombre de archivo, fecha de creación.
- Revisión periódica de funciones, integridad numérica y parámetros, resultados idénticos obtenidos por hoja de cálculo y cálculo manual.
- Establecimiento de controles, contraseña de protección para celdas.
- Revisión periódica del estado de validación con respecto cambios no autorizados.
- Identificación del control de cambios para utilizar la última versión.

La tabla XXXVII muestra el cálculo de la incertidumbre para un instrumento de pesaje con capacidad de 200 g y con una resolución de 0,0001 g, de acuerdo al método propuesto, con el software Excel.

Tabla XXXVII. **Estimación de la incertidumbre por medio de Excel**

Ensayo de linealidad									
No.	Val. Nom. (g)	Inc. Pat. (g)	Lectura↑	Lectura↓	Error ↑	Error ↓	EMP	IDM	Inc. Exp. (g)
1	<b>0.1</b>	0,000005	0,1001	0,1001	0,0001	0,0001	0,001	0,0006	0,0001
2	5	0,000016	5,0001	5,0000	0,0001	0,0000	0,001	0,0006	0,0001
3	10	0,000020	10,0000	9,9998	0,0000	-0,0002	0,001	0,0006	0,0001
4	20	0,000026	20,0002	20,0002	0,0002	0,0002	0,001	0,0006	0,0001
5	<b>50</b>	0,000030	50,0000	50,0000	0,0000	0,0000	0,001	0,0006	0,0001
6	100	0,000050	100,0001	100,0002	0,0001	0,0002	0,002	0,0012	0,0001
7	120	0,000076	120,0001	120,0002	0,0001	0,0002	0,002	0,0012	0,0001
8	150	0,000080	150,0001	150,0002	0,0001	0,0002	0,002	0,0012	0,0001
9	170	0,000106	170,0001	170,0002	0,0001	0,0002	0,002	0,0012	0,0001
10	<b>200</b>	0,000100	200,0000	200,0000	0,0000	0,0000	0,002	0,0012	0,0001

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 3.6.3. Procesos de medición y metrología industrial

En esta sección se presentan algunos factores o parámetros a tener en cuenta para efectuar los procesos de medición, derivados de la aplicación de los conceptos fundamentales de metrología y en función de las necesidades del sector industrial.

#### 3.6.3.1. Características metrológicas de los equipos de medición

Estos parámetros son de gran importancia en todo proceso de medición, ya que determinan la correcta aplicación del instrumento o equipo en un proceso industrial.



Por medio de las características metrológicas, se establecerá la fiabilidad de resultados del proceso de medición. Dichas características determinan el óptimo desempeño de un instrumento conforme las exigencias de los procesos, por lo tanto, se debe establecer la verificación periódica de los instrumentos de medición con el fin de mantener sus características metrológicas dentro de las tolerancias establecida.

El desempeño metrológico de un instrumento de pesaje puede resultar afectado o alterado si es sometido a cualquiera de los siguientes factores:

- Vibraciones.
- Variaciones extremas de las condiciones ambientales, como la temperatura y presión.
- Excesiva humedad.
- Variación constante de la corriente eléctrica de alimentación.
- Traslados frecuentes del instrumento.
- Realizar mediciones fuera de la capacidad máxima del instrumento.

#### **3.6.3.2. Métodos y procedimientos de calibración y verificación**

Para todo proceso de confirmación metrológica es indispensable establecer la metodología a utilizar. De esta manera se crean procedimientos estandarizados para realizar las actividades de medición y se brinda el servicio a las diferentes industrias. Los métodos a utilizar, son métodos normados y referenciados a la norma internacional OIML R76-1 y la guía SIM, y se establecen respetando los siguientes factores:

- Exactitud, requerida de los procesos de medición y de los instrumentos utilizados.
- Costo de la calibración del instrumento y por estar fuera de producción.
- Tiempo para la correcta realización de los ensayos.
- Disponibilidad de los instrumentos, de acuerdo a los procesos en los cuales son utilizados.

Para los instrumentos de pesaje, el método de calibración y verificación a utilizar es por comparación directa, y se evalúan los siguientes ensayos en función de los factores mencionados anteriormente, para conveniencia de los clientes y la capacidad instalada de la empresa:

- Ensayo de excentricidad
- Ensayo de repetibilidad
- Ensayo de linealidad

### **3.6.3.3. Determinación de parámetros de validación**

Las actividades de validación permitirán establecer las condiciones de instalación y operación de un instrumento de pesaje, en un determinado proceso de producción. Cuando todos los parámetros sean satisfactorios, se procederá a la realización del proceso de confirmación metrológica. La determinación de los parámetros de validación será en función de los siguientes factores:

- El área de trabajo
- El instrumento a utilizar
- El personal encargado de realizar el proceso de medición

### **3.7. Aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración**

Estas actividades ayudarán a garantizar los resultados derivados del proceso de calibración, aplicando herramientas estadísticas (estudios R&R), con el apoyo del uso de software, procedimientos estandarizados y programas de capacitación, que permitan obtener un mayor control sobre las condiciones del área de trabajo, los instrumentos de pesaje y el personal encargado de realizar dichas operaciones.

#### **3.7.1. Estudios R&R**

Consistirá en la aplicación de esta herramienta estadística, debido a que la repetibilidad y reproducibilidad son variables de salida claves en el sistema de medición. Este análisis permite obtener parámetros de evaluación derivados del instrumento de pesaje, método, objeto a pesar y operador que efectúa los procesos de medición. Es decir, se evaluará el sistema de medición en función de la variación total del proceso, haciendo énfasis en la variación de medición. Se aplicará el estudio de repetibilidad y reproducibilidad por el método de media y rango, de acuerdo al método de la AIAG, ya que es una norma general y, de acuerdo al rubro de la empresa, facilita el intercambio de información.

Se propone el uso de esta herramienta estadística, debido a que el estudio R&R permitirá establecer parámetros para evaluar las siguientes operaciones fundamentales en el proceso de confirmación metrológica:

- Evaluación de la incertidumbre de medición
- Validación de métodos de calibración

Esto se logra debido a que la repetibilidad, al igual que la reproducibilidad, se pueden expresar cuantitativamente en términos de las características de dispersión de los resultados, además, este método permite separar la variabilidad inherente al instrumento (repetibilidad) de la variación adicional agregada por los operadores (reproducibilidad), lo que permite establecer los parámetros y realizar las comparaciones pertinentes para un caso en particular.

Existen otras razones para realizar este tipo de estudio, como tener parámetros para aceptar un instrumento nuevo, antes y después de una reparación, al comparar dos instrumentos, con el fin de garantizar el cumplimiento de las tolerancias y requisitos de los clientes.

A continuación, se especifica la metodología y las respectivas fórmulas a utilizar, de acuerdo a la bibliografía utilizada y propuesta en dicha sección:

- Seleccionar dos o más operadores para realizar el estudio del instrumento.
- Seleccionar, en forma aleatoria, un conjunto de 10 o más piezas que serán medidas varias veces por cada operador.
- Decidir el número de ensayos o veces que cada operador medirá la misma pieza. En este método proponen tres, que es lo más recomendable.
- Etiquetar cada parte, el orden en el cual las partes se dan a los operadores debe ser aleatoria.
- Identificar el método o técnica que deberá aplicarse.

- Obtener en orden aleatorio la primera medición (o ensayo) del operador A para todas las piezas seleccionadas.
- Volver a dar las piezas de forma aleatoria y obtener la primera medición del operador B, continuar hasta que todos los operadores hayan realizado la primera medición de todas las piezas.
- Repetir los tres pasos anteriores hasta completar el número de ensayos elegidos. Es preciso asegurarse de que los resultados previos de un ensayo no sean conocidos por los operadores.
- Realizar los cálculos y hacer el análisis estadístico de los datos, en función de las siguientes actividades:
  - o Obtener el promedio y el rango de las n repeticiones por cada muestra y por cada analista  $X_i$ , en total se tendrán 30 promedios y 30 rangos, de acuerdo al método utilizado.
  - o Calcular el promedio de promedios y el promedio de rangos por cada operador, denominados  $X_A$ ,  $X_B$ ,  $X_C$ , promedio de promedios por cada operador y  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ , promedio de rangos.
  - o Se procede a calcular el promedio de todas las repeticiones y de todos los operadores por cada parte, es decir, el promedio de 3 repeticiones de 3 operadores, en total 10 promedios  $X_p$ .
  - o De acuerdo al inciso anterior, se calcula el rango de los promedios de cada parte o pieza  $R_p$ .
  - o Calcular el promedio de los promedios de los rangos, a través de la fórmula  $R = (R_A + R_B + R_C) / 3$ .
  - o Se procede a calcular el rango de los promedios de promedios, a través de la fórmula  $X_{DIFF} = \text{Max}(X_{ABC}) - \text{Min}(X_{ABC})$ .

A partir de los datos que se obtienen de los incisos anteriores, se realizan los cálculos en función de las fórmulas de la tabla XXXVIII:

Tabla XXXVIII. **Fórmulas para el cálculo de datos en un estudio R&R**

Parámetro de variación	Fórmula	Factor a utilizar, nivel de confianza del 99%	
Variación del equipo ( <i>equipment variation</i> )	$EV=R \times K_1$	No. ensayos 2 3	$K_1$ 4.56 3.05
Variación del analista ( <i>appraiser variation</i> )	$AV = \sqrt{(X_{DIFF} K_2)^2 - (VE^2)/(nr)}$	No. analistas 2 3	$K_2$ 3.65 2.70
Variación de R&R	$R\&R = \sqrt{AV^2 + EV^2}$		
Variación de partes ( <i>part variation</i> )	$PV = R_p \times K_3$	No. partes 5 10	$K_3$ 2.08 1.62
Variación total ( <i>total variation</i> )	$TV = \sqrt{R\&R^2 + PV^2}$		

Fuente: BESTERFIELD, Dale. *Control de calidad*. p. 278.

Los cálculos permitirán realizar el análisis para los parámetros de variación, en función de la tolerancia de medición del proceso o de la variación total del proceso. Esto se hará en función de las fórmulas de la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Fórmulas para el análisis de variaciones en estudio R&R**

Análisis en función de:	Formula % de variación	Análisis de aceptación
Tolerancia (T)	$\%EV = EV/T \times 100$	Si el % de R&R es menor al 10% el sistema es aceptable.
	$\%AV = AV/T \times 100$	
	$\%R\&R = R\&R/T \times 100$	Si el % de R&R está entre el 10% y el 30% se debería de aceptar temporalmente, con un plan de mejora.
	$\%PV = PV/T \times 100$	
Variación total (TV)	$\%EV = EV/TV \times 100$	Si el % es superior al 30% el sistema es inaceptable.
	$\%AV = AV/TV \times 100$	
	$\%R\&R = R\&R/TV \times 100$	
	$\%PV = PV/TV \times 100$	

Fuente: BESTERFIELD, Dale. *Control de calidad*. p. 279.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que el análisis en función de la tolerancia se aplicará para analizar el cumplimiento de un producto con una especificación y el análisis en función de la variación total se aplicará para analizar el comportamiento de un proceso de medición, es decir en validación o estudio de control estadístico de calidad.

Como ya se estableció anteriormente, el estudio R&R se propone para evaluar la incertidumbre de medición o validación de métodos de calibración, información que podrá ser utilizada para hacer comparaciones entre laboratorios del mismo rubro, también, para demostrar la capacidad del proceso de medición del laboratorio de la empresa. Por lo tanto, el análisis del estudio R&R se enfocará en aplicar el análisis de variación total.

En la tabla XL se presentan los datos para evaluar la incertidumbre y el sistema de medición: un instrumento de pesaje de 60 kg con una resolución de 1 g, patrones calibrados M1 de 20 kg, tres analistas (técnicos) diferentes, método de calibración por comparación directa, estudio realizado en la empresa Multiservicios Electrónicos RBC. Los cálculos para el estudio R&R se realizaron por medio de una hoja de cálculo con el software Excel, la cual se contempla como propuesta de mejora e implementación.

Tabla XL. Estudio R&R

OPERADOR		P			I		E		Z		A		RESULTADOS	
MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG		
A	1	20,001	20,001	20,002	20,001	20,001	20,001	20,001	20,001	20,001	20,001	A <sub>1</sub>	20,00110	
	2	20,001	20,001	20,0	20,001	20,001	20,001	20,001	20,001	20,002	20,002	A <sub>2</sub>	20,00110	
	3	20,001	20,001	20,0	20,0	20,001	20,0	20,001	20,001	20,002	20,001	A <sub>3</sub>	20,00080	
	Media	20,001	20,001	20,00067	20,00067	20,001	20,00067	20,001	20,001	20,00167	20,00133	X <sub>A</sub>	<b>20,00100</b>	
Rango	0,0	0,0	0,002	0,001	0,0	0,001	0,0	0,0	0,001	0,001	R <sub>A</sub>	<b>0,00060</b>		
B	1	20,001	20,001	20,002	20,002	20,001	20,002	20,001	20,001	20,001	20,001	B <sub>1</sub>	20,00130	
	2	20,001	20,001	20,002	20,001	20,0	20,001	20,001	20,002	20,002	20,002	B <sub>2</sub>	20,00130	
	3	20,002	20,001	20,002	20,001	20,001	20,002	20,001	20,001	20,002	20,002	B <sub>3</sub>	20,00150	
	Media	20,00133	20,001	20,002	20,00133	20,00067	20,00167	20,001	20,00133	20,00167	20,00167	X <sub>B</sub>	<b>20,00137</b>	
Rango	0,001	0,0	0,0	0,001	0,001	0,001	0,0	0,001	0,001	0,001	R <sub>B</sub>	<b>0,00070</b>		
C	1	20,001	20,002	20,001	20,001	20,001	20,002	20,002	20,002	20,002	20,002	C <sub>1</sub>	20,00160	
	2	20,002	20,002	20,002	20,001	20,001	20,002	20,002	20,001	20,001	20,001	C <sub>2</sub>	20,00150	
	3	20,002	20,002	20,002	20,001	20,002	20,002	20,002	20,001	20,002	20,002	C <sub>3</sub>	20,00180	
	Media	20,00167	20,002	20,00167	20,001	20,00133	20,002	20,002	20,00133	20,00167	20,00167	X <sub>C</sub>	<b>20,00163</b>	
Rango	0,001	0,0	0,001	0,0	0,001	0,0	0,0	0,001	0,001	0,001	R <sub>C</sub>	<b>0,00060</b>		
Med. Mu	20,00133	20,00133	20,00144	20,001	20,001	20,00144	20,00133	20,00122	20,00167	20,00156	X <sub>Pieza</sub> =	20,00133		
Rango Muestra											R <sub>Pieza</sub> =	0,00067		
R = R <sub>A</sub> + R <sub>B</sub> + R <sub>C</sub> / N.de operadores = 0,00060 + 0,00070 + 0,00060 / 3												R =	0,00063	
X <sub>DIFF</sub> = [Max (X) <sub>ABC</sub> ] - [Min (X) <sub>ABC</sub> ] = 20,00163 - 20,00100												X <sub>DIFF</sub> =	0,00063	
UCL <sub>R</sub> = R * D <sub>4</sub> = 0,00063 * 2,580												UCL <sub>R</sub> =	0,00163	
LCL <sub>R</sub> = R * D <sub>3</sub> = 0,00063 * 0,000												LCL <sub>R</sub> =	0,00000	

Fuente: elaboración propia.

En la figura 41, se presentan los resultados de los datos anteriores, para estimar la incertidumbre y asimismo se indica el estado del sistema de medición. En cuanto a las conclusiones del mismo, se harán en dicha sección en función de la variación total y de la tolerancia. Los datos obtenidos se comparan con los resultados del certificado de calibración realizado al mismo instrumento, evaluando de esta forma la consistencia de incertidumbre en ambos métodos.



Figura 41. Resultados del estudio R&R

ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE MEDIDA	PORCENTAJE DE VARIACIÓN TOTAL (TV)				
<p><b>REPETIBILIDAD - VARIACIÓN EN EL EQUIPO (EV)</b></p> <p>EV = <math>R1 \times K1</math>                      K1 (3 intentos)=                      3,05  EV = 0,001932</p>	<p>% EV = <math>100 (EV/TV)</math>  % EV = <b>69,62 %</b></p> <p><b>Porcentaje de tolerancia:</b> <math>100(EV/Tol) =</math> <b>193,2 %</b></p>				
<p><b>REPRODUCIBILIDAD - VARIACIÓN DEL OPERADOR (AV)</b></p> <p>AV = Raíz Cuadrada ((X DIFF X K2)Al cuadrado - (EV Al cuadrado/NR))  AV = 0,001673                      K2 (3 Operadores)=                      2,70</p>	<p>% AV = <math>100(AV/TV)</math>  % AV = <b>60,31 %</b></p> <p><b>Porcentaje de tolerancia:</b> <math>100(AV/Tol) =</math> <b>167,3 %</b></p>				
<p><b>REPETIBILIDAD &amp; REPRODUCIBILIDAD (R&amp;R)</b></p> <p>R&amp;R = Raíz Cuadrada (EV Al cuadrado + AV Al cuadrado)  R&amp;R = 0,002556</p>	<p>% R&amp;R = <math>100(R\&amp;R/TV)</math>  % R&amp;R = <b>92,11 %</b></p> <p><b>Porcentaje de tolerancia:</b> <math>100(R\&amp;R/Tol) =</math> <b>255,6 %</b></p>				
<p><b>VARIACIÓN DE PARTE (PV)</b></p> <p>PV = <math>Rp \times K3</math>                      <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>Partes</td><td>K3</td></tr><tr><td>10</td><td>1,62</td></tr></table>  PV = 0,001080</p>	Partes	K3	10	1,62	<p>% PV = <math>100(PV/TV)</math>  % PV = <b>38,93 %</b></p> <p><b>Porcentaje de tolerancia:</b> <math>100(PV/Tol) =</math> <b>108,0 %</b></p>
Partes	K3				
10	1,62				
<p><b>VARIACIÓN TOTAL (TV)</b></p> <p>TV = Raíz Cuadrada(R&amp;R Al cuadrado + PV Al cuadrado)  TV = 0,002774</p>					

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados del certificado calibración del instrumento, realizado previo al estudio, para su comparación.

Tabla XLI. **Resultados de calibración**

<b>Ensayo de linealidad</b>									
Núm.	Val. Nom. (kg)	Inc. Pat. (kg)	Lectura↑	Lectura↓	Error ↑	Error ↓	EMP	IDM	Inc. Exp. (kg)
1	0,05	0,0000001	0,050	0,051	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
2	0,1	0,0000001	0,100	0,101	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
3	0,5	0,0000006	0,500	0,501	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
4	1	0,0000016	1,000	1,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
5	5	0,0000070	5,000	5,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
6	10	0,0000800	10,000	10,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001
7	20	0,0001300	20,001	20,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
8	30	0,0002100	30,001	30,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
9	40	0,0002600	40,001	40,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
10	60	0,0003900	60,003	60,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001

Fuente: elaboración propia.

Al evaluar la incertidumbre de medición para el sistema en estudio, de acuerdo a la capacidad instalada de la empresa, se puede observar, que el parámetro de la repetibilidad EV, al cual se asocia el concepto de incertidumbre en el estudio R&R, es  $EV=0,001932$  y según la estimación de la incertidumbre en el certificado de calibración para cualquier medición, existe una incertidumbre expandida de 0,001, por lo tanto, la consistencia es bastante aceptable. Estas metodologías permitirán asegurar los resultados de medición. Sin embargo, es preciso hacer notar que el sistema de medición debe ser mejorado, según el estudio R&R, estas mejoras estarán contempladas en los programas de mejora correspondientes a la capacitación del personal y adquisición de equipos de mayor resolución.

### **3.7.2. Auditorías internas**

Consistirá en estimar una serie de actividades para establecer auditorías internas, con el fin de evaluar la conformidad o el uso adecuado de los recursos de la empresa, es decir, se enfocará en la revisión eventual de los siguientes aspectos:

- Evaluación de documentos
  - o Registros derivados del proceso de confirmación metrológica de instrumentos de pesaje.
  - o Registros derivados del proceso de mantenimiento.
  - o Solicitudes, ofertas y contratos.
  
- Métodos y personal
  - o Comprobación de los métodos utilizados para calibración y verificación de instrumentos de pesaje.
  - o Comprobar la capacidad de los técnicos en la aplicación correcta de metodológicas utilizadas por el laboratorio de la empresa.
  
- Equipo y condiciones ambientales
  - o Evaluación del equipo de medición para control de condiciones ambientales.
  - o Control de certificación de masas patrón.
  - o Evaluación del área de trabajo para mantenimiento y calibración de instrumentos de pesaje.

### **3.7.3. Instalaciones y condiciones ambientales**

Para garantizar el aseguramiento de los resultados de los procesos de medición, es indispensable establecer las medidas necesarias para asegurar que las condiciones del área en que se realizan las calibraciones sean tales que no influyan negativamente en el resultado de los mismos, ni comprometan la exactitud requerida de las mediciones realizadas.

Para la realización de las operaciones de confirmación metrológica a los instrumentos de pesaje, se requieren condiciones ambientales determinadas (temperatura, humedad y vibración), por lo tanto, consistirá en una serie de operaciones realizadas por los técnicos para comprobar el cumplimiento de acuerdo a las especificaciones, los métodos y procedimientos aplicables.

El laboratorio de la empresa dispone de los equipos de medida fundamentales que permiten comprobar las condiciones ambientales óptimas para realizar las actividades de calibración, internas o externas (laboratorios de los clientes). Las descripciones de las instalaciones y condiciones ambientales siempre se registran en los certificados de calibración e informes de verificación y validación, de acuerdo a las plantillas propuestas para dichos procesos.

### **3.7.4. Intervalos de calibración de instrumentos**

El período o intervalo de calibración es el tiempo que debe transcurrir entre dos calibraciones sucesivas de un instrumento o patrón, permitiendo que la fiabilidad de los resultados de las medidas realizadas con ese instrumento o patrón esté asegurada durante este tiempo, con una probabilidad elevada, salvo mal uso o avería.

Los intervalos de calibración deben asociarse al costo que implica el tener periodos cortos o muy largos, ya que en ambos casos, existe la posibilidad de elevar los costos por sobreestimación o bien por utilizar instrumentos o patrones fuera de los rangos de especificación, afectando la calidad del producto final. Por lo tanto, el intervalo de calibración debe reducirse al nivel mínimo posible, que permita asegurar la incertidumbre de medición requerida. Los factores que influyen en la determinación de los intervalos de calibración pueden ser variados, sin embargo, para el uso del laboratorio, se tienen en cuenta los siguientes lineamientos, según la recomendación de la norma guatemalteca Coguanor NGR/COPANT/OIML D-10:

- Tipo de instrumento.
- Especificaciones del fabricante.
- Tendencia de datos obtenidos de registros de calibración.
- Registros históricos de mantenimiento y servicio.
- Frecuencia de uso.
- Tendencia al desgaste y deriva.
- Frecuencia de revisiones cruzadas con otros patrones de referencia.
- Frecuencia y calidad de calibraciones y verificaciones internas.
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, vibraciones, entre otras).
- Exactitud requerida de la medición y costo de la calibración.

Así, para el establecimiento de los intervalos de calibración de masas patrón, se debe conocer el error máximo permitido del proceso y, por lo tanto, error máximo permitido con que se puede realizar la medida. En la figura 42 se muestran las tolerancias para masas patrón, según la Recomendación Internacional, OIML R111:04.

Figura 42. Tolerancias para masas patrón

Table 1 Maximum permissible errors for weights ( $\pm \delta m$  in mg)

Nominal value*	Class E <sub>1</sub>	Class E <sub>2</sub>	Class F <sub>1</sub>	Class F <sub>2</sub>	Class M <sub>1</sub>	Class M <sub>1-2</sub>	Class M <sub>2</sub>	Class M <sub>2-3</sub>	Class M <sub>3</sub>
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8		2.5		
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6		2.0		
100 mg	0.005	0.016	0.05	0.16	0.5		1.6		
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4				
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3				
10 mg	0.003	0.008	0.025	0.08	0.25				
5 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
2 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
1 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				

Fuente: Organisation Internationale de Métrologie Légale. *Recomendación Internacional OIML R111:2004*. p. 12.

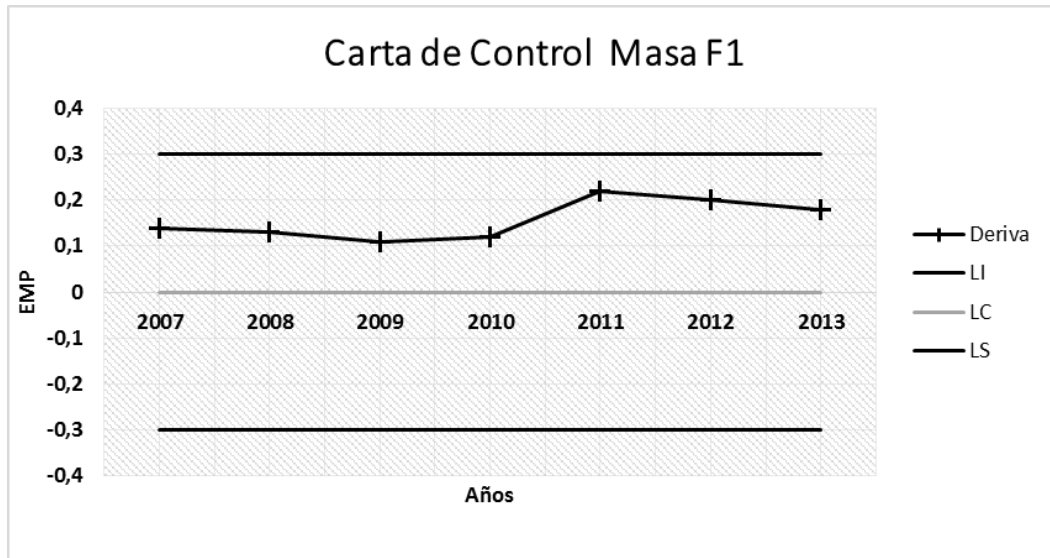
El propósito fundamental de establecer intervalos de calibración, en el laboratorio de la empresa, es garantizar que la incertidumbre de las masas patrón se encuentren dentro de las tolerancias establecidas y no exista duda de los resultados obtenidos durante su uso.

La estimación de intervalos de calibración consiste en una serie de operaciones de acuerdo al método propuesto, en este caso se usarán cartas de control o tiempo-calendario, a continuación se describen las actividades a realizar:

- Elaborar la carta de control para el patrón a evaluar, en función de sus tolerancias, incertidumbres y tiempo, para los ejes Y-X, respectivamente.
- En función de la gráfica obtenida, calcular la deriva, en un punto de calibración con la mayor desviación dentro del alcance de medición.
- De acuerdo a la deriva obtenida y las tolerancias establecidas, calcular el intervalo de calibración.

En la figura 43 se muestra una carta de control para una masa patrón de 50 g, F1 con una tolerancia según especificación, de  $\pm 0,3$  mg.

Figura 43. Masa patrón F1 de 50 g



Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

El cálculo de la deriva se realiza acorde a la siguiente fórmula:

$$\text{Deriva} = \text{desviación} / (t_2 - t_1) = 0,08 \text{ mg/años.}$$

De acuerdo a lo anterior, se estable el periodo para calibración, estimado por medio de la siguiente operación:

$$\text{Intervalo de calibración} \leq (\pm \text{tolerancia} / \text{deriva}) = 0,3 / 0,08 = 3,75 \text{ años.}$$



### 3.7.4.1. Cartas de trazabilidad

Consiste en realizar un proceso documentado de la incertidumbre de medida de cada patrón a utilizar en el proceso de confirmación metrológica. Es decir, realizar una serie de actividades que permita establecer un registro de la trazabilidad de las masas patrón, a un patrón nacional o internacional. La siguiente tabla establece los datos para demostrar la trazabilidad de un patrón.

Tabla XLII. Datos de trazabilidad

Núm. serie	Clase		No. certificación	Trazable a:	Fecha de calibración	incertidumbre
G1326354	F1	20 kg	G7-314 DKD-K- 11801 13- 12	Servicio alemán de Calibración DKD	12/12/2013	30 mg
RBC 002	F1	500 g	CENAME ICM 032 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología	13/04/2011	0,6 mg

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 3.7.5. Plantilla de registro

Esta es una herramienta fundamental, ya que a través de las plantillas propuestas se registrarán todas las tareas que se han hecho en los servicios realizados, creando así un histórico de servicios. El registro de los procesos estará a cargo de la persona designada para la realización de los mismos.

### 3.7.5.1. Mantenimiento

Será debidamente realizada por el técnico asignado a realizar el servicio, quien anotará los datos solicitados generando el registro establecido. A continuación se muestra la plantilla propuesta a utilizar para dicho servicio.

Figura 44. **Plantilla de registro de mantenimiento**

REGISTRO DE MANTENIMIENTO			
Nombre del cliente:		RGT-005RBC	
Descripción del mantenimiento preventivo:		Visto bueno.	
		Sí No	
Descripción del mantenimiento correctivo:		Visto bueno.	
		Sí No	
Datos de cumplimiento:			
Repuestos utilizados:			
Nombre y firma del técnico de mantenimiento.		Fecha:	Hora
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			
Fecha	Tipo de mantenimiento	Realizó	Observaciones

Fuente: elaboración propia.


### 3.7.5.2. Validación

Esta plantilla permitirá dejar constancia de las actividades derivadas del proceso de validación, corresponde al técnico responsable del servicio realizar el registro, está se muestra a continuación.

Figura 45. Plantilla de validación de instrumentos de pesaje

DATOS GENERALES DEL CLIENTE:		
Nombre del cliente:		
Dirección del cliente:		Tel:                      Ext:
Lugar donde se realizó la validación:		
DATOS GENERALES DEL EQUIPO		
Marca:	Modelo:	Núm. Serie:
Código interno:		Instrumento:
Capacidad máxima:	División mínima (d):	Escala de verificación (e):
Balanza usada <input type="checkbox"/>		
Balanza nueva <input type="checkbox"/>		
CUALIFICACIÓN DE INSTALACIÓN (IQ)		
CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA		
Voltaje conexiones eléctricas	115 V.	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	50/60 Hz	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Protección del equipo	UPS o regulador de voltaje	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Instalaciones eléctricas aterrizas	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura ° C	-5 y el 40 °C	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Humedad relativa %	45 y el 60 %	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Flujo de aire y luz	Puertas corredizas	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Ventanas	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Equipo de A/C	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Ventiladores	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Afluencia de personas > 2	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
NIVELES DE VIBRACIÓN		
Mesa de pesada	Estable	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Material antivibratorio	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Material antimagnético	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Equipos cercanos que produzcan vibración	Vehículos	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	Motores u otros equipos	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Continuación de la figura 49.

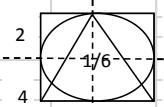

<b>CUALIFICACIÓN DE OPERACIÓN</b>	
<b>EQUIPO</b>	
Tornillos de nivelación:	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Cableado en buen estado :	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Nivelación: REF. 	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Equipo con transformador externo de alimentación	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Plato de carga	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Corta aires	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Periférico	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Trabaja el <i>Switch</i> de encendido	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Indicación de segmentos en pantalla	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Configuración parámetros de pesado	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Test de interno	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Test externo	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Rotulación	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
<b>CONTROL</b>	
Ensayos Metrológicos	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Calibración	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Incertidumbre de Medición	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Capacitación del personal que utiliza el equipo	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Realizado por: _____	Supervisado por: _____
Técnico	Jefe de Laboratorio

Fuente: elaboración propia.

### 3.7.5.3. Calibración

Para garantizar que se aplica el método propuesto de calibración por los técnicos responsables de realizar dicho servicio, se establece la siguiente plantilla de registro, estableciendo así un orden y cumplimiento óptimo de las actividades.

Figura 46. Plantilla registro de calibración de instrumentos de pesaje

FECHA DE CALIBRACIÓN		F. INGRESO		F. EGRESO		CERTIFICADO No.			
<b>Ciente:</b>				Instrumento: Balanza analítica					
<b>Dirección:</b>				Marca:		Modelo:			
<b>Lugar donde se realizaron los ensayos:</b>				Núm. Serie:		Código Interno:			
				División mínima (d):		Clase según calibración:			
				Capacidad máx: (kg)		Capacidad min: (kg)			
				Escala de verificación (e):(kg)		Capacidad Max. a calibrar:(kg)			
Método de calibración utilizado: Por comparación directa.									
Procedimiento Utilizado: RBC-PO-001 Calibración de instrumentos de pesaje no automático y RBC-PO-002 cálculo de la									
Trazabilidad: La trazabilidad se garantiza con el uso de patrones certificados en el Laboratorio del Centro Nacional de Metrología.									
Patrón de Referencia				Patrón Utilizado					
Valor	Clase	Núm. Serie	Núm. Certificado	Valor	Clase	Núm.	Núm. Certificado		
Condiciones ambientales:									
Hora	I.	F.	Temp. °C.	I.	F.	Hum. Rel.	I.	F.	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
Ensayo									
Núm.	Valor de Indicación kg			Diferencia					
1									
2				0,00					
3				0,00					
4				0,00					
5				0,00					
6				0,00					
									
									
				ERROR					
				0,00					
Ensayo									
Núm.	Cap. Min.	50% Max.	Cap. Max.						
	Carga: kg	Carga: kg	Carga: kg						
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
ERROR	0	0	0						
Desv.	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!						
Ensayo									
Núm.	Val. Nom.	Inc. Pat.	Lectura ↑	Lectura ↓	Error ↑	Error ↓	EMP	IDM	Inc. Exp. (kg)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
<p>Nota: Los resultados obtenidos en el presente documento son únicamente válidos para las condiciones del instrumento en el momento de la realización de los ensayos. La incertidumbre expandida está calculada para un intervalo de confianza de no menos del 95 % para un factor de cobertura de K=2, calculada en base a la GUM 1995. Este certificado está referenciado a los procedimientos de ensayo descritos en la norma Coganor NGO 4 015:1999, y cumple con los requerimientos de las normas Coganor NTG ISO-IEC 17025:2005 y con la INTE-ISO 10012:2003. Alteraciones o cambios invalidan el presente. Este certificado no es válido sin la firma original, este documento podrá ser reproducido y utilizado en forma completa solo con la autorización expresa de Multiservicios Electrónicos RBC.</p>									
Observaciones:									
Realizado por:					Revisado por:				
Jefe de Laboratorio:					Gestor de calidad:				

Fuente: elaboración propia.

#### **3.7.5.4. Verificación**

Para finalizar el proceso de confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, es necesario la verificación de los parámetros de control establecidos para los procesos de medición. En la figura 47, se presenta la plantilla de registro para el proceso de verificación, este registro permitirá mantener un control adecuado para cada instrumento en función del cumplimiento de las especificaciones, tolerancias y requisitos del cliente.

#### **3.7.6. Plan de mantenimiento preventivo**

Este será efectuado por los técnicos asignados a realizar el servicio y se basa en inspecciones periódicas y, en algunos casos, en acciones inmediatas al presentarse la falla de una pieza por uso, desgaste o mala operación las cuales no estaban programadas.

Como ya se estableció anteriormente, en el diagrama mejorado del servicio de mantenimiento, se debe realizar un test inicial y final, para garantizar que los instrumentos cumplan con las tolerancias específicas de los mismos. La planificación de las actividades de mantenimiento preventivo se estipula en intervalos semestrales, a continuación en la tabla XLIII se presentan los parámetros a evaluar en los test propuestos.

Tabla XLIII. **Test de evaluación según plan de mantenimiento**

<b>Test de inicial de inspección y funcionalidad.</b>	<b>Test final cuantitativo de verificación de operación.</b>	
Cimentación y chasis	Sistema de tierras de la fuente de poder, AC	
Montajes y apoyos	Voltaje $\pm 10 \%$ .	
Celdas de carga y puente de carga	Comprobar el punto cero	
Caja de conexiones	Verificar y ajustar la sensibilidad	
Cable de red	Desnivelación	
Interruptores y fusibles	Excentricidad $\leq$ EMP	
Indicadores y <i>displays</i>	Repetibilidad $\leq$ EMP	
Etiquetado	Linealidad $\leq$ EMP	

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Plantilla de registro para verificación de instrumento

FECHA DE VERIFICACIÓN				INFORME No.					
Cliente:				Instrumento:					
Dirección:				Marca:		Modelo:			
Lugar donde se realizaron los ensayos:				Núm. Serie:		Código Interno:			
				División mínima (d): (g)		Clase según verificación:			
				Capacidad máx: (g)		Capacidad mín: (g)			
				Escalón de verificación (e):(g)		Capacidad máx. a verificar:(g)			
Patrón de Referencia				Patrón Utilizado					
Valor	Clase	Núm. Serie	Núm. Certificado	Valor	Clase	Núm. Serie	Núm. Certificado		
Condiciones ambientales:									
Hora	I.	F.	Temp. °C.	I.	F.	Hum. Rel.	I.	F.	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS									
Ensayo de excentricidad									
Valor Nominal									
Núm.	Valor de Indicación g		Diferencia g						
1					2				
2			0,00		3				
3			0,00		4				
4			0,00		5				
5			0,00						
6			0,00						
Ensayo de repetibilidad									
Núm.	Cap. Min.	50% Max.	Cap. Max.						
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
ERROR									
Desv. Std									
Ensayo de linealidad									
Núm.	Val. Nom. (g)	Inc. Pat. (g)	Lectura ↑	Lectura ↓	Error ↑	Error ↓	EMP	IDM	Inc. Exp. (g)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA									
Variable proceso	Límites de control	Factor de riesgo fr	U requerida	U actual	Índice de consistencia	DECISIONES Y ACCIONES			
						IDENTIFICACION DEL ESTADO DEL INSTRUMENTO, NECESITA AJUSTE O REPARACIÓN.			
Realizado por:					Revisado por:				
Jefe de Laboratorio:					Gestor de calidad:				

Fuente: elaboración propia.



### 3.7.7. Plan de mantenimiento correctivo

Este se basa en hacer las reparaciones necesarias cuando surge un problema en el funcionamiento de los instrumentos y de acuerdo a la plantilla de registro de mantenimiento, además de la aplicación del test final cuantitativo.

### 3.7.8. Trazabilidad de masas patrón

La trazabilidad de los patrones del laboratorio, se demuestra por medio de los certificados de calibración de los mismos, por lo tanto, se presenta en la tabla XLIV las especificaciones de los patrones utilizados en el proceso de confirmación metrológica.

Tabla XLIV. Trazabilidad de patrones

G1326354	F1	20 kg	G7-314 11801	DKD-K- 13-12	Servicio alemán de Calibración DKD
2011506	F1	2mg-5kg.	CENAME 027	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 001	F1	2mg-500g.	CENAME 033	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 002	F1	500g	CENAME 032	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 003	F1	500g°	CENAME 032	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 004	M2	10 kg	CENAME 028	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 005	M1	20 kg	CENAME 018	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 006	M2	20 kg	CENAME 029	MCM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 007	M1	20 kg	CENAME 030	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología
RBC 008	M2	20 kg	CENAME 031	ICM 2011/04	Laboratorio Nacional de Metrología

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### **3.7.9. Almacenaje de equipos y masas patrón**

Para los equipos o patrones usados en las actividades de confirmación metrológica, sujetos a calibración o mantenimiento, se deberá detallar la siguiente información:

- Nombre genérico del equipo
- Actividad de control (calibración, mantenimiento, verificación)
- Indicación de si la actividad de control es interna o externa
- Referencia al registro asociado (certificado de calibración u otro)
- Periodicidad de la actividad y fecha próxima de la actividad indicada

Para las masas patrón de clase F1 utilizadas en el laboratorio, su almacenaje se realizará en cajas de madera, lo cual garantiza una elevada protección frente a la contaminación, el polvo, una manipulación descuidada y los cambios de temperatura. A continuación se presenta el procedimiento de transporte de masas patrón, cuando se realizan las actividades de confirmación metrológica en los laboratorios de los clientes:

- Toda masa patrón que posea caja de transporte, deberá transportarse con mucho cuidado en sus respectivas cajas para evitar daños o descalibración de las mismas.
- Luego, se deben ubicar en el vehículo de transporte de tal manera que estén protegidas contra agentes externos (humedad y polvo) que pudieran afectar su exactitud.

- La manipulación de las masas F1 se efectúa con guantes y pinzas especiales para garantizar que no se contaminen y no existan resultados erróneos en la actividad de calibración y verificación.
- El almacenaje de las masas patrón dentro del laboratorio deberá realizarse por medio de estanterías en el almacén, para una protección óptima contra agentes como humedad o polvo.

#### **3.7.10. Tiempo de ejecución**

El tiempo de ejecución del trabajo dependerá de la dificultad del mismo y de la capacidad y habilidad de los técnicos asignados para brindar el servicio a los instrumentos de pesaje, siempre teniendo en cuenta que se debe realizar en el menor tiempo posible, pero sin descuidar la calidad del trabajo. Con los procesos propuestos, el mejor manejo de las masas patrón y el previo análisis en las fallas o averías presentadas por los instrumentos, se podrá ejecutar el proceso de confirmación metrológica y mantenimiento en tiempos aptos a los procesos de producción, con lo cual se obtendrá mayor satisfacción de los clientes.

#### **3.7.11. Capacitación del personal**

Esta se realizará contratando temporalmente una persona en periodos programados por la empresa, de tal manera que los técnicos aprendan la correcta aplicación de las metodologías propuestas, así como el uso del software, aplicando a las actividades descritas en el presente trabajo, con el fin de obtener mejor habilidad y destreza en el trabajo realizado, demostrando así la competencia técnica.

La capacitación será indispensable para el mejor uso de la capacidad instalada de la empresa, con lo cual se obtendrá satisfacción en el servicio proporcionado por la misma.

### **3.8. Costos**

Los costos implícitos de los procesos propuestos y las mejoras de los actuales inciden principalmente en el personal requerido para realizar las actividades y la adquisición de equipo relacionado con los servicios de confirmación metrológica.

#### **3.8.1. Planilla**

De acuerdo a lo planteado en el organigrama propuesto, se estima la contratación de personal, el cual puede ser a tiempo completo, es decir, por planilla, o bien, por un proceso de subcontratación. En ambos casos existen costos implícitos que inciden en las utilidades de la empresa. A continuación se brinda una estimación de la planilla de la empresa para un periodo mensual, de acuerdo al personal propuesto.

Tabla XLV. **Estimación de costos por planilla**

Núm.	NOMBRE	DIAS TRABAJADOS	SUELDO BASE	SUELDO ORDINARIO	TOTAL BONIFICACIONES	TOTAL DEDUCCIONES	LÍQUIDO A RECIBIR
1	Gerente general	31	Q 10 000,00	Q 10 000,00	Q 250,00	Q 483,00	Q 9 767,00
2	Jefe de Laboratorio	31	Q 5 000,00	Q 5 000,00	Q 250,00	Q 241,50	Q 5 008,50
3	Secretaria	31	Q 2 280,34	Q 2 280,34	Q 250,00	Q 110,14	Q 2 420,20
4	Técnico 1	31	Q 2 280,34	Q 2 280,34	Q 250,00	Q 110,14	Q 2 420,20
5	Técnico 2	31	Q 2 280,34	Q 2 280,34	Q 250,00	Q 110,14	Q 2 420,20
6	Gestor de calidad	31	Q 6 000,00	Q 6 000,00	Q 250,00	Q 289,80	Q 5 960,20
7	Contador	31	Q 2 750,00	Q 2 750,00	Q 250,00	Q 132,83	Q 2 867,18
8	Ejecutivo de ventas	31	Q 2 750,00	Q 2 750,00	Q 250,00	Q 132,83	Q 2 867,18
	<b>TOTAL</b>		<b>Q 30 591,02</b>	<b>Q 30 591,02</b>	<b>Q 1 500,00</b>	<b>Q 1 344,72</b>	<b>Q 27 996,30</b>

Fuente: elaboración propia.

El análisis anterior se realizó basándose en el salario mínimo vigente, incluyendo bonificaciones y deducciones de ley, con el fin de establecer un parámetro realista que ayude a la toma de decisiones.

### 3.8.2. Subcontratación

En función de lo planteado en el inciso anterior, se propone la subcontratación de personal, lo cual tendrá beneficios a corto plazo, ya que es una estrategia que se utilizará únicamente mientras la empresa logra un crecimiento sostenible que admita la contratación formal a tiempo completo para los siguientes puestos:

- Contador
- Gestor de calidad
- Ejecutivo de ventas

- Técnico (dependiendo de la demanda de los servicios)

Al realizar un análisis de porcentajes, con y sin los puestos propuestos, se puede establecer que los costos por planilla actuales son de un 70 %, es decir, los puestos propuestos solo aumentarían los costos en un 30 %, la subcontratación es un proceso que brindará a la empresa un mejor rendimiento de sus utilidades a corto plazo, sin embargo, es de hacer notar que esta estrategia conlleva a disminuir la calidad en los servicios, ya que la disponibilidad de las personas no es la adecuada para atender al cien por ciento las exigencias de los clientes y creará sobrecarga de trabajo en las personas que desempeñen los puestos a tiempo completo.

### **3.8.3. Herramienta y equipo**

De acuerdo a los servicios brindados, los procesos propuestos y los controles de calidad, es necesario la obtención de mayor capacidad en cuanto a equipo y masas patrón se refiere, por lo tanto, se contempla la adquisición de los mismos. A continuación se hace la descripción:

- 10 masas M1 de 20 kg, para tener una alcance de media tonelada.
- Instrumento de pesaje de precisión, clase fina, con capacidad de 60 kg con resolución de 0,1 g.
- Set de masas E2.
- Masa patrón F1 de 20 kg.

Con la adquisición del equipo anterior y la capacidad actual, se podrá brindar de forma óptima el servicio de calibración y verificación de instrumentos de pesaje de clase especial (I), fina (II) y media (III).

## **4. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.1. Presentación de la implementación**

Para llevar a cabo las propuestas descritas para la empresa, es necesario la participación activa de las personas que laboran actualmente. Es esencial la participación de la gerencia, pues de esta depende la supervisión y toma de decisiones en cuanto a los objetivos y políticas a seguir, para el cumplimiento de las mejoras.

En el capítulo anterior se establecieron las propuestas y, de acuerdo a estas, los factores de mayor influencia en la implementación de las mismas son la capacitación del personal actual, la contratación o subcontratación de nuevos puestos y la adquisición de equipos para tener un alcance mayor a cubrir para la prestación de servicios. Es de vital importancia tener el personal con la competencia técnica comprobable, para la correcta aplicación de las metodologías propuestas, en la confirmación metrológica de los instrumentos de pesaje.

A continuación se describirá la estructura para la implementación en la empresa, con el fin de obtener resultados óptimos para la misma.

#### **4.1.1. Objetivos**

- Cumplir con los requisitos del cliente, de acuerdo a sus procesos de producción y especificaciones.

- Aumentar la productividad de acuerdo a los procesos propuestos.
- Aplicar metodologías estandarizadas.
- Mejorar la destreza y la habilidad de los trabajadores en la realización de los servicios.
- Establecer registros que permitan un mejor control sobre los servicios realizados a los instrumentos.
- Mejorar la atención al cliente adquisidor del servicio.
- Mejorar los ingresos de la empresa.
- Obtener nuevos clientes.
- Capacitar al personal para el óptimo desarrollo de sus puestos.
- Cumplir con los requerimientos de calidad tanto de la empresa como de los clientes.

#### **4.1.2. Políticas**

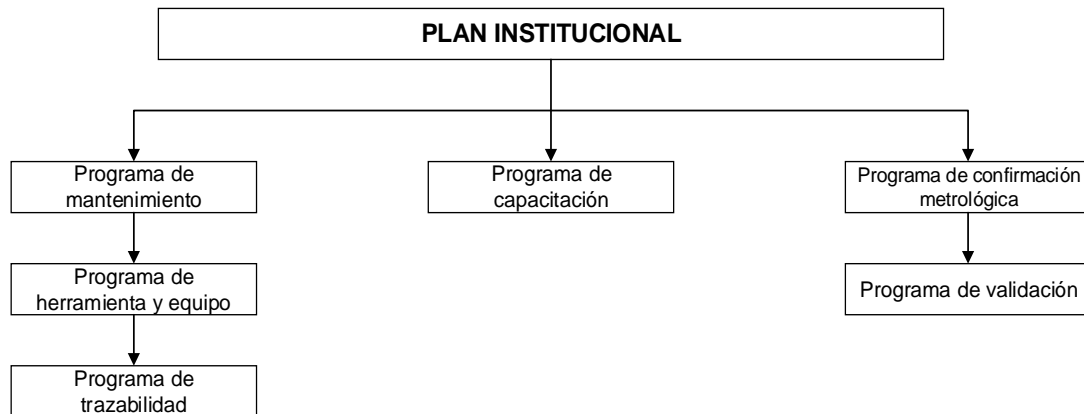
- Brindar un servicio acorde a las necesidades y requerimientos de los clientes.
- Brindar un servicio de calidad por medio del uso de metodologías estandarizadas y validadas.
- Cumplimiento de los servicios en el tiempo establecido en cada solicitud.
- Compromiso de utilizar equipos que demuestren su trazabilidad.
- Compromiso de garantizar la fiabilidad de los resultados derivados de los procesos de calibración y verificación.
- Brindar un servicio realizado exclusivamente por personal capacitado en el área.



## 4.2. Programas y planes de acción

De acuerdo a los procesos, objetivos y políticas planteados se presenta, en la figura 48, los programas propuestos que constituyen el plan global de mejoras.

Figura 48. Plan de implementación



Fuente: elaboración propia.

### 4.2.1. Programas

Es esencial establecer de forma sistemática los programas para garantizar que existen directrices a seguir, facilitando así ejecutar las actividades en el área de trabajo para el proceso de confirmación metrológica de instrumentos de pesaje. Todo programa deberá respetarse para lograr el cumplimiento de las metas, estos se describen en los siguientes numerales y deberán satisfacer los lineamientos mínimos descritos en la tabla XLVI:

Tabla XLVI. **Formato de los parámetros de los programas propuestos**

<b>Programa:</b>							
<b>Objetivo:</b>							
•							
Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.1. **Adquisición de equipo y herramientas a utilizar en el mantenimiento de instrumentos**

A continuación se presenta la descripción del programa para la adquisición de equipo y herramienta utilizados para brindar el servicio de mantenimiento de instrumentos. Este programa permitirá que exista un cumplimiento de la capacidad requerida por los procesos de medición y acordes a las necesidades de los clientes.

Tabla XLVII. **Programa de herramienta y equipo**

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC	<b>Dirección</b> Villa Nueva	<b>Gerente general</b>
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.		
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.		
<b>Programa para la adquisición de equipo y herramientas</b>		
<b>Objetivo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar servicios de mantenimiento, de forma óptima con la herramienta y equipos adecuados.</li> <li>• Cumplir con los requerimientos de calidad tanto de la empresa como para los clientes.</li> <li>• Demostrar la trazabilidad de los patrones a utilizar</li> </ul>		

Continuación de la tabla XLVII.

Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Ampliación de herramienta y equipo	Estanterías para el almacenamiento de las mismas	Jefe de Laboratorio	5 000,00	Gerencia	Durante 2014 y 2015	- Contar con las herramientas adecuadas. - Procesos de mantenimiento eficiente.
2	Adquisición de masas patrón	Estanterías para el almacenamiento de las mismas	Jefe de Laboratorio	20 000,00	Gerencia	Durante 2014 y 2015	- Contar con masas trazables.
3	Adquisición de instrumento de pesaje comparador.	Mesa de mármol adecuada para su instalación.	Jefe de Laboratorio	15 000,00	Gerencia	Durante 2014 y 2015	- Verificación de patrones de trabajo. - Validar metodologías. - Capacitación de personal.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.1.1. Equipos y su trazabilidad

En la tabla XLVIII se presenta la descripción del programa para garantizar la trazabilidad de los patrones utilizados en las actividades de confirmación metrológica, de acuerdo a un intervalo de 3 años, según el método propuesto de cartas de control.

Tabla XLVIII. Programa de trazabilidad

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC	<b>Dirección</b> Villa Nueva	<b>Gerente general</b>
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.		
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.		
<b>Programa garantía de trazabilidad</b>		
<b>Objetivo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostrar la trazabilidad de los patrones a utilizar</li> </ul>		

Continuación de la tabla XLVIII.

Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Calibración de masas patrón - 2 set de masas F1 - 20 masas M1 de 20 kg - 3 masas M2 de 10 kg	Estanterías para el almacenamiento de las mismas	Jefe de Laboratorio	Variable	Gerencia	Durante 2015, a intervalos de 3 años como mínimo.	- Cumplir con los requerimientos de calidad. - Cumplir con las tolerancias de los clientes - Demostrar la trazabilidad, en los procesos de confirmación metrológica.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.2. Capacitación del personal

Uno de los factores fundamentales en la implementación de las mejoras propuestas, es el tener personal que demuestre la competencia técnica necesaria para la realización de los procesos y servicios brindados por la empresa. Por lo tanto, el programa propuesto para que se cumpla con los requerimientos y brinde los beneficios necesarios a la empresa de forma viable se presenta en la tabla XLIX:

Tabla XLIX. Programa de capacitación

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC	<b>Dirección</b> Villa Nueva	<b>Gerente general</b>
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.		
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.		
<b>Programa para la capacitación del personal</b>		
<b>Objetivo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostrar la competencia técnica del personal</li> <li>• Cumplir con los requerimientos de calidad de la empresa y de los clientes.</li> </ul>		

Continuación de la tabla XLIX.

Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Talleres prácticos de formación para la calibración y verificación de instrumentos de pesaje.	Instituciones gubernamentales e instituciones dedicadas a la rama de metrología.	Gerente General	Variable	Gerencia y personal.	A partir del 2015, se recomienda mínimo 2 talleres por año.	- Personal con habilidades y destrezas aptas para brindar los servicios a los clientes.
2	Capacitación de los siguientes temas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo de la incertidumbre</li> <li>- Métodos para calibración y verificación.</li> <li>- Uso de software aplicable a metrología</li> <li>- Estadística aplicada a metrología</li> </ul>	Instituciones gubernamentales e instituciones dedicadas a la rama de metrología.	Gerente General	Variable	Gerencia y personal.	A partir del 2015, se recomienda mínimo 2 capacitaciones por año.	- Personal con los conocimientos necesarios para garantizar los resultados derivados de los procesos de confirmación metrológica.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.3. Validación

Uno de los procesos a implementar es la validación, como parte de la planificación de operaciones se presenta en la tabla L el programa para la implementación del mismo.

Tabla L. Programa de implementación de validación

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC		<b>Dirección</b> Villa Nueva			<b>Gerente general</b>		
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.							
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.							
<b>Programa para la implementación del proceso de validación</b>							
<b>Objetivo</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Garantizar la instalación y operación de los instrumentos de pesaje</li> </ul>							
Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Explicación de métodos y aplicación, <i>in situ</i> .	Personal  Metodologías estandarizadas  Plantillas de registro	Jefe de Laboratorio	Variable	Gerencia	Transcurso del 2014 y 2105.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplir con los requerimientos de calidad.</li> <li>Establecer un control sobre los instrumentos instalados.</li> <li>Satisfacción del cliente.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.4. Mantenimiento

Para garantizar el óptimo funcionamiento de los instrumentos de pesaje y realizar el proceso de confirmación metrología, es necesario tener directrices que ayuden a los técnicos a realizar dichas actividades. Por lo tanto, se deben implementar los registros que demuestren las condiciones bajo las cuales se realizó el servicio de mantenimiento, evitando así cualquier reclamo que pudiera existir. En la tabla LI se presenta el programa:

Tabla LI. Programa de mejoras al proceso de mantenimiento

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC		<b>Dirección</b> Villa Nueva			<b>Gerente general</b>		
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.							
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.							
<b>Programa de implementación de mejoras al proceso de mantenimiento de instrumentos de pesaje</b>							
<b>Objetivo</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar el óptimo funcionamiento de los instrumentos.</li> <li>• Evitar pérdidas por instrumentos que presentan fallas.</li> </ul>							
Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Explicación del método propuesto y aplicación de registros, <i>in situ</i> .	Personal Registros	Jefe de Laboratorio	Variable	Gerencia	Transcurso del 2014 y 2105.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer un control de servicios por medio de registros.</li> <li>- Satisfacción del cliente.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.5. Confirmación metrológica

El proceso principal a implementar es el de confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, el cual implica realizar diferentes operaciones utilizando los procedimientos y metodologías propuestas, esto permitirá garantizar el aseguramiento de los resultados de los procesos de medición. En la tabla LII se muestra el programa y se describen las actividades que se necesitan para implementar este proceso.

Tabla LII. Programa de implementación de confirmación metrológica

<b>Empresa:</b> Multiservicios Electrónicos RBC		<b>Dirección</b> Villa Nueva			<b>Gerente general</b>		
<b>Visión</b> Llegar a ser una empresa líder en el mercado guatemalteco y centro americano, que brinde un servicio profesional especializado y personalizado a la industria, universidades, entidades no gubernamentales y todas aquellas empresas dedicadas a la investigación y control de calidad.							
<b>Misión</b> Trabajar día a día comprometidos con nuestros clientes, practicando altos valores de moral y ética, sirviéndoles en la venta, distribución, capacitación y reparación de: equipo de laboratorio, equipo de topografía e instrumentos de pesaje.							
<b>Programa de implementación del proceso de confirmación metrológica</b>							
<b>Objetivo</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la confirmación metrológica de instrumentos de pesaje.</li> <li>• Cumplir con los requisitos y tolerancias de los instrumentos.</li> <li>• Demostrar el estado de calibración y verificación de los instrumentos.</li> <li>• Demostrar la fiabilidad de los resultados de medición por medio del cálculo de la incertidumbre.</li> <li>• Aplicación de métodos estadísticos en el aseguramiento de los resultados.</li> </ul>							
Núm.	Actividades	Recursos	Responsable	Costo (Q)	Fuente de financiamiento	Fecha de inicio y finalización	Resultados y metas
1	Explicación del método propuesto y aplicación de registros, <i>in situ</i> .	Personal Registros	Gerencia Jefe de Laboratorio Gestor de calidad	Variable	Gerencia	Tránsito del 2014 y 2105.	- Establecer un control de servicios por medio de registros. - Satisfacción del cliente.
2	Explicación del uso de software aplicado al cálculo de incertidumbre	Plantilla de hoja de cálculo. Personal Equipo de cómputo	Gerencia Jefe de Laboratorio Gestor de calidad	Variable	Gerencia	Tránsito del 2014 y 2105.	- Uso óptimo de equipo y software de cómputo. - Personal capacitado. - Cumplimiento con la evaluación de sistemas de medición.
3	Explicación del uso de herramientas estadísticas y de control	Plantilla de estudios R&R.	Gerencia Jefe de Laboratorio Gestor de calidad	Variable	Gerencia	Tránsito del 2014 y 2105.	- Uso óptimo de equipo y software de cómputo. - Personal capacitado. - Evaluar los sistemas de medición.

Fuente: elaboración propia.



#### **4.2.1.6. Asesoría**

El programa de asesoría estará a cargo del gerente general, quien será el encargado de proponer al personal necesario para realizar las mejoras, tanto a la infraestructura de la empresa como a nuevas tareas que se requieran desarrollar a partir de las propuestas realizadas por medio de este trabajo.

#### **4.2.2. Planes**

En la implementación de mejoras a los servicios es indispensable contar con planes de comercialización, con el objetivo de dar a conocer los beneficios para captar nuevos clientes y crear confianza por medio de la mejora continua con los clientes actuales.

##### **4.2.2.1. Comercialización**

El plan de comercialización se enfocará en los siguientes aspectos, con el fin de obtener mejores utilidades para la empresa:

- Definición del rubro de la empresa: los servicios brindados son validación, calibración, verificación y venta de instrumentos de pesaje.
- Necesidades a cubrir: a través de los servicios se garantizarán los resultados de los sistemas de medición, por medio de la confirmación metrológica de los instrumentos, en las diferentes industrias que lo requieran.

- Competencia: de acuerdo a la ubicación de la empresa existen varias empresas que brindan los servicios de calibración, es por ello que el presente trabajo impulsa a la mejora y aplicación de nuevos procesos, con el fin de establecer una diferencia y cumplir así con las exigencias de los clientes.
- Características del servicio: para el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en las diferentes industrias, se propone la aplicación de metodologías estandarizadas y documentadas que brinden indicadores de mejora a los procesos de medición de la empresa y los clientes.
- Precio: el precio es variable en función de los requerimientos del cliente y el alcance de los instrumentos y sistemas de medición.
- Canales de distribución del servicio: la empresa cuenta con página web, además de esto se establece el envío de información vía correo electrónico y telefónica.
- Políticas y programas: se deberá respetar e impulsar mejoras en las políticas y programas ya establecidos, para obtener la satisfacción del cliente.

#### **4.2.2.2. Servicios**

Es necesario establecer parámetros diferenciadores en la prestación del servicio de confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, ya que este depende del alcance y la capacidad instalada de la empresa, acorde a esto, se presenta en la tabla LIII el alcance para la prestación de servicios.

Tabla LIII. Alcance de los servicios

<b>Calibración y Verificación</b>		
<b>Rango máximo 300 kg</b>		
<b>Instrumentos de pesaje no automático</b>		
<b>Método por comparación directa, referenciado a la norma Coguanor NGO 4015.</b>		
<b>Rango</b>	<b>Resolución</b>	<b>Clase de exactitud</b>
0,1 mg – 400 g	$d \geq 0,001 \text{ g}$	Especial (I)
400,1 g – 6 kg	$d \geq 0,001 \text{ g}$	Fina (II)
6,1 kg – 30 kg	$d \geq 0,01 \text{ g}$	Fina (II)
30,1 kg – 50 kg	$d \geq 0,1 \text{ g}$	Media (III)
50,1 kg – 100 kg	$d \geq 0,5 \text{ g}$	Media (III)
100,1kg – 300 kg	$d \geq 10 \text{ g}$	Ordinaria (IIII)

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

#### **4.2.3. Responsables de la ejecución de los programas y planes**

Los responsables de la implementación y ejecución de los programas y planes derivados de propuestas realizadas son el gerente general y el jefe de Laboratorio, quienes tienen la experiencia para la toma de decisiones en cuanto a la contratación del personal, adquisición de equipos en función de marcas y precios y, así, brindar un mejor servicio según los requerimientos de los clientes.

##### **4.2.3.1. Gerencia**

Es necesario, para la implementación de mejoras, el compromiso de la Gerencia para garantizar el cumplimiento de la adquisición de los recursos necesarios para el correcto desenvolvimiento de las operaciones en los procesos metrológicos.

La Gerencia tiene la responsabilidad de velar porque la empresa cumpla con las expectativas de los procesos planteados.

#### **4.2.3.2. Servicio al cliente**

Las actividades de servicio al cliente estarán a cargo, por medio de un trabajo conjunto, de la Gerencia, el jefe de Laboratorio y la secretaria, quienes son los encargados de revisar los contratos, informes de resultados y solicitudes, respectivamente. De esta manera se obtiene la retroalimentación necesaria para cumplir con el ciclo de mejora continua en la empresa.

#### **4.2.3.3. Departamento Técnico**

El área Técnica, a cargo del jefe de Laboratorio, tiene como responsabilidad la capacitación de los técnicos en las metodologías y documentación a utilizar. También, velar que los procesos de medición se cumplan de acuerdo a los estándares establecidos, con el fin de garantizar los resultados derivados de dichos procesos.

### **4.3. Tiempo para la ejecución**

El tiempo promedio que se espera para llevar a cabo las mejoras será alrededor de 1 a 2 años, que es el tiempo requerido para la obtención de los recursos necesarios y la capacitación mínima de los técnicos que realizarán las operaciones establecidas.

#### **4.3.1. Adquisición de herramienta y equipo**

De acuerdo al programa planteado, se estableció un periodo que deberá culminar a finales del 2015, con el fin de cumplir con los estándares de calidad derivados de los procesos de medición y requerimientos de los clientes. También, se establecieron los periodos o intervalos de calibración de masas patrón para garantizar los resultados y trazabilidad de las mediciones.

#### **4.3.2. Capacitación del personal**

Los periodos para la capacitación del personal varían en función de la capacidad y experiencia de cada persona, además, debe ser un proceso continuo. Sin embargo, como mínimo, se propone una capacitación semestral, en los temas ya planteados y dirigidas a los diferentes puestos de la empresa. Es conveniente realizar el proceso de capacitación en los periodos de menor demanda de los servicios.

#### **4.3.3. Comercialización**

Para llevar a cabo la ejecución del plan de comercialización se tendrá un máximo de 6 meses. En este periodo, se dará a conocer a los clientes, por medio de vías electrónicas, los nuevos servicios y mejoras a los procesos establecidos, con el fin de mejorar sus procesos productivos, esto estará a cargo de la Gerencia y el Departamento Técnico.

#### **4.4. Principios de calidad**

En el ramo de la metrología, existen diferentes exigencias de acuerdo al tema de calidad. Una empresa consigue un importante aumento de confianza al estar preparada para cumplir las normas nacionales e internacionales, esto se logra por medio del establecimiento de estándares aplicados a los instrumentos, metodologías, procesos y competencia técnica del personal, ya que, de acuerdo a esto, se garantiza que se cumplan los requisitos de calidad.

Las características que se consideran dentro los principios de calidad enfocados al rubro de la empresa, son:

- Procesos de medición documentados.
- Métodos estandarizados y validados.
- Aseguramiento de los resultados de medición.
- Mejora continua de los procesos.
- Fiabilidad de los proceso de medición por medio de patrones trazables y cálculo de la incertidumbre.

Las medidas anteriores son fundamentales y se deben adoptar para generar la calidad deseada y requerida en los procesos de medición. Por lo tanto, se establecen tres áreas importantes para el cumplimiento del proceso de confirmación metrológica de instrumentos:

- Adecuación del trabajo rutinario, es decir, fomentar el uso de metodologías establecidas con el fin de obtener resultados satisfactorios con el uso mínimo de recursos.

- Vigilancia de los instrumentos y equipos de ensayo durante el trabajo rutinario, con el fin de garantizar que los resultados reportados son aptos para el sistema de medición.
- Documentación, se puede considerar como el requisito más importantes debido a que esto permite obtener un mejor control sobre los procesos y garantizar que puedan ser evaluados, es decir, demostrar que los sistemas de medición son consistentes a los procesos de producción.





## **5. SEGUIMIENTO DEL MÉTODO PROPUESTO**

### **5.1. Resultados obtenidos**

Con la implementación del proceso de validación y confirmación metrológica, además de las mejoras propuestas, lo que se logrará será brindar un mejor servicio por medio de métodos y procedimientos estandarizados, garantizar la competencia técnica del personal, elevar el nivel de calidad por medio del uso de herramientas estadísticas, obteniendo de esta manera mayores utilidades y disminución de costos en la empresa.

#### **5.1.1. Capacitación del personal**

Será realizada en función del programa propuesto y con base en los temas que inciden en la implementación de las mejoras. Los resultados que se esperan a través de este programa es generar la confianza con los clientes, al contar con personal especializado en el área de metrología y calidad.

##### **5.1.1.1. Competencia técnica**

Es esencial para la realización del proceso de confirmación metrológica, el contar con personal que posea experiencia, habilidades y formación en áreas especializadas para el trabajo desempeñado. Por lo tanto, por medio del programa establecido, se ha contemplado que el personal cumpla con los requisitos y pueda desempeñar su cargo de forma óptima.

### **5.1.2. Equipo y herramienta**

Los resultados obtenidos, en cuanto a la adquisición de equipo y herramienta es de garantizar que se cumple con la capacidad para llevar a cabo las tareas de validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje, además de brindar los recursos necesarios para que los técnicos realicen sus labores sin contratiempos siguiendo los métodos a implementar.

### **5.1.3. Validación y confirmación metrológica**

Los resultados obtenidos al implementar el proceso de validación y confirmación metrológica, han sido planteados en función de los objetivos del programa, por lo tanto, es necesario que se cumpla con dicho programa, ya que esto permitirá alcanzar las metas esperadas en la empresa y con los clientes.

## **5.2. Observación y análisis de procesos**

Para la mejora continua de los procesos establecidos, resulta indispensable usar el método de observación, el cual permitirá verificar si se cumple con lo estipulado en la prestación del servicio y los compromisos atribuidos a la Gerencia, con el fin de brindar un mejor servicio.

El análisis se hará en función de los registros creados a través de la realización de los procesos, lo cual permitirá establecer defectos en los trabajos ejecutados, ayudando a la toma de decisiones y proponiendo las mejoras correspondientes a los trabajos realizados en los instrumentos.

### **5.2.1. Evaluación**

Consistirá en verificar si el rendimiento y desarrollo de las actividades realizadas por los trabajadores son acordes a los métodos propuestos y si se realiza la documentación establecida para el registro de dichas actividades. Se llevará a cabo por medio del archivo generado para cada cliente, mensualmente.

### **5.2.2. Control**

Al proporcionar los servicios de validación y confirmación metrológica, es necesario tener un control sobre dichas actividades, por lo tanto, cada registro generado de las actividades de calibración y verificación, deberá llevar un código único para la identificación del certificado o informe brindado a los clientes. Este código será según a las siguientes siglas y números:

- RGT, que significa registro técnico
- Número correlativo que inicia año con año
- Seis números derivados de la fecha de realización del servicio

Para ejemplificar lo anterior, un código podría ser RGT01-280714, donde los números 28, 07 y 14 corresponden al día, mes y año en que se realizó el informe o certificado de calibración y verificación.

Dicho control permitirá crear una base de datos que servirá para evaluar los periodos de mayor captación del servicio, también, para tener un control anual de los servicios brindados y analizar las utilidades derivadas de los mismos.

### **5.2.3. Normas**

Se refiere a los lineamientos a seguir para efectuar actividades cotidianas en el área de trabajo, obteniendo así resultados esperados acordes a la planificación de la empresa. Estos lineamientos son los siguientes:

- Presentarse puntual a las labores designadas.
- Utilizar la indumentaria adecuada acorde los procesos de producción de los clientes.
- Respetar las señales establecidas en las áreas de trabajo.
- Transportar y utilizar adecuadamente los instrumentos y equipos a utilizar.
- Informar de cualquier eventualidad que pueda retrasar las actividades designadas.
- Dejar las áreas de trabajo en orden después de realizar los trabajos designados.
- No consumir sustancias que puedan alterar su estado emocional y mental.
- Verificar que las herramientas e instrumentos estén completos y en perfecto estado después de realizar los trabajos.

### **5.3. Evaluación de las estrategias de servicio**

Consistirá en verificar si el rendimiento y desarrollo de las actividades se llevan a cabo, según lo designado antes del inicio de actividades.

### **5.3.1. Seguimiento al cliente**

Consistirá en la evaluación periódica de las solicitudes, ofertas y contratos, con el fin de establecer si se cumplió con las especificaciones establecidas en dichos documentos, o si existió algún evento inusual o quejas de parte del cliente que puedan ser corregidos en los servicios próximos.

### **5.4. Evaluación basada en la apreciación del desempeño**

Esta ayudará a obtener los resultados esperados para la empresa y se llevará a cabo por medio de la observación y el control del jefe de Laboratorio, con un control basándose en los servicios realizados y el cumplimiento del trabajo de los técnicos.

### **5.5. Mejora continua**

Permitirá brindar a la empresa los parámetros esenciales que ayuden a mejorar cada proceso, derivado de las operaciones de validación, confirmación metrológica y mantenimiento de los instrumentos de pesaje. Las herramientas y técnicas utilizadas son las descritas a continuación:

#### **5.5.1. Por medio de controles estratégicos**

Los controles estratégicos a utilizar serán en función de las metas y fechas establecidas, en los diferentes programas a utilizar para la capacitación del personal. La adquisición de equipo, herramienta y los procesos de validación, mantenimiento y confirmación metrológica, ya que serán claros indicadores de los progresos realizados así mismo de las mejoras que se pueda incluir.

### 5.5.2. Por medio de auditorías internas

Las auditorías serán aplicables a diferentes actividades como evaluación de documentación de los servicios realizados, aplicación de metodologías estandarizadas, uso de equipo y herramientas con trazabilidad demostrable, competencia técnica del personal. A continuación, se presenta la plantilla a utilizar para dicha actividad.

Figura 49. **Plantilla de auditoría**

PROCESO AUDITADO:		Núm. HOJA	Auditor/es:
ALCANCE Y FINALIDAD			Núm. Auditoría:
Requisitos de la documentación, otros:			Fecha inicio:
			Hora inicio:
			Fecha final:
			Hora final:
Documentación aplicable.			
Personas entrevistadas.			
<b>RESULTADO DE LA AUDITORIA ANTERIOR</b>			
No conformidades.	Estado.		
<b>OBSERVACIONES DERIVADAS DE LA AUDITORIA</b>			
<b>NO CONFORMIDADES</b>			
<b>CALIFICACIÓN</b> (1)	<b>BASADO EN</b>	<b>DESCRIPCIÓN NO CONFORMIDAD</b>	<b>EVIDENCIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Se adjunta como anexo los informes de No Conformidad</b></li> </ul>			
(1) Calificar N.C. según:	CALIFICACIÓN TOTAL N.C.		F. Auditor/es.
1. Desviación menor: afecta poco al resultado de los procesos.			F. Responsable Auditado.
2 Desviación moderada. En ciertas condiciones puede afectar a los procesos			
3 Desviación importante. Puede provocar defectos o errores que afecten a la satisfacción del cliente.			

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

### 5.5.3. Por medio de objetivos y políticas

En el capítulo anterior se describieron los objetivos y políticas a tener en cuenta que surgen de la implementación de las propuestas realizadas. A través de esto, se podrán evaluar las actividades realizadas en los servicios y proponer mejoras, además, se podrá puntualizar apoyándose en los objetivos derivados de los programas propuestos, permitiendo crear alternativas que minimicen los tiempos en la ejecución de los trabajos realizados.

### 5.5.4. Por medio de revisiones por la dirección

Para la toma de decisiones, en cuanto a las acciones que se deban realizar para hacer mejoras, es indispensable el compromiso de la Gerencia, por lo cual deben existir revisiones en intervalos periódicos para obtener información relevante de los progresos de las actividades realizadas por la empresa. A continuación, se da a conocer el formato utilizado para dichas revisiones.

Figura 50. **Plantilla para revisiones por la dirección**

<b>ACTA DE REUNIÓN</b>	<b>Fecha:</b>
Asistentes:	
Temas a tratar:	
Conclusiones y acuerdos:	
Firmas de asistentes	Plazo de Cumplimiento: Responsable de la implantación de las propuestas: Fecha de la próxima reunión:

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.

## **5.6. Ventajas y beneficios**

Consistirá en la evaluación de las ventajas y beneficios atribuidos a la implementación de las propuestas, además de las generadas a través del proceso de validación y confirmación metrológica. Esto permitirá dar el seguimiento a los resultados obtenidos de la implementación, así como verificar el cumplimiento de la satisfacción del cliente y los propios empleados de la empresa.

## **5.7. Acciones correctivas**

Estas ayudarán a obtener los resultados planificados por la Gerencia, dichas acciones se obtendrán de los análisis realizados por medio de las auditorías y las revisiones por la dirección. De esta manera, se logrará garantizar el cumplimiento de los requerimientos aplicables a las diferentes actividades realizadas por la empresa.



## CONCLUSIONES

1. La elaboración de los diagramas de operaciones para los diferentes procesos en la empresa, así como la interrelación de los mismos, permitirá a la empresa mejorar sus servicios y, fundamentalmente, servirá para la implementación del servicio de validación y confirmación metrológica de instrumentos de pesaje de acuerdo al alcance planteado.
2. Por medio de los estudios realizados en la empresa y las mejoras propuestas para los procesos que conlleva el servicio de confirmación metrológica, se logró establecer métodos estandarizados que garanticen los requerimientos de los sistemas de medición y los procesos productivos de los clientes.
3. La evaluación técnica de los diferentes instrumentos de acuerdo a su clase de exactitud, permitió determinar los requisitos metrológicos, así como su trazabilidad, factores indispensables en el proceso de confirmación metrológica.
4. El análisis y las mejoras propuestas al proceso de mantenimiento, así como la implementación de los programas y plantillas de registro para las diferentes actividades, permitirán garantizar la fiabilidad de los instrumentos utilizados en los procesos de medición.
5. De acuerdo a la experiencia y habilidad del personal técnico, se establecieron programas de capacitación, para garantizar la calidad de las actividades realizadas en los servicios a los instrumentos de pesaje.

6. El uso de software para el análisis de los resultados en las actividades de calibración y verificación, es un paso fundamental para la empresa en la obtención de la calidad deseada para los procesos de medición.
7. Las herramientas estadísticas planteadas serán de gran utilidad en los procesos de confirmación metrológica, por medio de estas se garantiza que los sistemas de medición cumplan con los requisitos previstos en su diseño.
8. El estudio R&R permitió darle a conocer a la empresa que es necesario implementar los programas de capacitación del personal en las operaciones de calibración, con el fin de disminuir el porcentaje de reproducibilidad en función de la variación total del sistema. También, de acuerdo a los resultados de repetibilidad, adquirir un instrumento con mayor resolución para la evaluación de las masas patrón de trabajo, lo cual garantiza el uso de los mismos, o bien, llevar un control estricto de la calibración de dichos patrones de acuerdo a las cartas de control elaboradas.
9. La incertidumbre de medición, evaluada a través del estudio R&R y el análisis de la estimación de la misma por medio de los métodos propuestos, es en un alto grado consistente con la capacidad instalada de la empresa y permite garantizar resultados fiables para los procesos de medición.

## RECOMENDACIONES

1. Es esencial, para la correcta implementación del proceso de confirmación metrológica y las mejoras establecidas, el apoyo de Gerencia en el cumplimiento de los programas establecidos para las diferentes actividades, así como brindar recursos necesarios para la consecución de las metas derivadas de los mismos.
2. Para garantizar los resultados de medición, es esencial cumplir con los programas establecidos, fundamentalmente la capacitación del personal en los temas propuestos, pues esto permitirá el cumplimiento de los requerimientos exigidos por los clientes.
3. Es fundamental cumplir con los intervalos de calibración y verificación de los patrones utilizados en los procesos de confirmación metrológica, demostrando así la trazabilidad y garantizando la tolerancia para el uso previsto.
4. El uso de las plantillas de registro propuestas para los diferentes procesos que conlleva la confirmación metrológica, es esencial, debido a que permitirá crear un histórico de servicios y promover de esta manera mejoras futuras a los servicios.
5. Para el óptimo funcionamiento de la empresa es necesario cumplir con los puestos propuestos por medio de la subcontratación temporal, o bien, por puestos fijos, creando de esta manera un sistema de trabajo viable.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BESTERFIELD, Dale. *Control de calidad*. 8a ed. México: Pearson Prentice Hall, 2010. 552 p.
2. Comisión Guatemalteca de Normas. *Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático*. Coguanor NGO 4015. Guatemala: Coguanor, 1999. 52 p.
3. \_\_\_\_\_ . *Guía para la determinación de los intervalos de recalibración de los equipos de medición utilizados en laboratorios de ensayo*. Coguanor NGR/COPANT/OIML D10. Guatemala: Coguanor, 2003. 7 p.
4. \_\_\_\_\_ . *Sistema de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. Coguanor NTG/ISO 10012. Guatemala: Coguanor, 2003. 26 p.
5. CRIOLLO GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw Hill, 2005. 459 p.
6. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. 2a ed. México: McGraw Hill, 2010. 482 p.
7. International Organization for Standardization. BIPM, IEC, IFCC, IUPAP, IUPAC. *Guide to the expression of uncertainty in Measurement*. Suiza:ISO, 2008. 132 p.

8. JANANÍA ABRAHAM, Camilo. *Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de métodos*. México: Limusa, 2008. 156 p.
9. La Guía MetAs. *Evaluación de consistencia metrológica*. México: MetAs & Metrólogos Asociados, 2002. 04 p.
10. \_\_\_\_\_. *Proceso de Confirmación Metrológica Industrial*. México: MetAs & Metrólogos Asociados, 2004. 06 p.
11. \_\_\_\_\_. *Criterios para declaración de conformidad*. México: MetAs & Metrólogos Asociados, 2003. 06 p.
12. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12a ed. México: McGraw Hill, 2010. 592 p.

## ANEXOS

### Anexo A. Actas de reunión

MULTISERVICIOS ELECTRÓNICOS RBC	Nombre del documento: Revisión del sistema de calidad por Dirección.		
Código del Registro:	Versión 001	Fecha de Vigencia 2014	Página 1 de 1
Elaboró: Luis Picholá	Firma: Fecha:	Aprobó: Baldemar Chun	Firma: Fecha:

<b>ACTA DE REUNIÓN No. 1</b>	<b>Fecha: 2014-09-22</b>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Revisión por Dirección</b>	<input type="checkbox"/> <b>Reunión Comité de Calidad</b>
<b>Asistentes:</b>	
<p><b>Gerente General:</b> Baldemar Chun  <b>Jefe de laboratorio:</b> Jacobo Chum  <b>Gestor de calidad:</b> Luis Picholá  <b>Asistente Administrativo:</b> Dany Pérez</p>	
<b>Temas desarrollados:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Organización y compromiso de los integrantes del comité de calidad.</li> <li>2. Explicación y concientización de la implementación del sistema de calidad basado en la norma ISO 17025.</li> <li>3. Definición del organigrama.</li> <li>4. Explicación de política y objetivos de calidad.</li> </ol>	
<b>Conclusiones y acuerdos:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaboración de organigrama general, por parte del gerente general.</li> <li>2. Elaboración de política y objetivos de calidad, por parte del comité de calidad, lo cual deberá presentarse en la próxima reunión.</li> <li>3. En la siguiente reunión los integrantes del comité de calidad deberán presentar su currículum vitae.</li> <li>4. El técnico de calibración deberá presentar en la siguiente reunión, los documentos utilizados en el proceso de calibración de instrumentos de pesaje.</li> </ol>	
<b>Firmas:</b> F. Gerente General _____ F. Jefe de Laboratorio _____ F. Gestor de Calidad _____ F. Técnico de Calibración _____	<b>Plazo de Cumplimiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 semana</li> </ul> <b>Responsable de la implantación de las propuestas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerente General</li> <li>• Gestor de calidad</li> </ul> <b>Fecha de la próxima reunión:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2014/09/29</li> </ul>

Continuación del Anexo A.

MULTISERVICIOS ELECTRÓNICOS RBC	Nombre del documento: Revisión del sistema de calidad por Dirección.		
Código del Registro:	Versión 001	Fecha de Vigencia 2014	Pageación 1 de 1
Elaboró: Luis Picholá	Firma: Fecha:	Aprobó: Baldemar Chun	Firma: Fecha:

<b>ACTA DE REUNIÓN No. 2</b>	<b>Fecha: 2014-09-29</b>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Revisión por Dirección</b>	<input type="checkbox"/> <b>Reunión Comité de Calidad</b>
<b>Asistentes:</b>	
<b>Gerente General:</b> Baldemar Chun <b>Jefe de laboratorio:</b> Jacobo Chum <b>Gestor de calidad:</b> Luis Picholá <b>Asistente Administrativo:</b> Dany Pérez	
<b>Temas desarrollados:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentación del organigrama y funciones del comité de calidad.</li> <li>2. Presentación de la política y objetivos de calidad.</li> <li>3. Explicación del manual de calidad en relación a la norma ISO 17025.</li> <li>4. Elaboración de carpeta física y electrónica de la competencia técnica del personal del comité de calidad.</li> </ol>	
<b>Conclusiones y acuerdos:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se logró la concientización en cuanto a la responsabilidad derivada de los puestos a ejercer por el personal dentro del sistema de calidad.</li> <li>2. Presentación y comprensión de la importancia de la política y objetivos de calidad.</li> <li>3. Explicitación y comprensión de cada uno de los aspectos relevantes de la norma ISO 17025, para la creación del manual de calidad.</li> <li>4. Creación de la base de datos para la competencia técnica del personal, en físico y digital.</li> <li>5. El técnico de calibración deberá presentar en la siguiente reunión, los documentos utilizados en el proceso de calibración de instrumentos de pesaje.</li> </ol>	
<b>Firmas:</b>	<b>Plazo de Cumplimiento:</b>
F. Gerente General _____	• 1 semana
F. Jefe de Laboratorio _____	<b>Responsable de la implantación de las propuestas:</b>
F. Gestor de Calidad _____	• Gerente General
F. Técnico de Calibración _____	• Gestor de calidad
	<b>Fecha de la próxima reunión:</b>
	• 2014/10/06

Fuente: Multiservicios Electrónicos RBC.



## Anexo B. Certificados de patrones M1



# MINISTERIO DE ECONOMIA GUATEMALA, C. A.

Laboratorio Nacional de Metrología

## Certificado de Calibración

Certificado No:

CENAME
MCM
066
2014/07

**Objeto:** 9 masas de 20 kg

**Fabricante:** -----

**Tipo:** Paralelepipedas

**No. de serie:**-----

**No. de identificación interna:** RBC01; RBC02;  
RBC04; RB05; RBC06; RBC07; RBC08; RBC09 y  
RBC010.

**Cliente:** MULTISERVICIOS ELECTRÓNICOS  
RBC, 5ª. Avenida 10-87 Residenciales Valles de  
Sonora IV, zona 4 de Villa Nueva, Guatemala.

**No. de registro:** 070

**Hojas de este certificado:** 3

**Fecha de recepción:** 2014-06-24

**Fecha de calibración:** 2014-07-02

**Fecha de emisión de certificado:** 2014-07-03

**Sello:**



El presente certificado únicamente ampara las mediciones realizadas en el momento y a las condiciones ambientales en que se realizó la calibración.

El Laboratorio Nacional de Metrología no certifica ninguna característica del instrumento diferente a las descritas en este documento.

Estas mediciones son trazables a los patrones nacionales mantenidos por el Laboratorio Nacional de Metrología, los cuales son intercomparados periódicamente con patrones nacionales de otros países y en su caso, con el patrón internacional.

La incertidumbre expresada en este certificado no incluye cambios en el funcionamiento del equipo por efectos del transporte.

La incertidumbre en este certificado tampoco incluye posibles cambios causados por la deriva a largo plazo en la respuesta del equipo. Estos deben ser determinados individualmente por el usuario, con base en los datos históricos del equipo.

Es responsabilidad del cliente el recalibrar el instrumento en intervalos apropiados, y también el transporte del mismo.

Este certificado tiene validez únicamente en su forma íntegra y deberá estar sellado y firmado en su original. La reproducción debe ser completa, sin alteraciones o cambios, requiriendo la autorización previa por escrito del Laboratorio Nacional de Metrología.

Este certificado cumple con la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17 025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Cualquier enmienda u omisión a éste certificado, que sea responsabilidad del laboratorio, debe ser notificada en un lapso no mayor de 5 días hábiles a partir de la fecha de recepción del mismo, para su reposición.

Calibró

Ing. Rómulo Salguero  
Metrólogo de Masas

Autorizó

Ing. Eduardo Bancés  
Metrólogo de Termometría

Continuación Anexo B.

2

Certificado No:

CENAME
MCM
066
2014/07

**1. Condiciones Ambientales Promedio:**

Presión: 854,11 hPa  $\pm$  0,30 hPa

Temperatura: 20,7 °C  $\pm$  0,1 °C

Humedad Relativa: 57,5 %  $\pm$  0,6 %

Nota:  $\pm$  Representa la variación de las condiciones ambientales durante el proceso de medición.

**2. Método de Calibración y Trazabilidad:**

El método utilizado fue el de doble sustitución: LNM-LM-P-008  
Calibración de masas.

El equipo utilizado fue: Comparador de masas Mettler KB50.

La trazabilidad a patrones internacionales se garantiza con el uso de patrones trazados directamente al Centro Nacional de Metrología de México (CENAM).

**3. Patrón Utilizado:**

Patrón de referencia marca Häfner de 20 kg certificado de calibración Laboratorio Nacional de Metrología MCM 012/2014 405/10 clase de exactitud F<sub>2</sub>.



Continuación del Anexo B.

3

Certificado No:

CENAME
MCM
066
2014/07

**4. Resultados:**

Valor Nominal	Masa convencional	Incertidumbre expandida(mg)
20 kg RBC 01	20 kg – 0,11 g	± 130
20 kg RBC 02	20 kg – 0,18 g	± 130
20 kg RBC 04	20 kg – 0,34 g	± 130
20 kg RBC 05	20 kg – 0,27 g	± 130
20 kg RBC 06	20 kg – 0,57 g	± 130
20 kg RBC 07	20 kg – 0,40 g	± 130
20 kg RBC 08	20 kg + 0,13 g	± 130
20 kg RBC 09	20 kg – 0,26 g	± 130
20 kg RBC 010	20 kg + 0,27 g	± 130

La incertidumbre expandida está determinada para un factor de cobertura de  $k = 2$  y un nivel de confianza aproximadamente del 95%.

El valor de masa convencional está dentro de los límites del error máximo permitido para la clase  $M_1$  de la Recomendación Internacional Número 111 de la Organización Internacional de Metrología Legal, OIML.

El valor de masa e incertidumbre convencional, fueron calculados haciendo la corrección del valor de densidad del aire en laboratorio para las condiciones ambientales descritas; a la densidad de referencia del aire de  $1,2 \text{ kg/m}^3$  y la densidad de patrón de referencia  $8\,000 \text{ kg/m}^3$ .

Se tomó como material de fabricación de las masas, el hierro fundido con una densidad  $(7\,100 \pm 600) \text{ kg/m}^3$ .

- ÚLTIMA LÍNEA -



Fuente: Laboratorio Nacional de Metrología, Ministerio de Economía, Guatemala.

## Anexo C. Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización"			
Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.			
1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4
2. Suplementos variables		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda		0	1
Incómoda (inclinado)		2	3
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	6
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx)
30		17	—
33.5		22	—
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0
Bastante por debajo		2	2
Absolutamente insuficiente		5	5
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de – Suplemento			
Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
G. Ruido.			
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo		1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
Muy complejo		8	8
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

Fuente: GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 208.