

**DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE
CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL
LABORATORIO DE LA MEDIDA DE LA EMPRESA ELECTRICARIBE S.A.
E.S.P.**

**KELIA ROSA BRANGO PADILLA
CESAR ARTURO BARAJAS PATIÑO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD
CARTAGENA DE INDIAS**

2010

**DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE
CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL
LABORATORIO DE LA MEDIDA DE LA EMPRESA ELECTRICARIBE S.A.
E.S.P.**

**KELIA ROSA BRANGO PADILLA
CESAR ARTURO BARAJAS PATIÑO**

**TRABAJO INTEGRADOR PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

**ASESOR
MSc. JAIME ACEVEDO CHEDID**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD
CARTAGENA DE INDIAS**

2010

Cartagena de Indias D. T y C. 11 de abril de 2010.

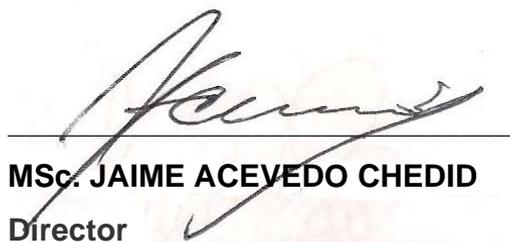
Señores:

**COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración el trabajo integrador titulado "**DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO DE LA MEDIDA DE LA EMPRESA ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.**", desarrollada por las estudiantes Kelia Rosa Brango Padilla y Cesar Arturo Barajas Patiño, para optar al título Especialista en Gerencia de Producción y Calidad, en la que me desempeñé cumpliendo la función de director.

Atentamente,



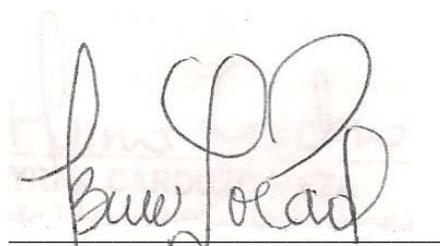
MSc. JAIME ACEVEDO CHEDID
Director

ANEXO: Modelo carta cesión de derechos patrimoniales

Nosotros, Kelia Rosa Brango Padilla y Cesar Arturo Barajas Patiño, manifiestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado Diseño de propuestas de mejora para los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía eléctrica de en el Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. producto de mi actividad académica para optar el título de Especialista en Gerencia de La Producción y Calidad de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entregamos al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar, solicitando la no publicación en la página web de la universidad por tratarse de información confidencial de ELECTRICARIBE.

Atentamente,



Kelia Rosa Brango Padilla



Cesar Arturo Barajas Patiño

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al MSc. Jaime Acevedo Chedid, por ser nuestro asesor en el trabajo integrador y monitorear cada avance del estudio. Al Ing. Misael Cruz por ser nuestra guía durante toda la especialización.

A la ingeniera Myrna Cardozo, Jefe del Laboratorio por permitirnos realizar el proyecto de grado en la empresa, y por su contribución en el desarrollo del estudio.

Al personal del Laboratorio, por su colaboración en lo relacionado con la información de los procesos y calibración y ajuste de medidores.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo integrador.

DEDICATORIA

*A Dios primero que todo por brindarnos la sabiduría todos los días y por darnos
fortaleza en todos los momentos difíciles.*

*A nuestras familias por la confianza y apoyo que depositaron en nosotros durante
el desarrollo de la Especialización y por estar presentes incondicionalmente tanto
en los momentos buenos como malos de la vida.*

*A nuestros profesores por sus enseñanzas y por ser la guía en nuestra formación
como especialistas.*

*A nuestros compañeros por todo el apoyo incondicional que nos han brindaron
durante toda la especialización.*

*A todos aquellos que aportaron su granito de arena para el desarrollo de este
trabajo integrador y que han sido de soporte en nuestras vidas*

MUCHAS GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA EN EL CONTEXTO DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN CARIBE	16
2.1 DESARROLLO HISTÓRICO DEL LABORATORIO DE LA MEDIDA.....	20
2.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DEL LABORATORIO DE LA MEDIDA....	22
.2.1 Misión	22
2.2.2 Visión	23
2.2.3 Política de Calidad	23
2.2.4 Objetivos de calidad.....	24
2.2.5 Servicios que presta	24
2.2.6 Recursos	24
2.2.7 Mapa de Procesos:	26
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO	27
2.4 COMPETENCIA	28
2.5 PROVEEDORES.....	34
2.6 MARCO LEGAL	37
3. MAPA CONCEPTUAL	38
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES	46
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN	51
4.1.1 Medidores nuevos	51
4.1.2 Medidores Usados.....	69
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE AJUSTE	95

4.2.1 Medidores nuevos	95
4.2.2 Medidores Usados	109
4.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO	127
4.3.1 Calibración de Medidores nuevos.....	130
4.3.2 Calibración de Medidores usados.....	140
4.3.3 Ajuste de Medidores nuevos:.....	152
4.3.4 Ajuste de Medidores usados:.....	160
5. PLAN DE MEJORAMIENTO A LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES	170
5.1 ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS	171
5.1.1 Calibración de Medidores Nuevos	171
5.1.2 Calibración de Medidores Usados	173
5.1.3 Ajuste de medidores nuevos.....	175
5.1.4 Ajuste de medidores usados.....	176
5.2 PROYECTO PLAN DE MEJORA	177
5.2.3 Resumen de planes del proyecto de implementación de mejoras.....	179
5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA	182
CONCLUSIONES	183
BIBLIOGRAFIA.....	185
ANEXOS.....	187

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Procesos empresa ELECTRICARIBE S.A E.S.P.	16
Figura 2. Estructura Organizacional – Colombia Electricidad	18
Figura 3. Mapa de procesos – Distribución Eléctrica	19
Figura 4. Estructura Organizacional – Distribución Eléctrica	19
Figura 5. Estructura Organizacional Control de Energía	20
Figura 6. Estructura Organizacional Tecnología de la Medida	21
Figura 7. Plano de áreas de laboratorio de la medida	26
Figura 8. Mapa de procesos Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P	27
Figura 9. Comportamiento de la demanda de servicios de calibración de medidores nuevos y usados en el Laboratorio de la Medida	48
Figura 10. Comportamiento del nivel de cumplimiento e incumplimiento en tiempos de entrega prestación del servicio de calibración y ajuste de medidores, año 2007 – 2009	50
Figura 11. SIPOC del proceso de calibración de medidores nuevos	67
Figura 12. SIPOC del proceso de calibración de medidores usados	92
Figura 13. SIPOC del proceso de ajuste de medidores nuevos	107
Figura 14. SIPOC del proceso de ajuste de medidores usados	125
Figura 15. Diagrama de flujo calibración de medidores nuevos	130
Figura 16. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 1	133
Figura 17. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 2	134
Figura 18. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 3	135

	Pág.
Figura 19. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 4	136
Figura 20. Diagrama de flujo calibración de medidores usados	140
Figura 21. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 1	143
Figura 22. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 2	144
Figura 23. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 3	145
Figura 24. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 4	146
Figura 25. Tiempos de espera de los medidores para ser desarmados	149
Figura 26. Diagrama de flujo ajuste de medidores nuevos	152
Figura 27. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 1	154
Figura 28. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 2	155
Figura 29. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 3	156
Figura 30. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 4	157
Figura 31. Diagrama de flujo ajuste de medidores usados	160
Figura 32. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 1	163
Figura 33. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 2	164
Figura 34. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 3	165
Figura 35. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 4	166

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Comportamiento de la demanda de servicios de calibración y ajuste de medidores en el Laboratorio de la Medida.....	47
Tabla 2. Comportamiento del nivel de cumplimiento e incumplimiento en la prestación del servicio de calibración y ajuste de medidores, año 2009.....	49
Tabla 3. Evaluación del resultado del ensayo de verificación de la constante	64
Tabla 4 Elementos Externos	73
Tabla 5. Elementos internos.....	75
Tabla 6. Tiempo transcurrido entre el procesamiento del medidor y la aprobación del certificado de calibración en el año 2009	151

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Decreto 2269 de 1993

Anexo B. Contrato Solicitud de prestación de servicios

Anexo C. Equipos del Laboratorio de la Medida

Anexo D. Formatos de Laboratorio de la Medida

Anexo E. Componentes del Medidor

Anexo F. Sellos y Etiquetas

Anexo G. Esquema de conexión por tipo de medidor

Anexo H. Ley 142-94

Anexo I. Cotizaciones

Anexo J. Tarifas de servicios

INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P., como toda organización enfocada en el cliente a través de su política de calidad se compromete con “la calidad de las calibraciones durante la prestación del servicio a los clientes y con el mejoramiento de la eficacia del Sistema de Gestión”¹, basándose en esta afirmación busca identificar aquellas actividades o etapas de sus procesos que agregan valor o no a los servicios y así mismo mejorar su desempeño, para cumplir los requerimientos de sus clientes.

Con la realización de este trabajo integrador se pretende diseñar propuestas de mejora en los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía eléctrica en Laboratorio de la Medida de la empresa ELECTRICARIBE S.A. E.S.P, que permita mejorar el control de pérdidas de energía, la satisfacción del cliente y la calidad en la prestación del servicio.

Este trabajo inicia con una reseña histórica de Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P., donde se explicará el desarrollo histórico, planeación estratégica, los servicios que ofrecen, los mercados que abarca y su competencia

Se establece un plan de trabajo fundamentado en la metodología PHVA, en donde en cada actividad del plan se identifica la herramienta más apropiada para el cumplimiento de la misma desde la aplicación de la técnica SIPOC para caracterización de los procesos de calibración y ajuste de medidores, diagramas de flujo y de operaciones para identificar actividades críticas que implican las restricciones del proceso que generan los incumplimientos en el nivel del servicio al cliente.

¹ Política de calidad – Laboratorio de la Medida.

Posteriormente se realizará un análisis de cada uno de los procesos en estudio y se desarrollara un plan de mejoramiento fundamentado en propuestas, responsables e inversión en recursos técnicos – mano de obra, entre otras, con miras a aumentar la satisfacción del cliente y calidad del servicio prestado por el laboratorio de la Medida.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar propuestas de mejora en los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía eléctrica de los usuarios de la empresa ELECTRICARIBE S.A. E.S.P, mediante el análisis y evaluación de las actividades que se desarrollan en el Laboratorio utilizando la metodología del ciclo PHVA, con el fin de mejorar el control de pérdidas de energía, la satisfacción del cliente y la calidad en la prestación del servicio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las diferentes etapas de los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía eléctrica realizados por el Laboratorio de la Medida, mediante la utilización de la técnica SIPOC, con el fin de identificar en los métodos actuales de trabajo las actividades que no agregan valor.
- Definir las actividades críticas para identificar las restricciones del proceso que generan los incumplimientos en el nivel del servicio al cliente.
- Diseñar las propuestas de mejora de los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía eléctrica con miras a disminuir las pérdidas de energía, aumentar la satisfacción del cliente y calidad del servicio prestado.
- Diseñar un plan de implementación de las propuestas de mejora establecidas que sirva como guía en la gestión operativa de la Dirección del Laboratorio.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA EN EL CONTEXTO DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN CARIBE

ELECTRICARIBE S.A. E.S.P es una empresa comercializadora y distribuidora de energía que opera en todos los departamentos de la costa atlántica colombiana, en los cuales se destaca la atención a 2.023.161 clientes² aproximadamente, distribuidos en 186 municipios. A continuación se presenta el mapa de procesos:

Figura 1. Mapa de Procesos empresa ELECTRICARIBE S.A E.S.P.



Fuente: Intranet corporativa – ELECTRICARIBE S.A. E.S.P

ELECTRICARIBE nació en una decisión del gobierno colombiano de iniciar un proceso de capitalización de las empresas de energía de propiedad del Estado, cuya viabilidad empresarial estaba altamente comprometida por situaciones financieras, competitividad, eficiencia y calidad de servicio. En este proceso, en el año de 1998, el Consorcio Caribe Energy Holdings (Corporación EDC de Venezuela y Reliant Energy de los Estados Unidos de Norteamérica), adquirió las antiguas electrificadoras de la Costa Atlántica con una inversión 550 millones de

² Manual integrado de Gestión de Calidad y Medio Ambiente de ELECTRICARIBE S.A E.S.P.

dólares representando, en la fecha, el 18% de la inversión extranjera en Colombia. Tras la negociación, las empresas iniciaron oficialmente operaciones el 12 de agosto de 1998 con dos sedes corporativas una en Cartagena y otra en Barranquilla. A finales de 1999 estas empresas fueron capitalizadas por sus socios con 90 millones de dólares.

El grupo empresarial Unión Fenosa, de España, fue el socio estratégico de las dos empresas, desde noviembre de 2000, cuando cerraron la negociación con la Corporación EDC y Reliant Energy, antiguos dueños de las compañías. Esta negociación internacional le permitió a este grupo empresarial adquirir el 70 % de la Electrificadora de la Costa Atlántica S.A. E.S.P (ELECTROCOSTA S.A. E.S.P) y el 69% de la Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P. (ELECTRICARIBE S.A. E.S.P).

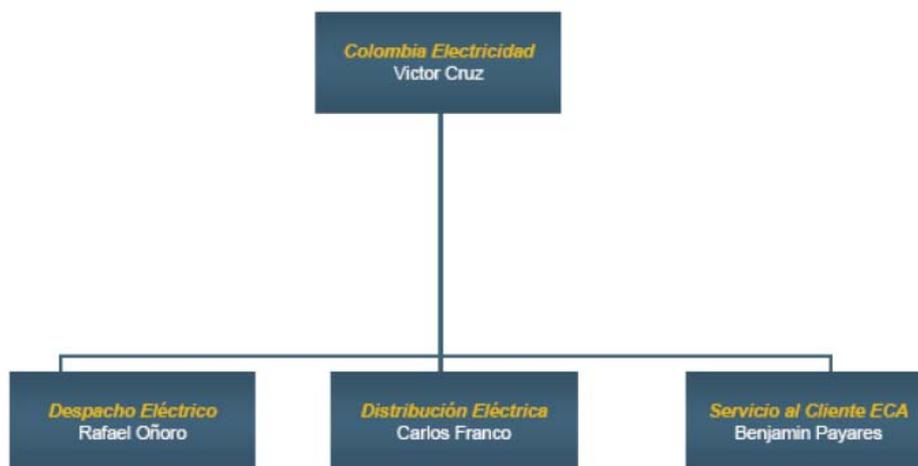
El 01 de enero de 2008 se finalizó el proceso de fusión entre las dos empresas. Esta fusión fue aprobada por la Superintendencia Financiera y contempló la absorción de ELECTROCOSTA S.A. E.S.P por parte de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. El grupo empresarial Unión Fenosa de España continúa siendo el socio estratégico de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

A partir del 01 de Septiembre de 2009 se unió al grupo, Gas Natural, la cual es una de las diez primeras multinacionales energéticas europeas y líder en integración vertical de gas y electricidad de España y Latinoamérica, además del mayor operador mundial de GNL en la cuenca atlántica. Tras su reciente fusión con Unión Fenosa, la compañía tiene presencia en 23 países del mundo, donde cuenta con más de 20 millones de clientes, de los que 9 están en España, y una potencia eléctrica instalada de 17GW. ³

³ Manual integrado de Gestión de Calidad y Medio Ambiente de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

En la Actualidad ELECTRICARIBE presenta una estructura corporativa que puede visualizarse en el siguiente organigrama:

Figura 2. Estructura Organizacional – Colombia Electricidad



Fuente: Manual integrado de Gestión de la Calidad y Medio Ambiente – ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

En el proceso de distribución eléctrica, la electrificadora instala medidores de energía eléctrica a los usuarios para controlar el consumo, para lo cual la compañía debe garantizar la calibración de los equipos por parte de un laboratorio acreditado para tal fin por la Superintendencia de Industria y Comercio, según lo establece el artículo 33o. del decreto 2269 de 1993 (Ver anexo A). ELECTRICARIBE S.A. E.S.P., cuenta con un Laboratorio como parte integral para la prestación del servicio (Laboratorio de la Medida), en el cual se calibran los medidores nuevos que serán instalados a los nuevos usuarios para garantizar el buen funcionamiento de estos y los usados que son desmontados a los usuarios por solicitud del mismo o por requerimiento de la empresa, con el objetivo de comprobar la conservación de sus condiciones técnicas iniciales, mediante el establecimiento de un contrato de prestación de servicio. A continuación se

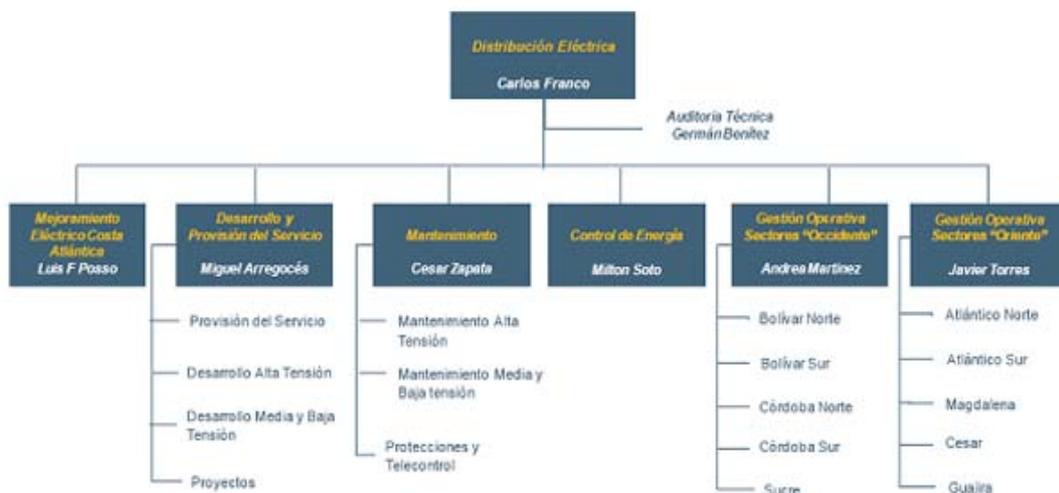
presenta mapa del proceso de Distribución Eléctrica y su Estructura Organizacional.

Figura 3. Mapa de procesos – Distribución Eléctrica



Fuente: Intranet corporativa – ELECTRICARIBE S.A. E.S.P

Figura 4. Estructura Organizacional – Distribución Eléctrica

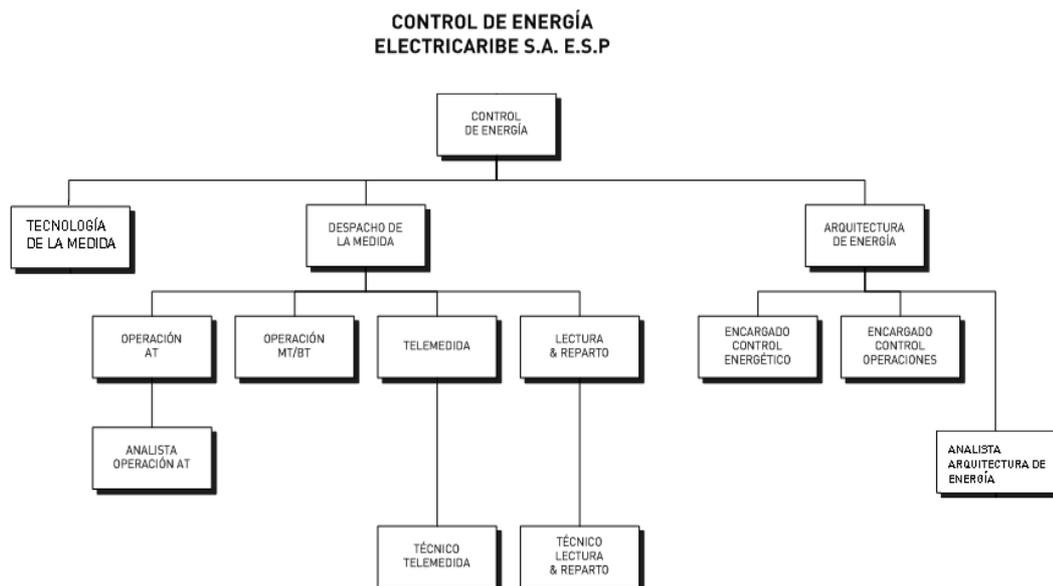


Fuente: Manual integrado de Gestión de la Calidad y Medio Ambiente – ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

2.1 DESARROLLO HISTÓRICO DEL LABORATORIO DE LA MEDIDA

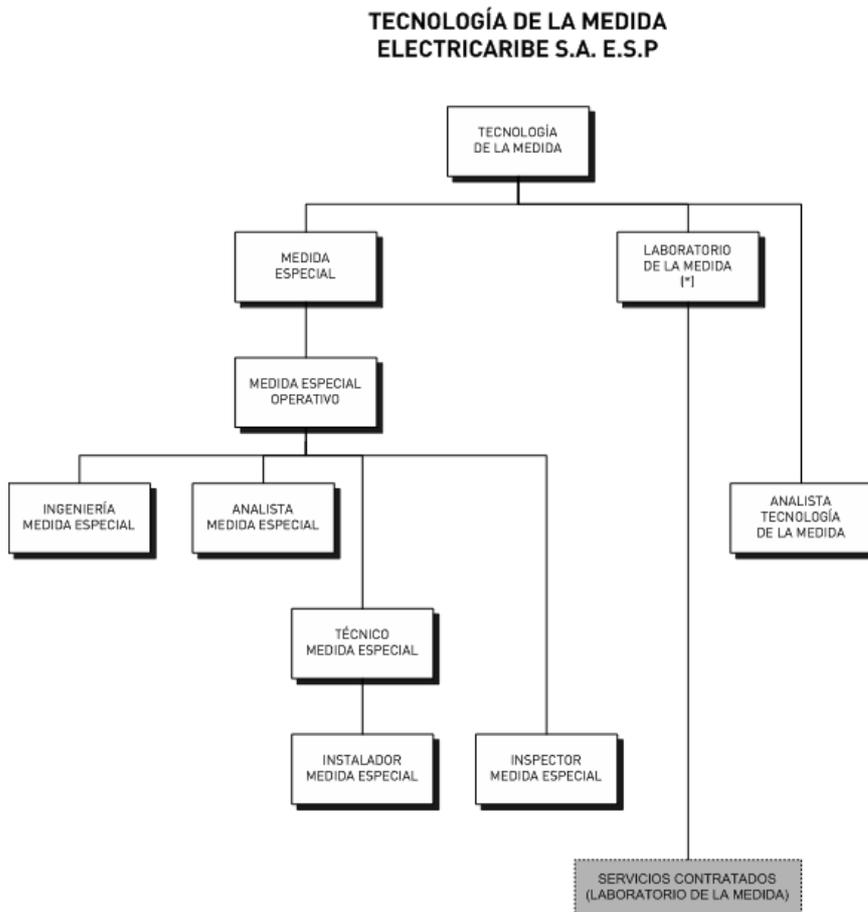
El Laboratorio de la Medida es parte integral de la Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P. (ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.), se encuentra bajo la dirección de Control de Energía y el área responsable de supervisar y realizar su seguimiento es la de Tecnología de la Medida.

Figura 5. Estructura Organizacional Control de Energía



Fuente: Norma Gestión de la Calidad del Laboratorio de la Medida

Figura 6. Estructura Organizacional Tecnología de la Medida



Fuente: Norma Gestión de la Calidad del Laboratorio de la Medida

El Laboratorio fue constituido en el año 1999 y obtuvo la acreditación para la calibración de medidores de energía, por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, mediante resolución 5871 de 2000, desempeñándose desde entonces como Laboratorio de calibración dentro del Sistema Nacional de Normalización Certificación y Metrología.⁴

Mediante la resolución 39516 del 11 de diciembre de 2002 amplió el alcance de la

⁴ Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001)

acreditación a medidores electrónicos. El Laboratorio de la Medida, obtiene la renovación de acreditación mediante la resolución 19367 del 10 de julio de 2003 por un periodo de cinco (5) años. El 3 de marzo del 2010 recibe la resolución de acreditación No.12482 con la cual amplía su alcance en el proceso de calibración de Medidores clase 0.2s y 0.5s.

Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Cartagena en el Centro Comercial e Industrial de Ternera, en la cual se cuenta con la infraestructura necesaria para el desarrollo de los procesos de calibración y ajuste de medidores de energía nuevos y usados y la calibración de transformadores de medida nuevos y usados, los cuales se denominan “Calibración y Ajuste de Equipos de Medida” (Ver Figura 2). A la fecha solo se han prestado los servicios de calibración y ajuste de medidores de energía ya que aun no se cuenta con la acreditación para la calibración de transformadores.

2.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DEL LABORATORIO DE LA MEDIDA

2.2.1 Misión: Atender las necesidades de servicios de calibración, y ajuste de los medidores de energía eléctrica del mercado de la Costa Atlántica colombiana. Buscando de esta forma que los equipos empleados en las transacciones comerciales de energía eléctrica sean los adecuados para el tipo de mercado en el cual se efectúa la transacción.

2.2.2 Visión: El Laboratorio aspira a cubrir todas las necesidades del mercado de la Costa Atlántica convirtiéndose en un líder dentro de los laboratorios de metrología eléctrica de Colombia y del Caribe latinoamericano.

2.2.3 Política de Calidad: El Laboratorio de la Medida ofrece servicios de calibración y/o ajuste de medidores de energía eléctrica y calibración de transformadores de medida.

La dirección del Laboratorio y todo su personal se compromete con la buena práctica profesional, con la calidad de las calibraciones durante la prestación del servicio a los clientes y con el mejoramiento de la eficacia del Sistema de Gestión, ejecutando sus actividades de acuerdo a lo establecido en el decreto 2269 de 1993, en la norma NTC-ISO-IEC 17025 y en la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio. Los trabajos ejecutados deben asegurar la satisfacción de los clientes sin afectar la imparcialidad, la independencia y la integridad del Laboratorio.

El propósito del Sistema de Gestión del Laboratorio es buscar de manera constante formas de mejorar sus procesos internos, por lo cual es responsabilidad del personal del Laboratorio conocer y aplicar lo especificado en los documentos que describen el Sistema de Gestión.

La alta dirección y en general todas las dependencias de la Empresa están comprometidas con el cumplimiento de los requisitos legales y de lo establecido en el Sistema de Gestión del Laboratorio.

2.2.4 Objetivos de calidad

- Calibrar los equipos de medida cumpliendo con los requisitos legales, del cliente y del sistema de gestión del laboratorio.
- Mejorar continuamente el sistema de gestión del laboratorio.
- Mantener vigente la acreditación del laboratorio.
- Asegurar que se dispone de personal calificado y de la capacidad tecnológica adecuada para prestar los servicios solicitados.

2.2.5 Servicios que presta: El Laboratorio de la Medida presta servicios de calibración y/o ajuste de medidores de energía eléctrica y calibración de transformadores de medida.

El laboratorio ofrece sus servicios de calibración y/o ajustes de medidores, de acuerdo a sus tipos (ver anexo G), entre los que se encuentran:

- Tipo 1: Que tiene una fase – dos hilos (monofásico bifilar).
- Tipo 2: que tiene una fase - tres hilos (monofásico trifilar).
- Tipo 3: que tiene dos fases - tres hilos (bifásico trifilar).
- Tipo 4: Que tiene tres fases 3 hilos (trifásico trifilar).

Estos servicios se encuentran regidos por la resolución de acreditación 19367 de 10 de julio de 2003.

2.2.6 Recursos: Para el desarrollo de sus procesos el Laboratorio cuenta con un total de 32 personas en la parte operativa de los cuales 7 son Técnicos de Calibración, 2 son Asistentes Administrativos o Coordinadores de Turno y 23 son Auxiliares de Laboratorio, estos están distribuidos en 3 turnos de 8 horas de lunes

a sábado. Además cuenta con los equipos patrones de medida o mesas de calibración para medidores monofásicos Qualytest (ver anexo C) con una capacidad de procesamiento de 40 medidores simultáneamente y para medidores polifásicos PYC 5050 (ver anexo C) con una capacidad de procesamiento de 20 medidores simultáneamente. Los cuales son calibrados en periodos anuales por el patrón nacional de la Superintendencia de Industria y Comercio, según lo establecido en el programa de gestión metrológica del laboratorio; Tienen también mesas Landis & Gyr y la EMH, las cuales no se encuentran en funcionamiento por que se está a la espera de la resolución de la acreditación ya que estas se incluyeron al alcance del Laboratorio en la ultima solicitud de renovación.

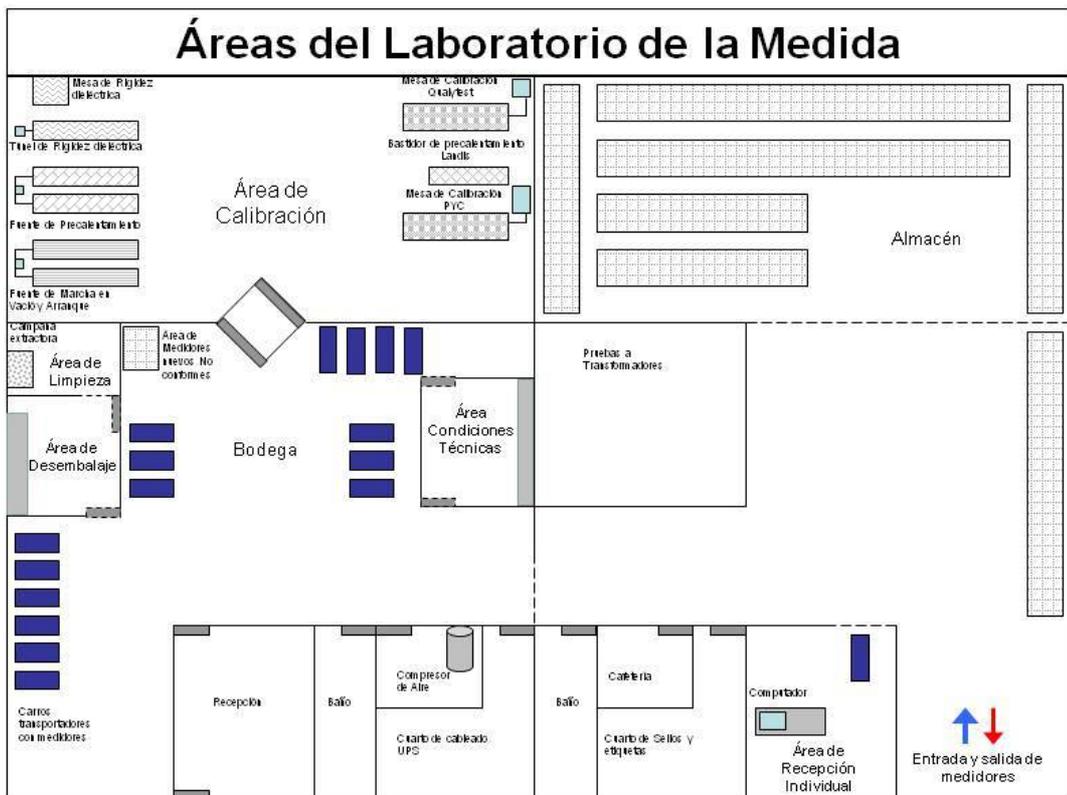
Los equipos auxiliares para la realización de ensayos son (ver anexo C):

- Túnel de Rigidez dieléctrica (Capacidad 40 medidores simultáneamente)
- Fuente Auxiliar de Pre calentamiento (Capacidad 80 medidores simultáneamente)
- Fuente Auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (Capacidad 80 medidores simultáneamente)
- Fuente de pre calentamiento Landis (capacidad 20 medidores simultáneamente)
- Mesa de Rigidez Dieléctrica (Capacidad 10 medidores simultáneamente)
- Bastidores (capacidad 40 medidores)
- Carros transportadores

Adicional a lo anterior, tiene 7 equipos de cómputo distribuidos en las áreas de desembalaje, condiciones técnicas, calibración y recepción individual para el ingreso de datos correspondientes a las características y condiciones técnicas de los medidores (ver figura 2). El equipo de aire acondicionado del área de calibración se mantiene controlado para conservar la temperatura requerida,

presión atmosférica y humedad relativa específica para este tipo de procesos de calibración. A continuación se presenta el diagrama de recorrido donde se identifican cada uno de los equipos mencionados y el recorrido de los medidores dentro del Laboratorio.

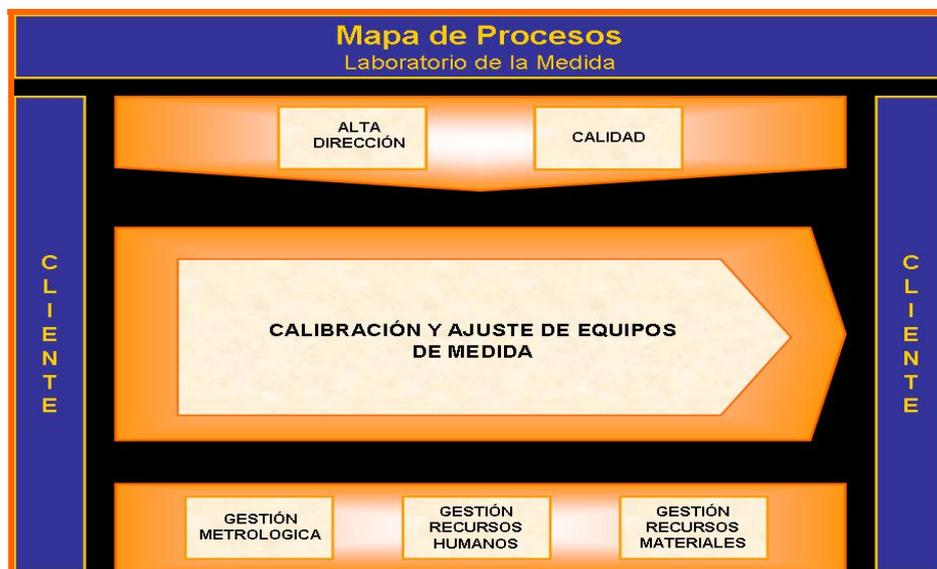
Figura 7. Plano de áreas de laboratorio de la medida



Fuente: Autores del proyecto

2.2.7 Mapa de Procesos: El Laboratorio de la medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. cuenta con 6 procesos que se interaccionan entre sí, con el objetivo de conocer las necesidades de sus clientes y cumplir con sus requerimientos:

Figura 8. Mapa de procesos Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.



Fuente: Laboratorio de la Medida

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO⁵

El Mercado de Energía Mayorista (MEM) en Colombia está clasificado en: mercado no regulado (MNR) al que pertenecen todos los clientes cuyo consumo mensual sea igual o superior a 55.000 kWh o que demanden una potencia promedio igual o superior a 0,1 MW, que en su gran mayoría son grandes y medianos industriales y una parte del comercio; y mercado regulado (MR) al cual pertenecen todos los demás clientes. En cualquier caso, los clientes deben ser representados ante el MEM por un agente comercializador.

⁵ http://www.eppm.com/epm/institucional/energia/conozcanos_presentacion.html [citado 17 de febrero de 2010]

La energía puede ser transada entre generadores y comercializadores a través de transacciones de corto plazo y mediante la firma de contratos bilaterales, ya sea por licitación pública o por negociación directa.

Los comercializadores de energía que representan clientes regulados están obligados a hacer la compra de energía a través de licitación pública, de tal forma que garanticen un proceso de transparente y al menor precio. Por otra parte, los clientes clasificados como no regulados pueden negociar en forma directa el precio de la energía con cualquier comercializador.

La bolsa de energía es un sistema de información en el cual los generadores y comercializadores del MEM realizan las transacciones de electricidad, mediante las ofertas de precios y disponibilidad de los recursos de generación y demandas de energía de los comercializadores, representada por ellos directamente en la bolsa o a través de contratos. Así se obtiene el resultado económico de cada agente participante.

2.4 COMPETENCIA

La competencia del laboratorio de la medida, se puede establecer por el número de laboratorios acreditados en el país por parte de la Superintendencia de Industria y comercio en la categoría de “acreditaciones en medidores de energía”, a su vez en cada resolución se define las magnitudes, tipo de instrumento a calibrar, norma técnica, incertidumbre e instrumentos de medición utilizados. Se pueden colocar como anexos. A continuación se detallan estos laboratorios:

- a) **Compañía Americana de Multiservicios Ltda. – CAM:** Situado en la ciudad de Bogotá, acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio en la modalidad de calibración de medidores de energía, según

los términos y el alcance definidos en la Resolución 5899 del 9 de marzo de 2006 y presta el servicio de calibración masiva e individual en laboratorio de medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos, clases 2, 1, 0.5, 0.5s, 0.2 y 0.2s, de energía. Cumpliendo con las siguientes características:

- Se realizan los ensayos de funcionamiento sin carga, arranque, exactitud y constante de medición.
- Servicio de acuerdo a los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4856. El laboratorio de medidores emite un Certificado de Calibración, con los Resultados obtenidos en los ensayos realizados.
- El laboratorio de medidores está acreditado según Resolución número 5899 del 09 de Marzo de 2006 emitida por la Superintendencia de Industria y Comercio.⁶

b) Empresas Municipales de Cali EICE ESP – EMCALI: Situado en la ciudad de Cali, acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio en la modalidad de calibración de medidores de energía, según los términos y el alcance definidos en la Resolución No 25452 de agosto 09 de 2002. “El laboratorio cuenta con personal calificado y esta perfectamente equipado para prestarles a nuestros clientes los siguientes servicios y garantizarle una adecuada medición de sus consumos”⁷:

- Calibración de Medidores de Energía y Transformadores de Medida
- Verificamos el normal funcionamiento y operación de los medidores y transformadores de medida, basándonos en normas nacionales e internacionales vigentes, utilizando equipos de calidad y patrones de alta

⁶<http://www.camla.com/Servicios/Colombia/MedicionyEficiencia/ServiciosdeMedición/Calibraciones/Calibracióndemedidores/tabid/2180/Defalut.aspx?Pais=Colombia>. [citado 17 de febrero de 2010]

⁷<http://www.emcali.com.co/vsmPC/bin/smRenderFS.php?PHPSESSID=898b89460071fe7ddde66647a041a39c&cerror=&xnode=7>. [citado 17 de febrero de 2010]

precisión, verificados a su vez en el Centro de Control y Metrología de la Superintendencia de Industria y Comercio.

- c) Industria Eléctrica del Cauca S.A. – INELCA:** ubicada en la ciudad de puerto tejada, regido bajo la resolución 12819 del 8 de junio de 2005, este laboratorio esta diseñado para la calibración de medidores de energía eléctrica activa de clase 1 o mayor. Tiene la capacidad de calibrar 480 medidores nuevos monofásicos en un turno de 8 horas, 320 unidades de medidores polifásicos en el mismo turno, contando con recursos como: software Cats, fuente de alimentación ND-192, Estabilizador trifásico de voltaje ND-351, carros de prueba, equipo de calentamiento ND-169⁸.

- d) Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. ESP – CENS:** ubicada en la ciudad de Cúcuta y esta regida bajo la resolución 10333 de 13 de mayo de 2005, ofrece la calibración de medidores monofásicos y polifásicos clases 1 y 2 de energía activa, polifásicos clase 3 de energía reactiva, medidores estáticos de energía activa clases 0,2s, 0,5s, 1 y 2, medidores estáticos de energía reactiva 1 y 2.

- e) Empresas Públicas de Medellín E.S.P. – EEPPM:** Ubicado en la ciudad de Medellín, regido por la resolución de acreditación 3670 del 20 de febrero de 2003.

- f) Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. – EPSA:** Acreditado por Superintendencia de Industria y Comercio, bajo la resolución 3972 del 21 de febrero de 2003, ofrece calibración de medidores estáticos de 0,2s, 0,5s, 1,

⁸ Industria Eléctrica del Cauca S.A. – INELCA. Nuestros servicios. <<http://www.inelca.com.co/>> [citado 17 febrero de 2010].

2, 3. Medidores de corriente alterna clase 0,5, 1 y 2; Medidores de inducción clase 3.

- g) Interconexión Eléctrica S.A. ESP – ISA:** se encuentra certificado por la Superintendencia de Industria y Comercio conforme a la Norma NTC-ISO-IEC17025, para el servicio de Análisis Químico de Materiales Aislantes mediante la Resolución 1837 del 15 de abril de 2003, que lo faculta para poner a su disposición, los diferentes tipos de pruebas clasificadas de acuerdo con la modalidad de análisis a realizar.

El Laboratorio de Medidas Eléctricas, se encuentra certificado por la Superintendencia de Industria y Comercio según la Norma NTC-ISO-IEC 17025 para el servicio de Calibración de Medidores de Energía con índices de clases 0.2, 0.5, 0.2S y 0.5S en laboratorio y en sitio, mediante la Resolución 9859 de abril 15 de 2003, mediante las pruebas de calibración establecidas en las normas IEC-687-1992 y NTC 2147-1998⁹.

- h) Central Hidroeléctrica de Caldas S.A. E.S.P. – CHEC:** Ubicado en Manizales, ofrece servicios de calibración de medidores electromecánicos clase 2, 0,5, 1 y 3; Medidores estáticos clase 0,5s ,1 y 2, regida por la resolución de acreditación 29854 de 22 de octubre de 2003.
- i) Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.:** Ubicado en la ciudad de Bucaramanga, puede calibrar de acuerdo a la resolución de acreditación 10162 de 18 de mayo de 2004: medidores monofásicos y polifásicos de energía directa clases 0,5, 1 y 2; medidores monofásicos y polifásicos de

⁹ Interconexión Eléctrica S.A. ESP – ISA. Preguntas frecuentes. <
<http://www1.isa.com.co/irj/go/km/docs/documents/ContenidoInternetISA/ISA/NegociosISA/PreguntasFrecuentes/ES/ServiciosOfrecidosISACertificadoCalidad.html>> [citado 17 de febrero de 2010].

energía indirecta clases 0,5, 1 y 2; medidores estáticos de energía directa clases 0,5, 1 y 2; medidores estáticos de energía indirecta clases 0,5, 1 y 2.

- j) MTE Medidores - Técnica - Equipos S.A. - C.I. :** ubicada en la ciudad de Bogotá, presta servicios de calibración de Medidores de energía Eléctrica de Corriente Alterna, Tipo Inducción y Estáticos, para Energía Activa y Reactiva Clases 0.2S; 0,5S; 0.5; 1,2 y 3. EPM (Equipos de Prueba de Medidores) de Energía Eléctrica con Patrones Con límites de Error superiores o iguales a +0,02%. Patrones: Medidores de Energía Eléctrica con Límites de error superiores o iguales a + 0,02%¹⁰.
- k) Servimeters S.A.:** Regido por la resolución de acreditación 3096 del 5 de febrero de 2008, para la calibración de medidores de energía activa electromecánicos clase 1 y 2; Medidores de energía eléctrica activa estáticos de corriente alterna clase 0,5s, 1 y 2.
- l) Compañía Colombiana de Medidores TAVIRA S.A. COLTAVIRA:** Ubicado en la ciudad de Bogotá, acreditado bajo la resolución 2230 del 7 de febrero de 2005, calibra medidores monofásicos y polifásicos de energía activa clases 1 y 2; medidores de energía reactiva clase 2 y 3.
- m) Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P.- EBSA:** Ubicada en la ciudad de Tunja, regido por la resolución 14251 de 18 de mayo de 2007 para la calibración de medidores electromecánicos y estáticos de corriente alterna de energía activa clase 1 y 2 y energía reactiva clase 2 y 3.

¹⁰ MTE Medidores - Técnica - Equipos S.A. - C.I. Productos y servicios. <
<http://www.verifylab.com/c/cmee.htm>> [citado 17 de febrero de 2010]

- n) Elgsis Ltda.:** ubicado en la ciudad de Bogotá, acreditado para calibrar medidores electromecánicos y estáticos de corriente alterna de energía activa clase 0,2s, 0,5s, 1 y 2 y energía reactiva clase 2 y 3.
- o) Digrón Ltda.:** Ubicado en la ciudad de Bogotá, acreditado para calibrar medidores de energía activa de corriente alterna, de inducción (electromecánicos) Clases 1 y 2 y Estáticos (electrónicos), Clases 0,2s; 0,5s; 0,5; 1 y 2 y de energía reactiva, de corriente alterna electromecánicos Clase 3, y estáticos (electrónicos) Clases: 2 y 3.
- p) Centrales Eléctricas del Cauca S.A. E.S.P. – CEDELCA:** Ubicado en la ciudad de Popayán, acreditado para calibrar medidores de Energía Eléctrica Activa, de Inducción (Electromecánicos) de Corriente Alterna, Clases: 1 y 2. Medidores de Energía Eléctrica Activa, estáticos de corriente alterna Clases: 1 y 2.
- q) Electrificadora del Caquetá S.A. E.S.P.:** Ubicado en la ciudad de Florencia departamento del Caquetá, acredita para calibrar medidores de Energía Eléctrica Activa, de Inducción (Electromecánicos) de Corriente Alterna, Clases 1 y 2 y de energía reactiva, de corriente alterna clase 3 Medidores de Energía Eléctrica Activa, estáticos de corriente alterna Clases 0,5S; 0,5; 1 y 2 y medidores estáticos (electrónicos) de energía reactiva, de corriente alterna, clases 2 y 3.
- r) Veritest Ltda.:** Ubicada en la ciudad de Bogotá, acreditada bajo la resolución 29128 de 11 de junio de 2009, ofrece los servicios de calibración de Medidores de energía activa estáticos, Clase 0,2s; 0,5s; 0,5; y 1; Medidores de energía reactiva estáticos clase 2 y 3; además calibración de Transformadores de Medida. Transformadores de Tensión Inductivos Clases: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 y 3,0.

2.5 PROVEEDORES

El laboratorio de la medida cuenta con 30 proveedores autorizados para prestar los servicios, a continuación son mencionados aquellos que se consideran impactan directamente en la prestación del servicio y se hace referencias los servicios:

- a) **APPLUS NORCONTROL COLOMBIA LTDA.:** Es una empresa colombiana, filial de una compañía multinacional española. Es una referencia en el campo de la inspección, certificación y servicios de alto valor tecnológico; su compromiso es “brindar en Colombia un servicio de procesamiento e interpretación especializado de grandes volúmenes de datos con última tecnología”¹¹.
- b) **ARSEG:** Es una empresa con 45 años de experiencia en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional. Ofrece soluciones integrales para la Industria en general, buscando satisfacer permanentemente las necesidades de nuestros clientes.
- c) **DAGA S.A.:** es una empresa Colombiana, fundada en 1983, con más de 25 años de experiencia en el mercado, especializada en importación, fabricación, distribución, comercialización y representación de equipos, accesorios, herramientas y en general todo el equipamiento para la industria de las telecomunicaciones¹².

¹¹ APPLUS NORCONTROL COLOMBIA LTDA. Presentación. < http://www.appluscorp.com.co/swf_geofields/index.html> [citado 18 de febrero de 2010]

¹² DAGA S.A. Nuestra Empresa. < http://www.daga-sa.com/Cotiz10/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=108> [citado 18 de febrero de 2010]

- d) **EPSA S.A. E.S.P:** Es una empresa que ofrece servicios de mantenimiento de instalaciones eléctricas, pruebas de motores, alquiler y venta de equipos, optimización de los sistemas de iluminación, entre otros.
- e) **CENTRAL DE SOLDADURAS:** es una empresa que se ha especializado en la comercialización de Soldaduras, Accesorios, Equipos y Artículos de Seguridad Industrial¹³.
- f) **MEPAL:** Empresa dedicada a gestionar ambientes de trabajo, con base en la adecuación de oficinas a través de la instalación de muebles.
- g) **NEUMATICA DEL CARIBE:** Empresa que ofrece líneas de compresores, secadores, filtros y accesorios para aire comprimido, entre otros.
- h) **RICOH COLOMBIA S.A.:** Es una organización de alta tecnología que ofrece Soluciones para una Gestión Integral del Documento en la oficina moderna, entre los cuales encontramos fotocopiadoras, impresoras, duplicadores digitales.
- i) **ROMERO Y CIA:** Empresa servicios y asesoría en las divisiones Eléctrica, Ferretería, Laboratorio e instrumentación. División de empaquetadura y sellos mecánicos, seguridad industrial y Herramientas manuales en general.
- j) **SERVIPARAMO:** Empresa encargada de dar soluciones integrales en climatización de áreas, tratamiento y optimización de refrigeración.
- k) **SISTEMAS E INSTRUMENTACION:** Ubicados en la ciudad de Bogotá y Provee soluciones de herramientas para mantenimiento y servicio, eléctrica,

¹³ CENTRAL DE SOLDADURAS. Reseña histórica. <

http://www.centraldesoldaduras.com.co/pagina_central/index_s.php> [citado 18 de febrero de 2010]

electrónica, procesos industriales y de redes de computación. Laboratorio de Metrología: Servicio de Calibración y soporte de Mantenimiento a una amplia gama de instrumentos de medida, utilizando patrones que cumplen con trazabilidad N.I.S.T.

- l) GEICO S.A.:** Empresa acredita para realizar inspecciones de instalaciones eléctricas de distribución e instalaciones de uso final, exceptuando las instalaciones eléctricas en minas.

- m) MEK LTDA:** Empresa dedicada a las asesorías en los sistemas de calidad, mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de medida, verificación de condiciones de referencia, desarrollo de soluciones de software y hardware para la modernización de equipos y tratamiento de información.

- n) METROCAL:** es una empresa de servicios, especializada en la calibración de dispositivos de medición en Temperatura, Masa y Balanzas, Mediciones Eléctricas, Presión, Humedad, Volumetría, Equipos Físicoquímicos y Dimensional¹⁴.

- o) SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO:** Entidad que vigila el cumplimiento de los derechos de los consumidores; promueve el mejoramiento de la calidad y la seguridad en los bienes y servicios, estimula la competencia mediante la aplicación de las normas sobre prácticas comerciales restrictivas y competencia desleal y mantiene los patrones nacionales de medida para garantizar el nivel metrológico que requieren los agentes económicos.

¹⁴ METROCAL LTDA. Empresa. < <http://www.metrocalltda.com/portal/>> [citado 18 de febrero de 2010]

- p) **INDUSTRIA DE MUEBLES DE LA COSTA LIMITADA:** Empresa dedicada a la fabricación de muebles de oficina utilizando diseños en madera y metal.
- q) **CIDET:** Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico, es una entidad sin ánimo de lucro, respaldada por gran número de empresas del sector, que desde 1995 presta servicios a las empresas para el mejoramiento de su productividad¹⁵.
- r) **ACTARIS:** empresa que distribuye equipos de bombeo, mezcladores y medidores de flujo volumétricos y masicos.

2.6 MARCO LEGAL

La base legal de trabajo del Laboratorio se enmarca en el Decreto 2269 de 1993, la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio y en el acta de constitución ante la Cámara de Comercio de Barranquilla de la sociedad comercial ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

Mediante escritura pública No. 2274 de la Notaria 45 de Santa Fe de Bogotá, inscrita el 13 de julio de 1998, se constituyó la sociedad Comercial denominada ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P. sigla ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.

¹⁵ CIDET. < <http://www.cidet.com.co/default.php?id=11>> [citado 18 de febrero de 2010]

3. MAPA CONCEPTUAL

Acreditación¹⁶

Procedimiento mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e inspección, laboratorios de ensayos y de metrología para que lleven a cabo las actividades a que se refiere este decreto.

Aislamiento básico¹⁷

Aislamiento aplicado a las partes vivas para proveer una protección básica contra choques eléctricos.

Ajuste de un instrumento de medición¹⁸

Operación de ubicar un instrumento de medición en un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

Aseguramiento Metrológico¹⁹

Conjunto de actividades programadas sistemáticamente, las cuales, llevadas a cabo de forma eficiente, garantizan lo siguiente:

Que las características de calidad y/o magnitudes a medir determinadas con base en un análisis del modo y efecto de las mediciones, sean realmente las críticas e importantes.

Que los equipos e instrumentos de inspección, medición y prueba sean los

¹⁶ Decreto 2269, artículo 2o. numeral h

¹⁷ Norma NTC 5226, 3.4.1

¹⁸ Norma NTC 2194, 4.30

¹⁹ Manual de Aseguramiento Metrológico Industrial, introducción

adecuados, en cuanto a exactitud, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad y linealidad.

Que el sistema operador–instrumento sea el adecuado, es decir, que el operador tenga la habilidad necesaria para usar el instrumento correcto al realizar una medición en particular.

Que la relación de la incertidumbre de las mediciones sea apropiada, es decir, que los errores aleatorios y sistemáticos sean conocidos y controlados.

Que el riesgo del cliente sea conocido y controlado, o sea, que la posibilidad de que se acepte un producto defectuoso o que el cliente adquiera un producto fuera de especificación sea baja.

Que el sistema proporcione confianza e información sobre la variabilidad del proceso de producción así como del sistema de medición con el objeto de controlarlos y mejorarlos.

Que el propio sistema sea continuo y auto controlado, basado en un estricto programa de control, mantenimiento y calibración de equipo de inspección, medición y pruebas.

Calibración²⁰

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de las magnitudes que indique un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia, y los valores correspondientes determinados por medio de los patrones.

²⁰ Norma NTC 2194, 6.11.

Carga²¹

La impedancia del circuito secundario en ohmios a un factor de potencia. Las cargas se expresa generalmente como la potencia aparente en voltamperios (VA).

Cierre de un medidor²²

Actividad mediante la cual se le coloca la tapa cubierta a un medidor y la etiqueta de calibración.

Circuito Auxiliar²³

Elementos (lámparas, contactos, etc.) y conexiones de un dispositivo auxiliar que se encuentran dentro de la caja del medidor, para ser conectado a un dispositivo externo, como por ejemplo: un reloj, un relé, contador de pulsos.

Circuito de Corriente²⁴

Conexiones internas del medidor y parte del elemento de medida a través del cual fluye la corriente del circuito al cual se conecta el medidor.

Circuito de Tensión²⁵

Conexiones internas del medidor y parte del elemento de medida y en el caso de medidores estáticos, parte de la fuente de alimentación, energizados con la tensión del circuito al cual se conecta el medidor.

²¹ Norma NTC 2205:2004, 2.1.3

²² Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001), P. 17

²³ Norma NTC 5226, 3.2.8

²⁴ *Ibid.*, 3.2.6

²⁵ *Ibid.*, 3.2.7

Clase de Exactitud²⁶

Clase de instrumento de medición que cumplen con ciertos requisitos metrológicos, previstos para mantener los errores dentro de límites especificados.

Conformidad²⁷

Cumplimiento de un requisito.

Constante (para medidores electromecánicos)²⁸

Valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el número de revoluciones correspondientes del rotor. Para medidores de energía activa se da en revoluciones por kilovatio hora (rev/kWh) ó vatios hora por revolución (Wh/rev); y para medidores de energía reactiva se expresa en revoluciones por kilovar-hora (rev/kvarh) ó var-hora por revolución (varh/rev).

Constante (para medidores estáticos)²⁹

Valor que expresa la relación entre la energía registrada por el medidor y el valor correspondiente del dispositivo de la salida de prueba. Si este valor es un número de pulsos, la constante puede ser expresada en pulsos por kilovatio-hora (imp/kWh) o vatio-hora por pulso (Wh/imp).

Corriente básica (I_b)³⁰

²⁶ Norma NTC 2194, 5.19

²⁷ Norma NTC-ISO 9000.

²⁸ Norma NTC 5226, 3.2.9.1

²⁹ *Ibid.*, 3.2.9.2

Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño de un medidor de conexión directa.

Corriente Máxima ($I_{m\acute{a}x}$)

La corriente máxima para medidores conectados directamente, es el valor máximo de corriente presentado en la placa característica. Cuando un medidor es conectado a través de transformadores de corriente, la corriente máxima del medidor corresponde a $1,2 I_n$.

Corriente Nominal (I_n)³¹

Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño correspondiente de un medidor conectado a través de transformadores.

Display³²

Dispositivo que muestra el (los) contenido(s) de la(s) memoria(s).

Equipo de medición³³

Instrumento de medición, software, patrón de medida, material de referencia o aparato auxiliar o una combinación de éstos, necesario para llevar a cabo un proceso de medición.

Equipo de medida³⁴

³⁰ Norma NTC 5226, 3.5.1.2

³¹ *Ibíd.*, 3.5.1.3

³² *Ibíd.*, 3.2.4

³³ Norma NTC –ISO 10012, 3.3

³⁴ Norma NTC 5019

Conjunto de dispositivos destinados a la medición o registro del consumo.

Equipo de Prueba para Medidores (EPM)³⁵

Conjunto de instrumentos que suministra energía a los medidores bajo prueba y, a la vez, mide la energía entregada a los mismos.

Estabilidad Térmica³⁶

Se considera que la estabilidad térmica se alcanza cuando la variación de error, como consecuencia de los efectos térmicos, durante 20 minutos es menor de 0,1 veces el error máximo admisible del medidor para la medición en consideración.

Factor de potencia³⁷

El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, kW divididos por kVA en un momento determinado.

El valor de un factor de potencia está comprendido entre 0 y 1.

Si las corrientes y tensiones son señales perfectamente sinusoidales, el factor de potencia es igual a $\cos \phi$. Un factor de potencia cercano a la unidad significa que la energía reactiva es pequeña comparada con la energía activa, mientras que un valor de factor de potencia bajo indica la condición opuesta.

Medidor de Energía³⁸

³⁵ Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001), P. 23

³⁶ Norma NTC 5226, 3.6.13

³⁷ Schneider Electric. Guía de diseño de instalaciones eléctricas, capítulo L, 1.3

³⁸ Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001), P. 28

Instrumento destinado a medir la energía activa o reactiva, mediante la integración de la potencia activa o reactiva en función del tiempo.

Medidor Electromecánico o de inducción³⁹

Medidor en el cual los flujos producidos por las corrientes que circulan en bobinas fijas, reaccionan con las corrientes inducidas por estos flujos en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover de tal forma que el número de revoluciones es proporcional a la energía a ser medida.

Medidor Estático⁴⁰

Medidor en el cual la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir una salida proporcional a la energía a ser medida.

Patrón nacional (de medición)⁴¹

Patrón reconocido mediante una decisión nacional, utilizable en un país como base para asignar valores a otros patrones de la magnitud que interesa.

Revisión de Condiciones técnicas⁴²

Verificación visual externa e interna que se realiza a los medidores para determinar que las condiciones técnicas de sus componentes no afectan la integridad física de las personas, de los equipos de calibración y el buen

³⁹ Norma NTC 5226, 2.1.4

⁴⁰ *Ibíd.*, 3.1.2

⁴¹ Norma NTC 2194, 6.3

⁴² Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001), P. 36

funcionamiento del medidor.

Revisión Especial⁴³

Reporte de la revisión que se realiza a los medidores para registrar por medio de códigos y fotografías la verificación visual interna y externa de los componentes que afectan la integridad física de las personas, de los equipos de calibración o el buen funcionamiento del medidor.

⁴³ Norma Gestión de la calidad del Laboratorio de la Medida (NE.CK.001), P. 36

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES

La comprensión del funcionamiento de los proceso es esencial para asegurar la competitividad de una empresa. Un proceso que no se ajusta a las necesidades de la empresa la castigará a cada minuto que opere.

Un proceso se entiende como "conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados"⁴⁴

Un análisis de proceso permite responder preguntas como: ¿Cuántos clientes por hora puede manejar el proceso? ¿Cuánto tiempo tomara prestarle un servicio a un cliente? ¿Qué cambios se necesitarán en el proceso para ampliar su capacidad? ¿Cuánto cuesta el proceso?

Un primer paso es definir el propósito del análisis, ¿el propósito es resolver el problema? ¿Es comprender mejora el efecto de un cambio en la forma en se harán los negocios en el futuro?

Para realizar análisis del los procesos del Laboratorio de la Medida es preciso identificar o definir cuales son estos. Básicamente existen cuatro procesos:

- Calibración de medidores nuevos
- Calibración de medidores usados
- Ajuste de medidores nuevos
- Ajuste de medidores usados

⁴⁴ Norma ISO 9000:2002, pagina 11

Aunque estos procesos son revisados y se rigen bajo una política de mejora continua por medio de un Sistema de Gestión de Calidad, no se encuentran documentados en caracterizaciones y en entre los años 2007-2009 se han venido presentando incumplimientos en los tiempos de entrega de los medidores a los clientes. Para tener una visión detallada de la situación actual, se hizo necesaria una revisión preliminar de las variables relacionadas.

Analizando el comportamiento de la demanda de los últimos tres años (2007, 2008 y 2009) se evidencia que la calibración de los medidores nuevos y usados es la más representativa y corresponde a un porcentaje promedio aproximado de 95% del total de la demanda, como se puede ver en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de la demanda de servicios de calibración y ajuste de medidores en el Laboratorio de la Medida

MEDIDORES EN UNIDADES AÑO 2007													
PROCESO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Calibración Usados	3.079	4.025	3.991	2941	5.688	3.149	4.055	4.491	3.999	5.120	4.477	3.485	48.500
Calibración Nuevos	6154	-	795	590	-	3.963	-	5.576	4.991	25	131	-	22.225
Ajuste Usados	-	-	654	631	-	-	-	-	-	-	-	-	1.285
Ajuste Nuevos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
MEDIDORES EN UNIDADES AÑO 2008													
PROCESO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Calibración Usados	3.127	3.750	3.522	599	1.006	2.376	4.345	3.057	3.911	2.773	3.785	2.824	35.075
Calibración Nuevos	-	622	41	1.499	3.991	2.419	5.344	6.336	9.570	14.201	6.490	2.560	53.073
Ajuste Usados	-	-	-	1.244	1.652	-	759	-	-	-	-	-	4.968
Ajuste Nuevos	-	-	1	-	-	18	-	332	-	-	-	-	351
MEDIDORES EN UNIDADES AÑO 2009													
PROCESO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL		
Calibración Usados	3.968	3.016	3.167	2.961	3.041	2.635	3.586	3.869	4.726	3.325	34.294		
Calibración Nuevos	200	3.500	14.549	14.163	6.013	3.090	6.046	3.084	1.118	4.844	56.607		
Ajuste Usados	298	680	389	739	1.066	200	11	-	0	100	3.483		
Ajuste Nuevos	20	680	948	35	30	233	0	-	317	0	2.263		

Fuente: Informes de seguimiento Alta Gerencia Laboratorio de la Medida años 2007-2009

Sin embargo existe una gran variación de la demanda mensual en la calibración de medidores nuevos y una más estable en la calibración de medidores usados. En la figura 3 se observa este comportamiento con más detalle.

Figura 9. Comportamiento de la demanda de servicios de calibración de medidores nuevos y usados en el Laboratorio de la Medida



Fuente: Informes de seguimiento Alta Gerencia Laboratorio de la Medida años 2007-2009

Para la prestación de servicios de calibración y ajuste de medidores, se firmó un contrato entre ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. y el Laboratorio de la Medida (Ver anexo B), ya que por ser un Laboratorio acreditado debe demostrar independencia si hace parte de una organización mayor como lo establece NTC - ISO/IEC 17025 Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y de calibración. Según lo establecido en el contrato de prestación de servicio los tiempos para la ejecución de los servicios según tipos de medidores, son los siguientes:

- Medidores nuevos Tipo 1 con lotes de 5000 medidores serán de (6) días hábiles. Se entiende como medidor nuevo tipo 1, a todo que no ha sido usado y que tiene una fase - dos hilos (monofásico bifilar)
- Medidores nuevos Tipo 2 con lotes de 5000 medidores serán de (12) días hábiles. Se entiende como medidor nuevo tipo 2, a todo medidor que no ha sido usado y que tiene una fase - tres hilos (monofásico trifilar).
- Medidores nuevos Tipo 3 y 4 con lotes de 3600 medidores serán de (12) días hábiles. Se entiende como medidor nuevo tipo 3 y 4, a todo medidor que no ha sido usado que tiene dos fases - tres hilos (bifásico trifilar) y tres fases 3 hilos (trifásico trifilar).
- Medidores usados no podrá superar los 15 días hábiles con cantidades de hasta 5000 medidores mes.

Los tiempos para el cumplimiento de lo contratado comienzan a regir a partir de la recepción de los medidores hasta la fecha de entrega de los certificados de calibración. Por esta razón la programación de las calibraciones se realiza teniendo en cuenta la fecha de entrada de los medidores, es decir se programan primero los que se recibieron primero, además se procura que la programación para los equipos patrones de medida esté completa para utilizar toda su capacidad.

A continuación se presenta el comportamiento de cumplimiento e incumplimiento de los medidores de enero a octubre de 2009, puesto que la información de años anteriores (2007-2008) no se tenía en medios magnéticos y la obtención de los datos debía tomarse de los registros impresos, lo que dificultaba la tarea dada su cantidad.

Tabla 2. Comportamiento del nivel de cumplimiento e incumplimiento en la prestación del servicio de calibración y ajuste de medidores, año 2009

Comportamiento del nivel de cumplimiento e incumplimiento en unidad de medidores																				
PROCESO	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT	
	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc	Cum	Inc
Calibración nuevos	200	0	3500	0	14549	0	14163	0	6013	0	3090	0	6046	0	3084	0	1118	0	4844	0
Calibración usados	3214	754	2714	302	3135	32	2934	27	2877	164	2427	208	3012	574	3737	132	3932	794	1357	1968
Ajuste nuevos	298	0	680	0	389	0	739	0	1066	0	300	0	11	0	0	0	0	0	100	0
Ajuste usados	20	0	0	0	446	502	35	0	30	0	233	0	0	0	0	0	317	0	0	0

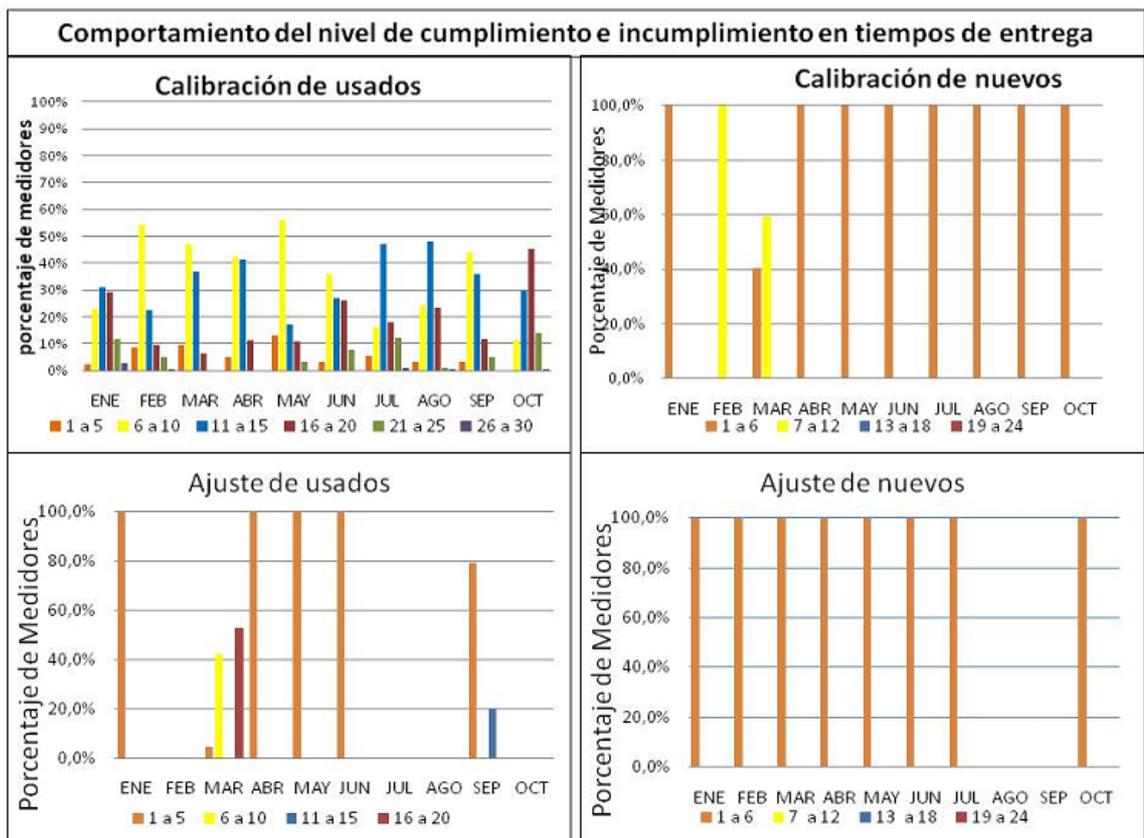
Fuente: Informes de seguimiento Alta Gerencia Laboratorio de la Medida años 2007-2009

Las estadísticas sobre el cumplimiento e incumplimiento mensual en lo que va del año 2009, dejan ver que el proceso crítico del Laboratorio es el de calibración de medidores usados, ya que no ha sido posible en ningún mes del año cumplir con el tiempo establecido en el 100% de los medidores, a diferencia de los otros procesos como se puede observar en la tabla 2, la cual muestra la cantidad de

medidores en cada proceso en los que se cumplieron e incumplieron los tiempos establecidos por el cliente.

Cuando se calcula la duración de los medidores en los diferentes procesos se confirma que la calibración de medidores usados es el que mas afecta el cumplimiento ya que el 24,5% superó el tiempo de procesamiento establecido de 15 días hábiles. La figura 4 muestra la cantidad en porcentaje de medidores en los diferentes rangos de duración de cada proceso.

Figura 10. Comportamiento del nivel de cumplimiento e incumplimiento en tiempos de entrega prestación del servicio de calibración y ajuste de medidores de enero a octubre de 2009.



Fuente: Informes de seguimiento Alta Gerencia Laboratorio de la Medida años 2007 - 2009

Los incumplimientos que se presentan actualmente en el Laboratorio pueden estar siendo generados por diferentes factores que se encuentran presentes en las diferentes etapas del proceso por las que pasan los medidores.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

A continuación se describen los procesos de calibración de manera organizada para facilitar su interpretación y en lo posible la identificación de actividades repetitivas o que no agregan valor.

4.1.1 Medidores nuevos

Recepcionar medidores

Los medidores enviados por el cliente son recibidos por el Almacén junto con una relación de los mismos. El responsable de Almacén o el Auxiliar verifica la cantidad de los medidores recibidos que luego serán entregados al Laboratorio.

Almacenar los medidores

Los medidores son almacenados en guacales en el orden de llegada, en los sitios depuestos para su almacenamiento. Estos medidores son entregados al Laboratorio según solicitud del Jefe de Laboratorio.

Recibir los medidores de almacén

El Asistente Administrativo recibe y verifica la cantidad de medidores, la cual debe estar acorde a la relación entregada por el Almacén en el Acta de entrega, el acta

debe contener además el número de pedido. Posteriormente diligencia los formatos de Solicitud de servicio (FR.CK.168) y Orden de trabajo (FR.CK.119) (ver anexo D).

Imprimir etiqueta de identificación

El Asistente Administrativo imprime para cada medidor una etiqueta la cual contiene el número de pedido. Esta etiqueta identifica a cada uno de los medidores durante el tiempo que se encuentran en el interior del Laboratorio.

Desembalar medidores

El Asistente Administrativo (Coordinador de Turno) entrega los medidores en guacales para su desembalaje junto con las etiquetas de identificación y los formatos de solicitud de servicio (FR.CK.168) y orden de trabajo (FR.CK.119). En esta actividad los Auxiliares de Laboratorio sacan de su empaque cada uno de los medidores y se les coloca la etiqueta con el número de pedido en un lugar visible, preferiblemente al lado izquierdo del bloque de terminales (Ver anexo E), además se retira la tapa bornera del medidor si la trae, y levantan los tornillos del bloque de terminales para su posterior montaje en los equipos de prueba (Ver anexo E).

Los medidores son ubicados en carros transportadores y se trasladan a la bodega donde esperan para ser calibrados según la programación de calibración.

Calibrar Medidores

El Auxiliar de Laboratorio traslada los medidores hasta el área de calibración y el Técnico diligencia el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) con el número de serie de cada medidor (ver anexo E).

Ensayo de Propiedades Dieléctricas

Objetivo del ensayo de propiedades dieléctricas es verificar el estado del aislamiento de los medidores.

Cuando se calibran medidores tipo 1 o tipo 2, el Auxiliar monta los medidores en un bastidor de 40 posiciones (ver anexo C), aprieta los tornillos del bloque de terminales (ver anexo E), realiza las conexiones y verifica su continuidad con multímetro e inicia el proceso así:

Ingresa y conecta el bastidor al Túnel de Rigidez (ver anexo C), y cierra la puerta del túnel. El Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%
- Presión Atmosférica: 86 kPa – 106 kPa

Las condiciones son registradas en el formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) y son tomadas también al finalizar el ensayo.

En caso de que las condiciones antes mencionadas no se encuentren dentro de los rangos establecidos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

El Auxiliar inicia encendiendo el equipo, ajusta el tiempo a 5 segundos y la tensión a aplicar a 2000V, antes de accionar la llave de seguridad del equipo fija en ceros el cronómetro, cuando está listo gira la llave de seguridad, oprime el botón start y al mismo tiempo pone en marcha el cronómetro. Pasados los 5 segundos gira la llave de seguridad, oprime el botón stop y lleva a su estado inicial el ajuste de tensión. Cuando ha terminado saca el bastidor del Túnel de Rigidez (ver anexo C).

Si se apaga automáticamente el equipo antes de pasar el tiempo establecido, es por que uno o varios medidores presentan falla, inmediatamente esto sucede, oprime el stop del cronómetro y verifica el tiempo que falta para completar los 5 segundos. Procede inmediatamente a llevar los medidores en grupos de 10 a la mesa de rigidez zera (ver anexo C) abre la tapa, ingresa los medidores, realiza las conexiones, cierra la tapa de la mesa, la enciende, presiona el botón ON, ajusta tensión y pone en marcha el cronometro hasta completar el tiempo restante. Si algún medidor falla se enciende un bombillo indicador en la mesa, para que se disminuya el numero de medidores, hacer nuevamente la prueba y así se realiza hasta encontrar el o los medidores que están fallando para sacarlos del proceso.

Cuando se calibran medidores 3 y 4, el Auxiliar los lleva la Mesa Zera (ver anexo C) en grupos de 10, abre la tapa, ingresa los medidores, realiza las conexiones, cierra la tapa de la mesa, la enciende, presiona el botón ON, ajusta tensión a 2000V, lleva a cero el cronometro para medir los 5 segundos que dura el ensayo y da comienzo a este. Si algún medidor falla se enciende un bombillo indicador en la mesa, para que se disminuya el numero de medidores, hacer nuevamente la prueba y así se realiza hasta encontrar el o los medidores que están fallando para sacarlos del proceso.

Los medidores que no pasan el ensayo, es decir, aquellos que resultaron ser no conformes, los identifica y saca del proceso. Se considera que un medidor es conforme cuando durante la realización del ensayo no se presentan flameos, descargas, o perforaciones.

Los medidores tipo 1 que resultaron ser conformes en el ensayo, son montados nuevamente al bastidor (ver anexo C), conectados a este y llevados a la siguiente actividad, con una escarapela verde que los identifica como medidores con el ensayo de propiedades dieléctricas. Los medidores tipo 2, 3 y 4 que resultaron ser conformes en el ensayo, son montados en un carro transportador (ver anexo C),

identificado con escarapela verde, la cual indica que ya se les realizó el ensayo de propiedades dieléctricas y llevados a la siguiente actividad.

Finalmente se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) el resultado de calibración (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Pre calentamiento

El pre calentamiento es una condición para poder continuar con los ensayos y consiste en estabilizar térmicamente los circuitos de los medidores y de esta manera no influir en los resultados de las pruebas.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el pre calentamiento hasta que estas se estabilicen.

Los medidores tipo 1 son llevados por el Auxiliar a la Fuente auxiliar de pre calentamiento Schlumberger (ver anexo C), los conecta a esta y verifica que haya continuidad. Para iniciar con el pre calentamiento se pulsa el botón ON de la fuente y el generador, se ajusta la tensión que indica la placa de características del medidor (ver anexo E) y se verifica esta en cada uno de las 40 posiciones del bastidor (ver anexo C).

Los medidores tipo 2, 3 o 4 son llevados por el Auxiliar en el carro transportador (ver anexo C) a la mesa de trabajo para que el Técnico abra el puente entre la bobina de tensión y de corriente, para poder hacer esto primero destapa los medidores. Cuando ya están los puentes abiertos los medidores son montados en la Fuente auxiliar de precalentamiento Landis (Ver anexo C) y se les realiza las conexiones.

Para iniciar el precalentamiento se enciende el interruptor, se arranca el generador, se selecciona la tensión a aplicar, la cual esta dada por la placa de características (ver anexo E) y se verifica esta en cada una de las posiciones del bastidor.

El tiempo que dura el precalentamiento es de 30 minutos para medidores de inducción y 60 minutos para medidores estáticos. Terminado el precalentamiento; los medidores son llevados al siguiente ensayo con una escarapela que identifica que se hizo el precalentamiento.

Ensayo de Funcionamiento sin carga

Por medio de este ensayo se evalúa la condición del medidor de energía, cuando no circula por él ninguna corriente de carga o circula una corriente demasiado pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción son llevados en el bastidor (ver anexo C) a la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C), en la cual es conectado. Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador y se ajusta la tensión a aplicar, la cual se especifica en la placa de características del medidor (Ver anexo E) y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 de inducción o estáticos son desmontados de la fuente auxiliar de precalentamiento Landis (ver anexo C) y son llevados al equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C), donde son atornillados y conectados. Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente y factor de potencia. Una vez ingresados los datos se inicia el ensayo pulsando enter.

Si los medidores son tipo1 estáticos son llevados en el bastidor (ver anexo C) al equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona el ensayo en el equipo de computo del equipo, se indica el numero de medidores, la constante, tensión que es el 115% de la especificada en la placa de características del medidor (ver anexo E), corriente, factor de potencia, tiempo del ensayo y se presiona F3.

El tiempo mínimo para realizar el ensayo se establece aplicando la siguiente formula:

$$\Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,25}$$

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,5S y 1}$$

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 2}$$

$$\Delta t \geq \frac{300 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 3}$$

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4856

Donde:

K es el número de pulsos emitidos por el dispositivo emisor de pulsos del medidor

m es el número de elementos de medida

V_n es la tensión de referencia en voltios

I_{max} es la corriente máxima en amperios

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor no de una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos el software del equipo indica cual medidor cumple o no con el criterio de evaluación, el cual dice que sin tener corriente en los circuitos de corriente y aplicando una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión, el medidor no debe dar más de un pulso.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de Arranque

Por medio de este ensayo se verifica que el medidor arranca y continúa registrando para una corriente de carga pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción se continúa el ensayo en la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C). Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador, se ajusta la tensión y corriente al mínimo porcentaje, y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 se continúa el ensayo en el equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C). Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo

al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente. Una vez ingresados los datos se selecciona un número de ensayo y se presiona F1 para desarrollar el ensayo.

Si los medidores son tipo1 estáticos se continua el ensayo en el equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona en el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se indica el número de medidores, la constante, tensión y corriente. Una vez se ha ingresado estos datos se presiona F1 para energizar y dar inicio al ensayo.

El tiempo máximo que dura el ensayo no debe ser mayor de tres veces el tiempo determinado por la siguiente expresión:

$$t = (3600 \times N) / (P \times K)$$

Donde:

Numero de pulsos o de revoluciones del rotor. Para este caso equivale a 1

P Potencia

K constante del medidor

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor complete por lo menos una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos debe verificarse que el medidor emita por lo menos dos pulsos.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de exactitud

Por medio de este ensayo se busca establecer que tanto se desvía la lectura efectuada por un medidor de energía bajo una condición de carga determinada, frente al valor convencionalmente verdadero de un patrón.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo 1 de inducción, se trasladan y conectan al equipo Qualytest (Ver anexo C), y si sin estático se continua en el equipo. Para dar inicio al ensayo, desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla, y

se verifican el número de medidores conectados, y la constante (ver anexo E). Luego se ingresan las siguientes características del ensayo de Exactitud:

- El número de ensayos para guardar los errores
- El número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error
- La tensión nominal de los medidores
- El valor de corriente del ensayo
- El valor del factor de potencia

Una vez ingresados estos parámetros se presiona F1 para dar inicio al ensayo. Si los medidores son tipo 2, 3, o 4, se continua realizando el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C). Para dar inicio al ensayo desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla de acuerdo al tipo de medidor y se verifica que los siguientes parámetros estén definidos:

- La(s) fase(s) de corriente correspondiente(s)
- Número de medidores conectados
- La constante de cada medidor

Luego ingresa las características de: número de ensayos para guardar los errores, número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error, tensión nominal de los medidores, valor de corriente, factor de potencia de acuerdo a lo indicado por la norma empleada y se presiona la tecla F1 para dar inicio al ensayo.

Cuando se ha verificado cada uno los puntos de prueba establecidos por la norma técnica utilizada, se desenergiza el medidor y los resultados del ensayo se actualizan automáticamente en el computador del equipo. Finalizado el ensayo,

evalúa el resultado en cada punto de prueba de acuerdo a las condiciones indicadas en la norma que se este aplicando y registra en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) el resultado del ensayo.

Si en cada punto de prueba un medidor cumple con el respectivo límite de error porcentual, se considera que el medidor es conforme.

Verificación de la constante

Mediante este ensayo se verifica que la relación entre la energía medida y el número de revoluciones del rotor del medidor (para medidores de inducción) o la salida de pulsos del medidor (para medidores estáticos) cumpla con lo especificado con la placa de características.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si el medidor es tipo 1 de (inducción o estático), se continua realizando el ensayo en el equipo Qualytest (Ver anexo C) y a los medidores tipo 2, 3 o 4 se les realiza el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C).

Para dar inicio al ensayo se toman las lecturas de los medidores, incluyendo los números decimales, luego se aplica una cantidad de energía conocida al medidor y al finalizar se toma nuevamente las lecturas de los medidores. La diferencia entre las dos lecturas tomadas a cada medidor es la energía registrada por estos.

Para verificar el cumplimiento de los requisitos se deben calcular el error porcentual (Ep), el error de exactitud (Eex) y la incertidumbre (μ).

Calculados estas variables se evalúa la conformidad de los medidores de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3. Evaluación del resultado del ensayo de verificación de la constante

Condición	Resultado
$ Ep - Eex \leq CL - \mu $	El medidor CUMPLE (está CONFORME) con los requerimientos del ensayo de verificación de la constante.
$ Ep - Eex > CL + \mu $	El medidor NO CUMPLE (está NO CONFORME) con los requerimientos del ensayo de verificación de la constante.
$CL - \mu < Ep - Eex \leq CL + \mu $	Debido al valor de la incertidumbre en la medida, el laboratorio donde se realizan los ensayos no puede definir si medidor CUMPLE (está CONFORME) o NO CUMPLE (está NO CONFORME) con el requerimiento del ensayo de verificación de la constante. En este caso se considera que el resultado es AMBIGUO y por lo tanto se recomienda repetir el ensayo utilizando el método de conteo de revoluciones o de pulsos.

Fuente: Norma técnica colombiana NTC 4856.

Se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) los resultados (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Los medidores son desmontados de los equipos y ubicados en carros transportadores (Ver anexo C), con el cuidado de separar los conformes de los no conformes y se les coloca una etiqueta que los identifica como tal (Conformes y No conformes). A los medidores conformes el técnico de calibración les cierra los puentes (ver anexo E) antes de enviarlos a la siguiente etapa del proceso.

Los medidores no conformes son ubicados en el área establecida (ver figura 1) para su posterior ajuste y los medidores conformes son llevados al área de condiciones técnicas (ver figura 1) para su cierre y sellado.

Cerrar y sellar medidores

Los Auxiliares se encargan de realizar el pegado de la tapa a la base (ver anexo E) si el cliente lo solicita y además para realizar el sellado, el cual consiste en colocar sellos de seguridad (ver anexo F) en los dispositivos para precinto que tienen la tapa y la base (Ver anexo E), los cuales evitan que el medidor se pueda destapar una vez instalado.

Si en el momento del sellado algún sello (ver anexo F) es dañado, este se entrega al Asistente Administrativo y se reporta en el formato Sellos nuevos dañados (FR.CK.133) (ver anexo D).

Una vez sellados los medidores se actualiza una base de datos en Excel en donde se registra el número de sellos que fue instalado a cada medidor.

Finalmente los medidores son empacados de la misma forma en la que fueron recibidos del cliente y se procede a entregarlos al Asistente Administrativo.

Realizar Certificado de Calibración

El Técnico de Calibración con los resultados de los ensayos realiza el certificado de calibración (FR.CK.121) de los medidores procesados por él (ver anexo D). Ingresar los datos en una macro de Excel diseñada para esta función e imprimir el certificado de calibración el cual incluye los datos del cierre y sellado como anexo. Finalmente revisa, firma y entrega al Asistente Administrativo (Coordinador de Turno).

Almacenar medidores

El Asistente Administrativo entrega Acta con relación de los medidores y los medidores al responsable de Almacén quien recibe y ubica los medidores ya calibrados en la zona dispuesta para este propósito, para finalmente ser enviados al cliente junto con los certificados de calibración (FR.CK.121) (ver anexo D).

Aprobación de certificados de calibración

El Asistente Administrativo entrega los certificados de calibración (FR.CK.121) (ver anexo D) terminados al Jefe de Laboratorio para su revisión y aprobación.

En esta actividad el Jefe de Laboratorio revisa los certificados impresos con el objetivo de detectar errores en los resultados de los ensayos, estado de conformidad, errores de transcripción, ortografía, datos técnicos de los medidores, etc. Si no encuentra errores procede con la aprobación, de lo contrario devuelve al Gestor de Calidad para su corrección.

Los Certificados de calibración aprobados son entregados al Asistente Administrativo para ser escaneados y archivados, dejando copia de estos para entregar al cliente.

Para conocer las interacciones de las diferentes etapas de este proceso se utilizó la herramienta SIPOC (suppliers, Inputs, process, Outputs, customer), con el fin de conocer sus proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, y así observar su aplicación actual y proponer acciones de mejoramiento:

Figura 11. SIPOC del proceso de calibración de medidores nuevos

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Cliente	medidores, relación de medidores	Área de Almacén	Auxiliar de Almacén	medidores revisados, acta de entrega	Recepción individual
		Recepcionar medidores			
		Almacenar medidores			
Almacén	Medidores, acta de entrega	Área de recepción individual	Asistente Administrativo	Formato de Solicitud de servicio (FR.CK.168) diligenciado, Orden de trabajo (FR.CK.119) diligenciada	Desembalaje
		Recibir los medidores			
		Imprimir etiquetas de identificación		medidores con Etiquetas de identificación	
Recepción Individual	Formato de Solicitud de servicio (FR.CK.168), Orden de trabajo (FR.CK.119)	Área de desembalaje	Auxiliar de laboratorio	Medidores con etiqueta de número de pedido	Calibración
		Desembalar medidores			
Desembalaje	Medidores con etiqueta de número de pedido	Área de Calibración	Auxiliar de laboratorio	Formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciados, medidores calibrados	Cierre y Sellado
		Calibración de medidores			
Calibración	Formato Resultados	Área de cierre y sellado	Auxiliar de	Formato Sellos nuevos	Recepción

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
	de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciados, medidores calibrados	Cerrar y sellar medidores	laboratorio	dañados (FR.CK.133) diligenciado, Medidores calibrados cerrados y sellados	individual
	Archivo. DBF	Realizar certificado de calibración	Técnico en Calibración	Certificado de calibración	
Recepción individual	Acta con relación de los medidores diligenciada, Medidores calibrados cerrados y sellados	Área de Almacén	Auxiliar de Almacén	Medidores calibrados	Cliente
		Almacenar medidores			
Calibración	Certificado de calibración terminado	Área de recepción individual	Asistente Administrativo	Certificado de calibración terminado	Jefe de Laboratorio
		Entrega de certificados para aprobación			
Recepción individual	Certificados de calibración	Jefe de Laboratorio	Jefe de Laboratorio	Certificados de calibración	Cliente
		Aprobación de certificados			

Fuente: Autores de proyecto.

4.1.2 Medidores Usados

Recepcionar medidores

Los medidores enviados por el cliente son recibidos por el Almacén (ver figura 1) junto con la relación de los mismos, la cual además puede ser consultada en el Sistema de Gestión de Medidores (SIGME).

El SIGME es una herramienta que fue desarrollada por ingenieros de ELECTRICARIBE y que es utilizada en todo el proceso de calibración de medidores usados de la Empresa, esta herramienta funciona como una base de datos en la cual se ingresan todos los datos concernientes a los medidores usados. Solo puede ser consultada por personal autorizado con usuario asignado por el área de Telecomunicaciones y Sistemas de la Empresa y en ella se puede hacer seguimiento en tiempo real a los medidores.

Los medidores usados llegan en cajas especiales y además dentro de bolsas de custodia en la cual se guardan desde que fueron desmontados al usuario del servicio de energía. El responsable de Almacén o el Auxiliar verifica la cantidad de los medidores recibidos, los saca de las cajas y los monta en los carros transportadores (Ver anexo C) para luego ser entregados al área de Recepción individual del Laboratorio.

Almacenar los medidores

Los medidores son almacenados en el orden de llegada y el Responsable de Almacén los entrega según va verificando la cantidad de cada lote recibido. La entrega se hace teniendo en cuenta las fechas de entrada, es decir los primeros en llegar son los primeros que se entregan al Laboratorio para su procesamiento.

Recibir los medidores de almacén

El Asistente Administrativo recibe el lote de medidores en carros transportadores (ver anexo C) identificados con escarapela de medidores por recepcionar y verifica la cantidad de medidores que serán desembalados, la cual debe estar acorde a la relación entregada por el Almacén en el Acta de entrega. Una vez realizada la verificación se diligencia formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) (Ver anexo D).

Ingresar datos de Medidores en el sistema SIGME

Esta actividad es realizada por el Asistente Administrativo (Coordinador de Turno) en el área de recepción individual (Ver figura 1), y al igual que en el Almacén, se tiene en cuenta la fecha de entrada del lote para ser ingresado al SIGME, es decir los primeros entrar serán los primeros en ser ingresados.

Para el ingreso de datos el Asistente Administrativo ingresa al SIGME a la opción de recepción de medidores, en esta digita el numero de serie del medidor a recepcionar, le cual ya ha sido ingresado por un Técnico de la zona en la cual se desmontó el medidor. Aquí el SIGME despliega una ventana donde se debe digitar cada uno de los datos de placa (Ver anexo E) de cada uno de los medidores de lote y otra información necesaria para el procesamiento. Los datos de placa ingresados son:

- Marca
- Modelo
- Clase
- Tipo de funcionamiento (Estático o inducción)
- Numero de Hilos
- Numero de Fases

- Tensión
- Corrientes
- Constante
- Frecuencia
- Resolución
- Tipo de Energía (activa – reactiva)
- Año de Fabricación

Además otra información necesaria como:

- Estado de la bolsa y sellos de custodia
- Numero de la bolsa y sellos de custodia
- Motivo de retiro registrado en la bolsa de custodia

Por directrices de la Alta Dirección del Laboratorio, se sacan del proceso los medidores cuyo motivo de retiro, el cual se encuentra en la bolsa de custodia sea el siguiente:

- Bornera quemada
- Cambio de potencia o por solicitud del cliente
- Display apagado, desprogramada o desparametrizado

Estos medidores son igualmente ingresados al sistema (SIGME) y a su vez clasificados como usados no calibrados (UNC), en una revisión que un Auxiliar asignado hace a cada uno, se clasifican como usados para ajuste (UPA) o usados no recuperables (UNR) y son entregados a Almacén.

Si durante la revisión de los UNC a algún medidor se le encuentran elementos extraños o señales de manipulación son entregados al asistente administrativo para que lo reintegre al proceso.

Terminada la recepción del lote, los medidores que continúan el proceso, son entregados al área de desembalaje en carros transportadores (Vera nexo C).

Imprimir etiqueta de identificación

El Asistente Administrativo imprime para cada medidor una etiqueta la cual contiene el número de lote y zona o sector del cual llegó el medidor. Esta etiqueta identifica a cada uno de los medidores durante el tiempo que se encuentran en el interior del Laboratorio y es entregada junto con los medidores al área de Desembalaje (ver figura 1).

Desembalar medidores

El Asistente Administrativo (Coordinador de Turno) lleva al área de Desembalaje (ver figura 1) los lotes de medidores con fecha de entrada mas antigua en carros transportadores (Ver Anexo C) con escarapela que indica que están pendientes por desembalar, junto con las etiquetas de identificación y los formatos solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) (Ver anexo D).

En el desembalaje los Auxiliares de Laboratorio toman para desembalar el lote mas antiguo y medidor por medidor los van sacando de la bolsa de custodia, le colocan la etiqueta de identificación en un lugar visible, preferiblemente en lado izquierdo del bloque de terminales (ver anexo E), retiran la tapa bornera (Ver anexo E) del medidor si la trae, y levantan los tornillos del bloque de terminales (Ver anexo E) para su posterior montaje en los equipos. Seguidamente inspeccionan los elementos externos del medidor (Ver tabla 1), sellos y de etiquetas de seguridad (ver anexo F); si los traen. Adicionalmente toman fotografías como evidencia de lo encontrado en los elementos y todo es ingresado inmediatamente en el sistema (SIGME) incluyendo las fotografías.

A continuación se presenta tabla con relación de elementos externos que se revisan en el área de Desembalaje (Ver figura 1) a los medidores usados (Ver anexo E).

Tabla 4 Elementos Externos

Elementos externos	Componente
Bloque de Terminales	Elementos de sujeción
	Bloque de Terminales
	Puente de Tensión
	Terminales
Tapa Principal	Elementos de sujeción
	Tapa principal
	Ventana
	Abrazadera
	Dispositivos para precintos
	Empaque
Base	Elementos de sujeción
	Base
	Soporte de Fijación
	Terminal de Puesta a tierra
	Dispositivo para precinto
	Empaque

Fuente: Instrucción de Revisiones Especiales, Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio de la Medida

Finalizado el ingreso de datos de los medidores que pasan a calibración, el medidor es llevado al área de limpieza (ver figura 1) en donde le son retirados los sellos y las etiquetas de seguridad, además son limpiados con una pistola de aire comprimido dentro de una campana extractora (ver anexo C) y los tornillos de la tapa principal del medidor son levantados (Ver anexo E).

Terminada la limpieza el medidor es ubicado en el carro transportador (ver anexo C) identificado con escarapela que indica que está pendiente por revisión interna, cuando se termina el proceso de todos los medidores del lote se traslada el carro transportador (ver anexo C) a la bodega (ver figura1) donde esperan para ser revisados internamente.

En el desembalaje se presenta el segundo filtro de medidores, aquellos que por sus condiciones técnicas externas o las internas que se puedan ver sin quitar la tapa no pueden ser calibrados ya que podrían ocasionar daños a los operarios y a los equipos de Calibración, como por ejemplo:

- Agua en el interior
- Tornillos del bloque pegados
- Bloque de terminales partido o en mal estado
- Partes internas sueltas
- Partes internas quemadas

El Auxiliar que durante el desembalaje detecta un medidor de estos, lo ubica en un carro transportador (Ver anexo C), a estos medidores otro Auxiliar les realiza un reporte con todo lo encontrado tanto externa como internamente soportado con fotografías, lo cual es la justificación del por qué no pasa a calibración. Este reporte se llama Revisión Especial y se hace en los formatos de Condiciones Técnicas medidor inducción (FR.CK.124), Condiciones Técnicas medidor estático (FR.CK.125) y fotos revisiones especiales (FR.CK.126) (Ver anexo D). Estos medidores son clasificados como usados no recuperables (UNR) y llevados al guacal correspondiente, los registros antes mencionados son llevados al Asistente Administrativo para que los entregue al Jefe de Laboratorio para su posterior revisión y aprobación.

Revisar internamente los Medidores

Esta etapa del proceso es realizada en el área de condiciones técnicas (ver figura 1) en ella los Auxiliares de Laboratorio toman el carro de la bodega con el lote mas antiguo al área y retiran la tapa principal del medidor (Ver anexo E) y verifican visualmente los componentes internos (Ver tabla 2), miden con un multímetro los circuitos de tensión y corriente (Ver anexo E), evitando la manipulación o la modificación del estado inicial del medidor. Adicionalmente toman fotografías como evidencia de la condición técnica encontrada en los elementos internos (Ver tabla 2), y todo es ingresado inmediatamente en el sistema de gestión de medidores (SIGME) incluyendo las fotografías.

A continuación se presenta tabla con relación de los componentes internos del medidor (Ver anexo E).

Tabla 5. Elementos internos

Elementos internos	Componentes
Bastidor	Elementos de sujeción
	Bastidor
Registrador	Elementos de sujeción
	Chasis del registrador
	Numeradores
	Ejes
	Levas
	Piñonería
	Bujes
	Segmentos del display
	Pantalla LCD
	Motor paso a paso
	Memoria
Placa de	Elementos de sujeción

Elementos internos	Componentes
características	Placa
	Información de placa
Cojinetes de soporte	Elementos de sujeción
	Cojinete inferior
	Cojinete superior
Elemento móvil	Sinfín
	Disco
	Mecanismo antirretroceso
	Eje
	Polo de funcionamiento sin carga
Circuito de tensión	Elementos de sujeción
	Conductores
	Aislamiento
	Núcleo
	Arrollamiento
	Terminales
Circuito corriente de	Elementos de sujeción
	Terminales
	Aislamiento
	Núcleo
	Arrollamiento
Elemento de freno	Elementos de sujeción
	Imán de freno
	Compensación térmica
Dispositivos de ajuste	Ajuste de cargas bajas
	Ajuste de cargas nominales
	Ajuste de carga inductiva
	Potenciómetros
Circuitos Auxiliares	Conmutador tarifario
	Acumulador de demanda
	Otros circuitos auxiliares
Tarjetas electrónicas	Elementos de sujeción
	Elemento de sólido

Elementos internos	Componentes
	Circuito impreso
	Elementos de contacto
Dispositivo de salida	Indicador de operación
	Salida óptica de ensayo
	Salida eléctrica de ensayo
	Otras salidas de pulsos
	Puertos de comunicación

Fuente: Instrucción de Revisiones Especiales, Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio de la Medida

Finalizada la revisión del lote completo, los medidores son ubicados en carros transportadores (ver anexo C) separándolos según sus características técnicas, formando grupos para crear las montadas a procesar. Los carros transportadores (ver anexo C) son identificados con escarapela que indica que están revisados internamente y esperan en la bodega (ver figura 1) para ser calibrados.

En el desembalaje se presenta el tercer filtro de medidores, aquellos que por sus condiciones técnicas internas no pueden ser calibrados ya que podrían ocasionar daños a los operarios y a los equipos de calibración, como por ejemplo:

- Agua en el interior
- Partes internas sueltas
- Partes internas quemadas

El Auxiliar que durante la revisión detecta un medidor de estos, lo ubica en un carro transportador (Ver anexo C), a estos medidores otro Auxiliar les realiza un reporte con todo lo encontrado tanto externa como internamente soportado con fotografías, lo cual es la justificación del por qué no pasa a calibración. Este

reporte se llama Revisión Especial y se hace en los formatos de Condiciones Técnicas medidor inducción (FR.CK.124), Condiciones Técnicas medidor estático (FR.CK.125) y fotos revisiones especiales (FR.CK.126) (Ver anexo D). Estos medidores son clasificados como usados no recuperables (UNR) y llevados al guacal correspondiente, los registros antes mencionados son llevados al Asistente Administrativo para que los entregue al Jefe de Laboratorio para su posterior revisión y aprobación.

Búsqueda de Montadas

El Auxiliar de Laboratorio busca los medidores en los carros transportadores (ver anexo C) ubicados en la bodega (ver figura 1) marcados como revisados internamente y los lleva al área de calibración (ver figura 1) para su procesamiento.

Calibrar Medidores

El Auxiliar de Laboratorio traslada los medidores hasta el área de calibración (ver figura 1) y El Técnico de Calibración diligencia el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) con el número de serie de cada medidor (ver anexo D).

El precalentamiento es una condición para poder continuar con los ensayos y consiste en estabilizar térmicamente los circuitos de los medidores y de esta manera no influir en los resultados de las pruebas.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el precalentamiento hasta que estas se estabilicen.

Los medidores tipo 1 son llevados por el Auxiliar a la Fuente auxiliar de precalentamiento Schlumberger (ver anexo C), los conecta a esta y verifica que haya continuidad. Para iniciar con el precalentamiento se pulsa el botón ON de la fuente y el generador, se ajusta la tensión que indica la placa de características del medidor (ver anexo E) y se verifica esta en cada uno de las 40 posiciones del bastidor (ver anexo C).

Los medidores tipo 2, 3 o 4 son llevados por el Auxiliar en el carro transportador (ver anexo C) a la mesa de trabajo para que el Técnico abra el puente entre la bobina de tensión y de corriente, para poder hacer esto primero destapa los medidores. Cuando ya están los puentes abiertos los medidores son montados en la Fuente auxiliar de precalentamiento Landis (Ver anexo C) y se les realiza las conexiones.

Para iniciar el precalentamiento se enciende el interruptor, se arranca el generador, se selecciona la tensión a aplicar, la cual esta dada por la placa de características (ver anexo E) y se verifica esta en cada una de las posiciones del bastidor.

El tiempo que dura el precalentamiento es de 30 minutos para medidores de inducción y 60 minutos para medidores estáticos. Terminado el precalentamiento; los medidores son llevados al siguiente ensayo con una escarapela que identifica que se hizo el precalentamiento.

Ensayo de Funcionamiento sin carga

Por medio de este ensayo se evalúa la condición del medidor de energía, cuando no circula por él ninguna corriente de carga o circula una corriente demasiado pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción son llevados en el bastidor (ver anexo C) a la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C), en la cual es conectado. Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador y se ajusta la tensión a aplicar, la cual se especifica en la placa de características del medidor (Ver anexo E) y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 de inducción o estáticos son desmontados de la fuente auxiliar de precalentamiento Landis (ver anexo C) y son llevados al equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C), donde son atornillados y conectados. Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente y factor de potencia. Una vez ingresados los datos se inicia el ensayo pulsando enter.

Si los medidores son tipo1 estáticos son llevados en el bastidor (ver anexo C) al equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona el ensayo en el equipo de computo del equipo, se indica el numero de medidores, la constante, tensión que es el 115% de la especificada en la placa de características del medidor (ver anexo E), corriente, factor de potencia, tiempo del ensayo y se presiona F3.

El tiempo mínimo para realizar el ensayo se establece aplicando la siguiente formula:

$$\Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,25}$$

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,55 y 1}$$

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 2}$$

$$\Delta t \geq \frac{300 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 3}$$

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4856

Donde:

K es el número de pulsos emitidos por el dispositivo emisor de pulsos del medidor

m es el número de elementos de medida

V_n es la tensión de referencia en voltios

I_{max} es la corriente máxima en amperios

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor no de una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos el software del equipo indica cual medidor cumple o no con el criterio de evaluación, el cual dice que dice sin tener corriente en los circuitos de corriente y aplicando una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión, el medidor no debe dar más de un pulso.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de Arranque

Por medio de este ensayo se verifica que el medidor arranca y continúa registrando para una corriente de carga pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción se continúa el ensayo en la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C). Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador, se ajusta la tensión y corriente al mínimo porcentaje, y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 se continúa el ensayo en el equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C). Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente. Una vez ingresados los datos se selecciona un número de ensayo y se presiona F1 para desarrollar el ensayo.

Si los medidores son tipo1 estáticos se continúa el ensayo en el equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual el Técnico conecta y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona en el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se indica el número de medidores, la constante, tensión y corriente. Una vez se ha ingresado estos datos se presiona F1 para energizar y dar inicio al ensayo.

El tiempo máximo que dura el ensayo no debe ser mayor de tres veces el tiempo determinado por la siguiente expresión:

$$t = (3600 \times N) / (P \times K)$$

Donde:

Numero de pulsos o de revoluciones del rotor. Para este caso equivale a 1

P Potencia

K constante del medidor

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor complete por lo menos una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos debe verificarse que el medidor emita por lo menos dos pulsos.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de exactitud

Por medio de este ensayo se busca establecer que tanto se desvía la lectura efectuada por un medidor de energía bajo una condición de carga determinada, frente al valor convencionalmente verdadero de un patrón.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo 1 de inducción, el Auxiliar los traslada y conecta al equipo Qualytest (Ver anexo C), y si sin estático se continua en el equipo. Para dar inicio al ensayo, el Técnico desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla, y se verifican el número de medidores conectados, y la constante (ver anexo E). Luego se ingresan las siguientes características del ensayo de Exactitud:

- El número de ensayos para guardar los errores
- El número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error
- La tensión nominal de los medidores
- El valor de corriente del ensayo
- El valor del factor de potencia

Una vez ingresados estos parámetros se presiona F1 para dar inicio al ensayo.

Si los medidores son tipo 2, 3, o 4, se continua realizando el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C). Para dar inicio al ensayo desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla de acuerdo al tipo de medidor y se verifica que los siguientes parámetros estén definidos:

- La(s) fase(s) de corriente correspondiente(s)
- Número de medidores conectados
- La constante de cada medidor

Luego ingresa las características de: número de ensayos para guardar los errores, número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error, tensión

nominal de los medidores, valor de corriente, factor de potencia de acuerdo a lo indicado por la norma empleada y se presiona la tecla F1 para dar inicio al ensayo.

Cuando se ha verificado cada uno los puntos de prueba establecidos por la norma técnica utilizada, se desenergiza el medidor y los resultados del ensayo se actualizan automáticamente en el computador del equipo. Finalizado el ensayo, evalúa el resultado en cada punto de prueba de acuerdo a las condiciones indicadas en la norma que se este aplicando y registra en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) el resultado del ensayo.

Si en cada punto de prueba un medidor cumple con el respectivo límite de error porcentual, se considera que el medidor es conforme.

Comprobación de Registro

Este ensayo permite calcular la energía registrada por el medidor mediante la diferencia entre la lectura final e inicial, después de ser dosificada por el Equipos de prueba.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo 1, el Técnico realiza el ensayo en el equipo Qualytest (ver anexo C). Para iniciar el ensayo se selecciona desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla y Se presiona la tecla F1.

El Técnico verificar que los parámetros sean los correctos, para lo cual presiona la tecla F4. Entre estos parámetros se encuentra:

- Número de medidores conectados.
- La constante de cada medidor.

Luego ingresa las siguientes características del ensayo, número de ensayo que se asigna, tensión y corriente de placa, energía a dosificar según la resolución del medidor y factor de potencia. Una vez se han verificado e ingresado los parámetros, se presiona la tecla F1 para desarrollar el ensayo.

Después de energizar los medidores, se toma la lectura inicial de cada medidor teniendo en cuenta los decimales y se registra en el Formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128).

Al terminar de dosificar la energía a los medidores en el equipo Qualytest (ver anexo C), se detiene el ensayo automáticamente y se procede a grabar los resultados en el equipo de cómputo. Se toman las lecturas finales de cada medidor, se registran en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) y el resultado del ensayo.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4, el Técnico realiza el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C). Para dar inicio al ensayo se selecciona desde el menú principal del equipo de cómputo el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla de acuerdo al tipo de medidor.

Se verifican que los siguientes parámetros:

- La(s) fase(s) de corriente correspondiente(s) al ensayo a realizar.
- Número de medidores conectados.
- La constante de cada medidor.

Luego ingresa el número de ensayo que se asigna, tensión, corriente, la energía a dosificar según la resolución del medidor y factor de potencia. Una vez se han ingresado los parámetros, se presiona la tecla F1 para indicar que se va a desarrollar el ensayo.

Después de energizar los medidores, se toma la lectura inicial de cada medidor teniendo en cuenta los decimales y se registra en el Formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128).

Al terminar de dosificar la energía a los medidores en el equipo Qualytest (ver anexo C), se detiene el ensayo automáticamente y se procede a grabar los resultados en el equipo de cómputo. Se toman las lecturas finales de cada medidor, se registran en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) y el resultado del ensayo.

El medidor es conforme el ensayo de Comprobación del Registro, cuando el error porcentual es menor o igual al error por resolución de lectura más el índice de clase del medidor.

El error porcentual y el error por resolución son calculados mediante la formula:

$$\text{Error porcentual} = \frac{\text{Energía registrada por el medidor} - \text{Energía dosificada}}{\text{Energía dosificada}} \times 100$$

$$\text{Energía registrada por el medidor} = \text{LecturaFinal} - \text{LecturaInicial}$$

$$e\%_{\text{resolución}} = \frac{\text{resolución}}{\text{Energía dosificada}} \cdot 100$$

Finalmente se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) (Conforme o No conforme) de cada medidor y se los coloca sticker que los identifica como tal.

El Auxiliar desmonta los medidores de los equipos y los ubicados en carros transportadores (Ver anexo C), son sacados del área de calibración y ubicados en la bodega para continuar el proceso, además es identificado con escarpela que indica que esta pendiente por ser desarmado.

Realizar Certificado de Calibración

El Técnico de Calibración con los resultados de los ensayos que el equipo de cómputo de cada mesa de calibración (Qualitytest y PYC 5050) guarda, realiza en el sistema de gestión de medidores (SIGME) el certificado de medidores usados (FR.CK.122) (ver anexo D), lo imprime y firma. Este informe es ubicado en el carro transportador (ver anexo C) junto con los medidores a desarmar.

Desarmar medidores

El Auxiliar de Laboratorio según el orden de fecha de calibración, toma los carros transportadores (ver anexo C) con los medidores por desarmar y realiza una inspección mas detallada de los elementos internos (Ver tabla 2) de cada medidor. En esta etapa del proceso se puede modificar el estado inicial del medidor por que el objetivo es buscar si internamente tiene elementos extraños, elementos desajustados, fuera de posición, incompletos, deteriorados, etc., o cualquier condición que pudiera estar afectando el funcionamiento del medidor.

En el desarme se inspeccionan todos los componentes de los elementos relacionados en la Tabla 2. Las condiciones técnicas encontradas se soportan con fotografías y se ingresan al sistema de gestión de medidores (SIGME) incluyendo las fotografías. Según lo encontrado el medidor es clasificado como usado no recuperable (UNR) o usado para ajuste (UPA), y se le coloca un sticker en la placa de características (Ver anexo E) que lo identifica como tal.

Terminado el desarme de cada montada se imprime desde el SIGME los anexos del certificado de medidores usados (FR.CK.122) (vera anexo D) y se juntan con los que previamente imprimió el Técnico de Calibración, además el Auxiliar realiza revisión y firma. Finalmente los medidores desarmados son ubicados en guacales dispuestos para los medidores clasificados como UNR o UPA bajo la supervisión del Asistente Administrativo (Coordinador de Turno) y entrega a este mismo los certificados de medidores usados (FR.CK.122) (Ver anexo D)

Aprobar Certificado de Calibración

El Asistente Administrativo entrega los certificados de medidores usados (FR.CK.122) (ver anexo D) terminados al Jefe de Laboratorio para su revisión y aprobación.

En esta actividad el Jefe de Laboratorio revisa los certificados de medidores usados (FR.CK.122) (ver anexo D) impresos con el objetivo de detectar errores en los resultados de los ensayos, estado de conformidad, errores de transcripción, ortografía, datos técnicos de los medidores, etc. Si no encuentra errores procede con la aprobación en el sistema de gestión de medidores (SIGME), de lo contrario devuelve para su corrección.

Los certificados para corrección son entregados al Gestor de Calidad del Laboratorio, quien en compañía del Auxiliar o Técnico responsable del error

realiza la corrección, una vez corregidos son devueltos al Jefe de Laboratorio para su revisión y aprobación.

Los Certificados de medidores usados (FR.CK.122) (ver anexo D) aprobados son entregados al Asistente Administrativo para ser archivados.

Almacenar medidores

El Asistente Administrativo entrega los medidores que se encuentren en los guacales UNR y UPA para almacenamiento al Responsable de Almacén junto con una relación y acta de entrega. El responsable de Almacén ubica los medidores ya calibrados en la zona dispuesta para los medidores UPA y para UNR.

Para conocer las interacciones de las diferentes etapas de este proceso se utilizó la herramienta SIPOC (suppliers, Inputs, process, Outputs, customer), con el fin de conocer sus proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, y así observar su aplicación actual y proponer acciones de mejoramiento:

Figura 11. SIPOC del proceso de calibración de medidores usados

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Cliente	medidores, relación de medidores	Área del Almacén	Auxiliar de Almacén	medidores revisados, acta de entrega diligenciada	Recepción individual
		Recepcionar medidores			
		Almacenar medidores			
Almacén	Medidores revisados, acta de entrega diligenciada	Área de recepción individual	Asistente Administrativo	Medidores revisados, Formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) diligenciados y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados	Desembalaje
		Recibir los medidores de almacén			
		Ingresar datos en el sistema			
		Imprimir etiquetas de identificación			
Recepción individual	Medidores etiquetados, Formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) diligenciada, Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciada	Área de desembalaje	Auxiliar de laboratorio	Medidores etiquetados, Formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) diligenciado, Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciado, registro en el SIGME	Revisión Interna
		Desembalar medidores		Medidores UNR	Almacén
				formatos de Condiciones Técnicas medidor inducción (FR.CK.124) diligenciada, Condiciones Técnicas medidor estático (FR.CK.125) diligenciado y fotos revisiones especiales (FR.CK.126) diligenciado	Recepción individual

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Desembalaje	Medidores etiquetados, Formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) diligenciados, Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados	Área de condiciones técnicas	Auxiliar de laboratorio	Medidores etiquetados	Calibración
	Medidores etiquetados	Revisión interna de los medidores			
Desembalaje	Medidores etiquetados	Área de Calibración	Auxiliar de laboratorio / Técnico de Calibración	Formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado, medidor ticket conforme o no conforme	Calibración
		Calibración de medidores			
Calibración	Formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128), ticket conforme o no conforme, medidor	Realizar certificado de calibración	Técnico de Calibración	certificado de medidores usados (FR.CK.122) diligenciado	Recepción individual
Calibración	medidores calibrados, certificado de medidores usados (FR.CK.122) diligenciado	Desarme de medidores	Auxiliar de laboratorio	medidores UNR ó UPA, anexos, certificado de medidores usados (FR.CK.122) diligenciado	
Calibración	medidores UNR ó UPA, anexos, certificado de medidores usados (FR.CK.122) diligenciados	Área de recepción individual	Asistente Administrativo	certificado de medidores usados (FR.CK.122)	Jefe de Laboratorio
Recepción individual	certificado de medidores usados (FR.CK.122)	Entrega de certificados			Jefe de laboratorio
		Jefe de laboratorio			
		Aprobación de certificados			

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Calibración	medidores UNR ó UPA	Área de recepción individual	Asistente Administrativo	medidores UNR ó UPA, Acta de entrega, Relación de medidores UNR ó UPA diligenciada , certificado de medidores usados (FR.CK.122) diligenciada	Almacén
		Entrega de medidores			
Recepción individual	medidores UNR ó UPA, Acta de entrega, Relación de medidores UNR ó UPA , certificado de medidores usados (FR.CK.122)	Área del Almacén	Auxiliar de Almacén	Medidores UNR ó UPA	Cliente
		Almacenar medidores			

Fuente: Autores del proyecto

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE AJUSTE

4.2.1 Medidores nuevos

Ajuste de Medidores nuevos

El ajuste de un medidor consiste en un conjunto de operaciones y pruebas bajo condiciones ambientales específicas, que tiene como fin llevar al medidor dentro de los límites especificados por las normas técnicas, es decir que la diferencia entre los valores de las magnitudes que indique el medidor de energía eléctrica y los valores correspondientes determinados por medio de los equipos de prueba - EPM coincidan con los permitidos.

Entrega de medidores

Los medidores que resultaron ser no conformes en el proceso de calibración de nuevos son entregados al área de Calibración (ver figura 1) para realizar el ajuste.

Ajustar Medidores

El Auxiliar de Laboratorio traslada los medidores hasta el área de calibración (ver Figura 1) y el Técnico diligencia formato con el número de serie de cada medidor, además abre puentes de tensión (ver anexo E) a los medidores polifásicos.

El Auxiliar monta los medidores en un bastidor (ver anexo C) de 40 posiciones y se inicia el proceso de ajuste así:

Precaentamiento

El precaentamiento es una condición para poder continuar con los ensayos y consiste en estabilizar térmicamente los circuitos de los medidores y de esta manera no influir en los resultados de las pruebas.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el precaentamiento hasta que estas se estabilicen.

Los medidores tipo 1 son llevados por el Auxiliar a la Fuente auxiliar de precaentamiento Schlumberger (ver anexo C), los conecta a esta y verifica que haya continuidad. Para iniciar con el precaentamiento se pulsa el botón ON de la fuente y el generador, se ajusta la tensión que indica la placa de características del medidor (ver anexo E) y se verifica esta en cada uno de las 40 posiciones del bastidor (ver anexo C).

Los medidores tipo 2, 3 o 4 son llevados por el Auxiliar en el carro transportador (ver anexo C) a la mesa de trabajo para que el Técnico abra el puente entre la bobina de tensión y de corriente, para poder hacer esto primero destapa los medidores. Cuando ya están los puentes abiertos los medidores son montados en la Fuente auxiliar de precaentamiento Landis (Ver anexo C) y se les realiza las conexiones.

Para iniciar el precalentamiento se enciende el interruptor, se arranca el generador, se selecciona la tensión a aplicar, la cual esta dada por la placa de características (ver anexo E) y se verifica esta en cada una de las posiciones del bastidor.

El tiempo que dura el precalentamiento es de 30 minutos para medidores de inducción y 60 minutos para medidores estáticos. Terminado el precalentamiento; los medidores son llevados al siguiente ensayo con una escarapela que identifica que se hizo el precalentamiento.

Ensayo de exactitud

Por medio de este ensayo se busca establecer que tanto se desvía la lectura efectuada por un medidor de energía bajo una condición de carga determinada, frente al valor convencionalmente verdadero de un patrón.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo 1 de inducción, se trasladan y conectan al equipo Qualytest (Ver anexo C), y si sin estático se continua en el equipo. Para dar inicio

al ensayo, desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla, y se verifican el número de medidores conectados, y la constante (ver anexo E). Luego se ingresan las siguientes características del ensayo de Exactitud:

- El número de ensayos para guardar los errores
- El número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error
- La tensión nominal de los medidores
- El valor de corriente del ensayo
- El valor del factor de potencia

Una vez ingresados estos parámetros se presiona F1 para dar inicio al ensayo.

Si los medidores son tipo 2, 3, o 4, se continua realizando el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C). Para dar inicio al ensayo desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla de acuerdo al tipo de medidor y se verifica que los siguientes parámetros estén definidos:

- La(s) fase(s) de corriente correspondiente(s)
- Número de medidores conectados
- La constante de cada medidor

Luego ingresa las características de: número de ensayos para guardar los errores, número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error, tensión nominal de los medidores, valor de corriente, factor de potencia de acuerdo a lo indicado por la norma empleada y se presiona la tecla F1 para dar inicio al ensayo. Cuando se ha verificado cada uno los puntos de prueba establecidos por la norma técnica utilizada, se desenergiza el medidor y los resultados del ensayo se

actualizan automáticamente en el computador del equipo. Finalizado el ensayo, evalúa el resultado en cada punto de prueba de acuerdo a las condiciones indicadas en la norma que se este aplicando.

Con los resultados obtenidos de cada medidor se ajustan los dispositivos correspondientes y se repite el ensayo hasta que los medidores resulten conformes. En este caso se registra en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) el resultado del ensayo.

Si en cada punto de prueba un medidor cumple con el respectivo límite de error porcentual, se considera que el medidor es conforme.

Ensayo de Funcionamiento sin carga

Por medio de este ensayo se evalúa la condición del medidor de energía, cuando no circula por él ninguna corriente de carga o circula una corriente demasiado pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción son llevados en el bastidor (ver anexo C) a la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C), en la cual es conectado. Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el

generador y se ajusta la tensión a aplicar, la cual se especifica en la placa de características del medidor (Ver anexo E) y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 de inducción o estáticos son desmontados de la fuente auxiliar de precalentamiento Landis (ver anexo C) y son llevados al equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C), donde son atornillados y conectados. Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente y factor de potencia. Una vez ingresados los datos se inicia el ensayo pulsando enter.

Si los medidores son tipo1 estáticos son llevados en el bastidor (ver anexo C) al equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona el ensayo en el equipo de computo del equipo, se indica el numero de medidores, la constante, tensión que es el 115% de la especificada en la placa de características del medidor (ver anexo E), corriente, factor de potencia, tiempo del ensayo y se presiona F3.

El tiempo mínimo para realizar el ensayo se establece aplicando la siguiente formula:

$$\Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,25}$$

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,55 y 1}$$

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 2}$$

$$\Delta t \geq \frac{300 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 3}$$

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4856

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4856

Donde:

K es el número de pulsos emitidos por el dispositivo emisor de pulsos del medidor

m es el número de elementos de medida

V_n es la tensión de referencia en voltios

I_{max} es la corriente máxima en amperios

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor no de una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos el software del equipo indica cual medidor cumple o no con el criterio de evaluación, que dice si corriente en los circuitos de corriente y aplicando una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión, el medidor no debe dar más de un pulso.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de Arranque

Por medio de este ensayo se verifica que el medidor arranca y continúa registrando para una corriente de carga pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción se continúa el ensayo en la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C). Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador, se ajusta la tensión y corriente al mínimo porcentaje, y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 se continúa el ensayo en el equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C). Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente. Una vez ingresados los datos se selecciona un número de ensayo y se presiona F1 para desarrollar el ensayo.

Si los medidores son tipo1 estáticos se continua el ensayo en el equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona en el menú principal del quipo de cómputo del equipo, se indica el número de medidores, la constante, tensión y corriente. Una vez se ha ingresado estos datos se presiona F1 para energizar y dar inicio al ensayo.

El tiempo máximo que dura el ensayo no debe ser mayor de tres veces el tiempo determinado por la siguiente expresión:

$$t = (3600 \times N) / (P \times K)$$

Donde:

Numero de pulsos o de revoluciones del rotor. Para este caso equivale a 1

P Potencia

K constante del medidor

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor complete por lo menos una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos debe verificarse que el medidor emita por lo menos dos pulsos.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Verificación de la constante

Mediante este ensayo se verifica que la relación entre la energía medida y el número de revoluciones del rotor del medidor (para medidores de inducción) o la

salida de pulsos del medidor (para medidores estáticos) cumpla con lo especificado con la placa de características.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si el medidor es tipo 1 de (inducción o estático), se continua realizando el ensayo en el equipo Qualytest (Ver anexo C) y a los medidores tipo 2, 3 o 4 se les realiza el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C).

Para dar inicio al ensayo se toman las lecturas de los medidores, incluyendo los números decimales, luego se aplica una cantidad de energía conocida al medidor y al finalizar se toma nuevamente las lecturas de los medidores. La diferencia entre las dos lecturas tomadas a cada medidor es la energía registrada por estos.

Para verificar el cumplimiento de los requisitos se deben calcular el error porcentual (E_p), el error de exactitud (E_{ex}) y la incertidumbre (μ). Calculados estas variables se evalúa la conformidad de los medidores de acuerdo a la tabla (ver tabla 3) y se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) los resultados (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Los medidores son desmontados de los equipos y ubicados en carros transportadores (Ver anexo C), con el cuidado de separar los conformes de los no conformes y se les coloca una etiqueta que los identifica como tal (Conformes y No conformes). A los medidores conformes el técnico de calibración les cierra los puentes (ver anexo E) antes de enviarlos a la siguiente etapa del proceso.

Los medidores no conformes son ubicados en el área establecida (ver figura 1) para su posterior ajuste y los medidores conformes son llevados al área de condiciones técnicas (ver figura 1) para su cierre y sellado.

Cerrar y sellar medidores

Los medidores conformes son llevados al área de cierre y sellado donde los Auxiliares se encargan de realizar el pegado de la tapa a la base si el cliente lo solicita y además para realizar el sellado, el cual consiste en colocar sellos de seguridad en los dispositivos para precinto que tienen la tapa y la base (Ver anexo E), los cuales evitan que el medidor se pueda destapar una vez instalado.

Si en el momento del sellado algún sello (ver anexo F) es dañado, este se entrega al Asistente Administrativo y se reporta en el formato Sellos nuevos dañados (FR.CK.133) (ver anexo D).

Una vez sellados los medidores se actualiza una base de datos en Excel en donde se registra el número de sellos que fue instalado a cada medidor.

Finalmente los medidores son empacados de la misma forma en la que fueron recibidos del cliente y se procede a entregarlos al Asistente Administrativo

Realizar Certificado de Calibración

El Técnico de Calibración con los resultados de los ensayos realiza el certificado de calibración (FR.CK.121) de los medidores procesados por él (ver anexo D). Ingresa los datos en una macro de Excel diseñada para esta función e imprime el certificado de calibración el cual incluye los datos del cierre y sellado como anexo. Finalmente revisa, firma y entrega al Asistente Administrativo (Coordinador de Turno).

Almacenar medidores

El Asistente Administrativo entrega Acta con relación de los medidores y los medidores al responsable de Almacén quien recibe y ubica los medidores ya calibrados en la zona dispuesta para este propósito, para finalmente ser enviados al cliente junto con los certificados de calibración.

Aprobación de certificados de calibración

El Asistente Administrativo entrega los certificados de calibración (FR.CK.121) (ver anexo D) terminados al Jefe de Laboratorio para su revisión y aprobación.

En esta actividad el Jefe de Laboratorio revisa los certificados impresos con el objetivo de detectar errores en los resultados de los ensayos, estado de conformidad, errores de transcripción, ortografía, datos técnicos de los medidores, etc. Si no encuentra errores procede con la aprobación, de lo contrario devuelve para su corrección.

Los Certificados de calibración aprobados son entregados al Asistente Administrativo para ser escaneados y archivados, dejando copia de estos para entregar al cliente.

Figura 13. SIPOC del proceso de ajuste de medidores nuevos

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Calibración	medidores nuevos no conformes, solicitud del cliente	Área de Almacén	Auxiliar de Almacén	medidores nuevos no conformes revisados, relación de medidores entregados	Ajuste
		Entrega de medidores			
Almacén	medidores medidores nuevos no conformes revisados, relación de medidores entregados	Área de Ajuste	Auxiliar de laboratorio	Medidores conformes etiquetados, formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado	Área de Cierre y sellado
		Ajuste de medidores			
Calibración	Medidores conformes, formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado	Área de cierre y sellado	Auxiliar de laboratorio	medidores conformes, formato Sellos nuevos dañados (FR.CK.133) diligenciado, formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado	Recepción individual
		Cerrar y sellar medidores			
Calibración	Formato resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128)	Realizar certificado de calibración	Técnico de calibración	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	
Recepción Individual	Medidores conformes, Acta de relación de medidores	Área de Almacén	Auxiliar de Almacén	Medidores conformes	Cliente
		Almacenar medidores			
Calibración	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	Área de recepción individual	Asistente administrativo	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	Jefe de Laboratorio
		Entrega de certificados			
Recepción	Certificado de calibración	Jefe de laboratorio	Jefe de	Certificado de calibración	Cliente,

Proveedores	Entrada	Actividades	RESPONSABLE	Salidas	cliente
Individual	(FR.CK.121) diligenciado	Aprobación de certificados	laboratorio	(FR.CK.121) aprobado	Recepción individual

Fuente: Autores del proyecto

4.2.2 Medidores Usados

Entrega de medidores

El responsable de Almacén entrega los medidores que resultaron ser UPA en el proceso de calibración de usados, junto con acta de entrega donde se relaciona la cantidad de medidores al Asistente Administrativo.

Recibir los medidores de almacén

El Asistente Administrativo recibe en el área de Recepción individual (ver figura1) y verifica la cantidad de medidores que serán ajustados, la cual debe estar acorde a la relación entregada en el acta del Almacén.

Una vez realizada la verificación se diligencia formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) (Ver anexo D).

Imprimir etiqueta de identificación

El Asistente Administrativo imprime para cada medidor una etiqueta la cual contiene el número de pedido. Esta etiqueta identifica a cada uno de los medidores durante el tiempo que se encuentran en el interior del Laboratorio.

Limpiar medidores

El Asistente Administrativo lleva los medidores al área en la cual se vaya a realizar la limpieza, junto con las etiquetas de identificación y los formatos solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) (Ver anexo D).

En esta actividad los Auxiliares de Calibración limpian los medidores y retiran etiquetas de la anterior calibración.

A los medidores les es retirada la tapa y esta es lavada al igual que el aro, las partes internas, la base y el bloque de terminales se limpian con varsol y limpia contacto para dejar el medidor completamente limpio. Además los registradores del medidor son llevados a cero para que no presenten lectura alguna.

Los medidores limpios son ubicados en carros transportadores (ver anexo C) y se trasladan a la bodega donde esperan para ser ajustados según la programación.

Revisar Internamente los Medidores

En esta etapa del proceso los Auxiliares de Laboratorio verifican los componentes internos (ver tabla 2) con el fin de verificar si se encuentran algunos elementos en mal estado o incompletos, miden con un multímetro los circuitos de tensión y corriente (ver anexo E).

Ajustar Medidores

El Auxiliar de Laboratorio traslada los medidores hasta el área de calibración (ver Figura 1) y el Técnico diligencia formato con el número de serie de cada medidor, además abre puentes de tensión (ver anexo E) a los medidores polifásicos.

El Auxiliar monta los medidores en un bastidor (ver anexo C) de 40 posiciones y se inicia el proceso de ajuste así:

Ensayo de Propiedades Dieléctricas

Objetivo del ensayo de propiedades dieléctricas es verificar el estado del aislamiento de los medidores.

Cuando se calibran medidores tipo 1 o tipo 2, el Auxiliar monta los medidores en un bastidor de 40 posiciones (ver anexo C), aprieta los tornillos del bloque de terminales (ver anexo E), realiza las conexiones y verifica su continuidad con multímetro e inicia el proceso así:

Ingresa y conecta el bastidor al Túnel de Rigidez (ver anexo C), y cierra la puerta del túnel. El Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%
- Presión Atmosférica: 86 kPa – 106 kPa

Las condiciones son registradas en el formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) y son tomadas también al finalizar el ensayo.

En caso de que las condiciones antes mencionadas no se encuentren dentro de los rangos establecidos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

El Auxiliar inicia encendiendo el equipo, ajusta el tiempo a 5 segundos y la tensión a aplicar a 2000V, antes de accionar la llave de seguridad del equipo fija en ceros el cronómetro, cuando está listo gira la llave de seguridad, oprime el botón start y al mismo tiempo pone en marcha el cronómetro. Pasados los 5 segundos gira la llave de seguridad, oprime el botón stop y lleva a su estado inicial el ajuste de tensión. Cuando ha terminado saca el bastidor del Túnel de Rigidez (ver anexo C).

Si se apaga automáticamente el equipo antes de pasar el tiempo establecido, es por que uno o varios medidores presentan falla, inmediatamente esto sucede, oprime el stop del cronometro y verifica el tiempo que falta para completar los 5 segundos. Procede inmediatamente a llevar los medidores en grupos de 10 a la mesa de rigidez zera (ver anexo C) abre la tapa, ingresa los medidores, realiza las conexiones, cierra la tapa de la mesa, la enciende, presiona el botón ON, ajusta tensión y pone en marcha el cronometro hasta completar el tiempo restante. Si algún medidor falla se enciende un bombillo indicador en la mesa, para que se disminuya el numero de medidores, hacer nuevamente la prueba y así se realiza hasta encontrar el o los medidores que están fallando para sacarlos del proceso.

Cuando se calibran medidores 3 y 4, el Auxiliar los lleva la Mesa Zera (ver anexo C) en grupos de 10, abre la tapa, ingresa los medidores, realiza las conexiones, cierra la tapa de la mesa, la enciende, presiona el botón ON, ajusta tensión a 2000V, lleva a cero el cronometro para medir los 5 segundos que dura el ensayo y da comienzo a este. Si algún medidor falla se enciende un bombillo indicador en la mesa, para que se disminuya el numero de medidores, hacer nuevamente la prueba y así se realiza hasta encontrar el o los medidores que están fallando para sacarlos del proceso.

Los medidores que no pasan el ensayo, es decir, aquellos que resultaron ser no conformes, los identifica y saca del proceso. Se considera que un medidor es conforme cuando durante la realización del ensayo no se presentan flameos, descargas, o perforaciones.

Los medidores tipo 1 y 2 que resultaron ser conformes en el ensayo, son montados nuevamente al bastidor (ver anexo C), conectados a este y llevados a la siguiente actividad, con una escarapela verde que los identifica como medidores con el ensayo de propiedades dieléctricas. Los medidores tipo 3 y 4 que resultaron ser conformes en el ensayo, son montados en un carro transportador (ver anexo

C), identificado con escarapela verde, la cual indica que ya se les realizó el ensayo de propiedades dieléctricas y llevados a la siguiente actividad.

Finalmente se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) el resultado de calibración (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Pre calentamiento

El pre calentamiento es una condición para poder continuar con los ensayos y consiste en estabilizar térmicamente los circuitos de los medidores y de esta manera no influir en los resultados de las pruebas.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el pre calentamiento hasta que estas se estabilicen.

Los medidores tipo 1 son llevados por el Auxiliar a la Fuente auxiliar de pre calentamiento Schlumberger (ver anexo C), los conecta a esta y verifica que haya continuidad. Para iniciar con el pre calentamiento se pulsa el botón ON de la fuente y el generador, se ajusta la tensión que indica la placa de características del medidor (ver anexo E) y se verifica esta en cada uno de las 40 posiciones del bastidor (ver anexo C).

Los medidores tipo 2, 3 o 4 son llevados por el Auxiliar en el carro transportador (ver anexo C) a la mesa de trabajo para que el Técnico abra el puente entre la bobina de tensión y de corriente, para poder hacer esto primero destapa los medidores. Cuando ya están los puentes abiertos los medidores son montados en la Fuente auxiliar de precalentamiento Landis (Ver anexo C) y se les realiza las conexiones.

Para iniciar el precalentamiento se enciende el interruptor, se arranca el generador, se selecciona la tensión a aplicar, la cual esta dada por la placa de características (ver anexo E) y se verifica esta en cada una de las posiciones del bastidor.

El tiempo que dura el precalentamiento es de 30 minutos para medidores de inducción y 60 minutos para medidores estáticos. Terminado el precalentamiento; los medidores son llevados al siguiente ensayo con una escarapela que identifica que se hizo el precalentamiento.

Ensayo de exactitud

Por medio de este ensayo se busca establecer que tanto se desvía la lectura efectuada por un medidor de energía bajo una condición de carga determinada, frente al valor convencionalmente verdadero de un patrón.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo 1 de inducción, se trasladan y conectan al equipo Qualytest (Ver anexo C), y si sin estático se continua en el equipo. Para dar inicio al ensayo, desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla, y se verifican el número de medidores conectados, y la constante (ver anexo E). Luego se ingresan las siguientes características del ensayo de Exactitud:

- El número de ensayos para guardar los errores
- El número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error
- La tensión nominal de los medidores
- El valor de corriente del ensayo
- El valor del factor de potencia

Una vez ingresados estos parámetros se presiona F1 para dar inicio al ensayo.

Si los medidores son tipo 2, 3, o 4, se continua realizando el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C). Para dar inicio al ensayo desde el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se selecciona el ensayo por medio de las indicaciones que aparecen en la pantalla de acuerdo al tipo de medidor y se verifica que los siguientes parámetros estén definidos:

- La(s) fase(s) de corriente correspondiente(s)
- Número de medidores conectados
- La constante de cada medidor

Luego ingresa las características de: número de ensayos para guardar los errores, número de revoluciones y/o pulsos necesarios para el cálculo del error, tensión nominal de los medidores, valor de corriente, factor de potencia de acuerdo a lo indicado por la norma empleada y se presiona la tecla F1 para dar inicio al ensayo.

Cuando se ha verificado cada uno los puntos de prueba establecidos por la norma técnica utilizada, se desenergiza el medidor y los resultados del ensayo se actualizan automáticamente en el computador del equipo. Finalizado el ensayo, evalúa el resultado en cada punto de prueba de acuerdo a las condiciones indicadas en la norma que se este aplicando.

Con los resultados obtenidos de cada medidor se ajustan los dispositivos correspondientes y se repite el ensayo hasta que los medidores resulten conformes. En este caso se registra en el formato Resultado de ensayo de medidores (FR.CK.128) el resultado del ensayo.

Si en cada punto de prueba un medidor cumple con el respectivo límite de error porcentual, se considera que el medidor es conforme.

Ensayo de Funcionamiento sin carga

Por medio de este ensayo se evalúa la condición del medidor de energía, cuando no circula por él ninguna corriente de carga o circula una corriente demasiado pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción son llevados en el bastidor (ver anexo C) a la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C), en la cual es conectado. Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador y se ajusta la tensión a aplicar, la cual se especifica en la placa de características del medidor (Ver anexo E) y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 de inducción o estáticos son desmontados de la fuente auxiliar de precalentamiento Landis (ver anexo C) y son llevados al equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C), donde son atornillados y conectados. Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente y factor de potencia. Una vez ingresados los datos se inicia el ensayo pulsando enter.

Si los medidores son tipo1 estáticos son llevados en el bastidor (ver anexo C) al equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona el ensayo en el equipo de computo del equipo, se indica el numero de medidores, la constante, tensión que es el 115% de la especificada en la placa de características del medidor (ver anexo E), corriente, factor de potencia, tiempo del ensayo y se presiona F3.

El tiempo mínimo para realizar el ensayo se establece aplicando la siguiente formula:

$$\Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,25}$$

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 0,5S y 1}$$

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 2}$$

$$\Delta t \geq \frac{300 \times 10^6}{k \cdot m \cdot V_n \cdot I_{max}} \text{ (min) para medidores clase 3}$$

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4856

Donde:

K es el número de pulsos emitidos por el dispositivo emisor de pulsos del medidor

m es el número de elementos de medida

V_n es la tensión de referencia en voltios

I_{max} es la corriente máxima en amperios

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor no de una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos el software del equipo indica cual medidor cumple o no con el criterio de evaluación, que dice si corriente en los circuitos de corriente y aplicando una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión, el medidor no debe dar más de un pulso.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Ensayo de Arranque

Por medio de este ensayo se verifica que el medidor arranca y continúa registrando para una corriente de carga pequeña.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si los medidores son tipo1 de inducción se continúa el ensayo en la Fuente auxiliar de Marcha en vacío y Arranque (ver anexo C). Para dar inicio el Auxiliar coloca el interruptor en ON, se enciende el generador, se ajusta la tensión y corriente al mínimo porcentaje, y se presiona el botón start.

Si los medidores son tipo 2, 3 o 4 se continúa el ensayo en el equipo de calibración PYC 5050 (ver anexo C). Para dar inicio el Técnico selecciona el ensayo por medio del menú principal del equipo de cómputo del equipo de acuerdo

al tipo de medidor y ajusta las fotoceldas (ver anexo C). Adicionalmente ingresa el número de medidores a ensayar, las fases, la constante de cada medidor, tensión, corriente. Una vez ingresados los datos se selecciona un número de ensayo y se presiona F1 para desarrollar el ensayo.

Si los medidores son tipo1 estáticos se continua el ensayo en el equipo Qualytest (ver anexo C), en el cual se conecta y se ajustan las fotoceldas (ver anexo C). Para dar inicio se selecciona en el menú principal del equipo de cómputo del equipo, se indica el número de medidores, la constante, tensión y corriente. Una vez se ha ingresado estos datos se presiona F1 para energizar y dar inicio al ensayo.

El tiempo máximo que dura el ensayo no debe ser mayor de tres veces el tiempo determinado por la siguiente expresión:

$$t = (3600 \times N) / (P \times K)$$

Donde:

Numero de pulsos o de revoluciones del rotor. Para este caso equivale a 1

P Potencia

K constante del medidor

Debido a que el medio de evaluación de los medidores de inducción es visual, el se observa cada uno de los medidores y se verifica que el rotor del medidor complete por lo menos una revolución completa para dar como conforme el medidor. En el caso de los medidores estáticos debe verificarse que el medidor emita por lo menos dos pulsos.

Finalmente se registra en el formato Resultado de ensayo de calibración (FR.CK.128) (Ver anexo C) el resultado (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Terminados los ensayos; los medidores son llevados al siguiente ensayo.

Verificación de la constante

Mediante este ensayo se verifica que la relación entre la energía medida y el número de revoluciones del rotor del medidor (para medidores de inducción) o la salida de pulsos del medidor (para medidores estáticos) cumpla con lo especificado con la placa de características.

Antes de iniciar el ensayo y al finalizarlo el Técnico de calibración verifica que las siguientes condiciones se encuentren dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 15°C – 25°C
- Humedad Relativa: 45% - 75%

Las condiciones se registran en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D).

En caso de que las condiciones no se encuentren dentro de los rangos, no se realiza el ensayo hasta que estas se estabilicen.

Si el medidor es tipo 1 de (inducción o estático), se continua realizando el ensayo en el equipo Qualytest (Ver anexo C) y a los medidores tipo 2, 3 o 4 se les realiza el ensayo en el equipo PYC 5050 (Ver anexo C).

Para dar inicio al ensayo se toman las lecturas de los medidores, incluyendo los números decimales, luego se aplica una cantidad de energía conocida al medidor

y al finalizar se toma nuevamente las lecturas de los medidores. La diferencia entre las dos lecturas tomadas a cada medidor es la energía registrada por estos.

Para verificar el cumplimiento de los requisitos se deben calcular el error porcentual (E_p), el error de exactitud (E_{ex}) y la incertidumbre (μ).

Calculados estas variables se evalúa la conformidad de los medidores de acuerdo a la tabla (ver tabla 3)

Se registra en el formato Resultados de ensayos de calibración (FR.CK.128) (ver anexo D) los resultados (Conforme o No conforme) de cada medidor.

Los medidores son desmontados de los equipos y ubicados en carros transportadores (Ver anexo C), con el cuidado de separar los conformes de los no conformes y se les coloca una etiqueta que los identifica como tal (Conformes y No conformes). A los medidores conformes el técnico de calibración les cierra los puentes (ver anexo E) antes de enviarlos a la siguiente etapa del proceso.

Los medidores no conformes son ubicados en el área establecida (ver figura 1) para su posterior ajuste y los medidores conformes son llevados al área de condiciones técnicas (ver figura 1) para su cierre y sellado.

Cerrar y sellar medidores

Los medidores conformes son llevados al área de cierre y sellado donde los Auxiliares se encargan de realizar el pegado de la tapa a la base si el cliente lo solicita y además para realizar el sellado, el cual consiste en colocar sellos de seguridad en los dispositivos para precinto que tienen la tapa y la base (Ver anexo E), los cuales evitan que el medidor se pueda destapar una vez instalado.

Si en el momento del sellado algún sello (ver anexo F) es dañado, este se entrega al Asistente Administrativo y se reporta en el formato Sellos nuevos dañados (FR.CK.133) (ver anexo D).

Una vez sellados los medidores se actualiza una base de datos en Excel en donde se registra el número de sellos que fue instalado a cada medidor.

Finalmente los medidores son empacados de la misma forma en la que fueron recibidos del cliente y se procede a entregarlos al Asistente Administrativo

Realizar Certificado de Calibración

El Técnico de Calibración con los resultados de los ensayos realiza el certificado de calibración (FR.CK.121) de los medidores procesados por él (ver anexo D). Ingresar los datos en una macro de Excel diseñada para esta función e imprimir el certificado de calibración el cual incluye los datos del cierre y sellado como anexo. Finalmente revisa, firma y entrega al Asistente Administrativo (Coordinador de Turno).

Almacenar medidores

El Asistente Administrativo entrega Acta con relación de los medidores y los medidores al responsable de Almacén quien recibe y ubica los medidores ya calibrados en la zona dispuesta para este propósito, para finalmente ser enviados al cliente junto con los certificados de calibración.

Aprobación de certificados de calibración

El Asistente Administrativo entrega los certificados de calibración (FR.CK.121) (ver anexo D) terminados al Jefe de Laboratorio para su revisión y aprobación.

En esta actividad el Jefe de Laboratorio revisa los certificados impresos con el objetivo de detectar errores en los resultados de los ensayos, estado de conformidad, errores de transcripción, ortografía, datos técnicos de los medidores, etc. Si no encuentra errores procede con la aprobación, de lo contrario devuelve para su corrección.

Los Certificados de calibración aprobados son entregados al Asistente Administrativo para ser escaneados y archivados.

Figura 14. SIPOC del proceso de ajuste de medidores usados

Proveedores	Entrada	Actividades	Responsable	Salidas	cliente
Calibración	medidores UPA, solicitud de cliente	Área de Almacén Entrega de medidores	Auxiliar de Almacén	medidores UPA, Acta de entrega de medidores	Recepción individual
Almacén	medidores UPA, Acta de entrega de medidores	Área de recepción individual Recibir los medidores Imprimir etiqueta de identificación	Asistente Administrativo	formato de solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados Medidores etiquetados	Área de limpieza
Recepción individual	Medidores UPA etiquetados y los formatos solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados	Área de limpieza Limpiar medidores Revisar internamente los medidores	Auxiliar de Laboratorio	Medidores UPA etiquetados limpios y los formatos solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados	Calibración
Área de limpieza	Medidores UPA etiquetados limpios y los formatos solicitud de servicios (FR.CK.168) y Orden de trabajo (Formato FR.CK.119) diligenciados	Área de Calibración Ajuste de medidores	Auxiliar de Laboratorio	Medidores UPA conformes etiquetados, formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado	Área de Cierre y Sellado
Calibración	Medidores UPA conformes etiquetados, formato Resultado de ensayos de calibración (FR.CK.128) diligenciado	Área de cierre y sellado Cerrar y sellar medidores	Auxiliar de laboratorio	medidores, formato Sellos nuevos dañados (FR.CK.133)	Recepción individual

Proveedores	Entrada	Actividades	Responsable	Salidas	cliente
		Realizar certificado de calibración	Técnico de Calibración	Certificado de calibración (FR.CK.121)	
Recepción Individual	Medidores conformes, Acta de relación de medidores	Área de Almacén Almacenar medidores	Auxiliar de Almacén	Medidores conformes	Cliente
Calibración	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	Área de recepción individual Entrega de certificados	Asistente administrativo	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	Jefe de Laboratorio
Recepción Individual	Certificado de calibración (FR.CK.121) diligenciado	Jefe de laboratorio Aprobación de certificados	Jefe de laboratorio	Certificado de calibración (FR.CK.121) aprobado	Cliente, Recepción individual

Fuente: Autores del proyecto

4.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO⁴⁵

La comprensión del funcionamiento de los proceso es esencial para asegurar la competitividad de una empresa. Un proceso que no se ajusta a las necesidades de la empresa la castigara a cada minuto que opere.

Un proceso se entiende como "conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados"⁴⁶

Un análisis de proceso permite responder preguntas como: ¿Cuántos clientes por hora puede manejar el proceso? ¿Cuánto tiempo tomara prestarle un servicio a un cliente? ¿Qué cambios se necesitaran en el proceso para ampliar su capacidad? ¿Cuánto cuesta el proceso?

Un primer paso es definir el propósito del análisis, ¿el propósito es resolver el problema? ¿Es comprender mejora el efecto de un cambio en la forma en se harán los negocios en el futuro?

Una buena forma de empezar a analizar un proceso es mediante la utilización de un diagrama que muestre sus elementos básicos, por lo común tareas, flujos y áreas de almacenamiento. Las tareas se muestran como rectángulos, los flujos como flechas y el almacenamiento de bienes u otros artículos con triángulos invertidos. En ocasiones los flujos a través de un proceso pueden desviarse en múltiples direcciones, de acuerdo a alguna condición. Los puntos de decisión se representan con un rombo, con los diferentes flujos extendiéndose desde sus puntas.

⁴⁵ CHASE, Richard; JACOBS F. Robert y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: McGraw Hill, 2005. P. 114

⁴⁶ Norma ISO 9000:2002 pagina 11

Tipos de procesos⁴⁷

La primera forma de clasificar un proceso consiste en determinar si es un proceso de una sola etapa o de múltiples etapas; el término etapa se utiliza para indicar que se han agrupado múltiples actividades para un propósito de análisis.

Un proceso de múltiples etapas puede amortiguarse internamente. Un inventario de reserva de existencias a un área de almacenamiento entre las etapas, en donde se deposita la producción de una etapa antes de utilizarse en otras corrientes abajo. El inventario de reservas permite que las etapas operen de manera independiente. Si la primera etapa alimenta a la segunda sin ningún inventario de reservas intermedio, entonces se puede suponer que las dos etapas están directamente vinculadas.

En un proceso se pueden presentar dos situaciones como lo son: el bloqueo y la privación. El bloqueo ocurre cuando las actividades de una etapa deben detenerse debido a que no hay ningún lugar para depositar el artículo que acaba de terminarse; la privación ocurre cuando las actividades de una etapa deben detenerse debido a que no hay trabajo.

El proceso de preparar sobre pedido se activa únicamente en respuesta a un pedido real; el inventario (tanto de producción en proceso como de bienes terminados) se mantiene al mínimo. En teoría se estima que el tiempo de respuesta es lento, ya que es necesario terminar todas las actividades antes de que el producto se entregue al cliente. Los servicios, por su naturaleza, a menudo utilizan procesos de producir sobre pedido.

⁴⁷ CHASE, Richard; JACOBS F. Robert y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: McGraw Hill, 2005. P. 119

El proceso de preparar para tener existencias, produce productos estándar que pueden entregarse rápidamente al cliente. Este es un proceso que atrae a muchas personas que buscan rapidez en la entrega.

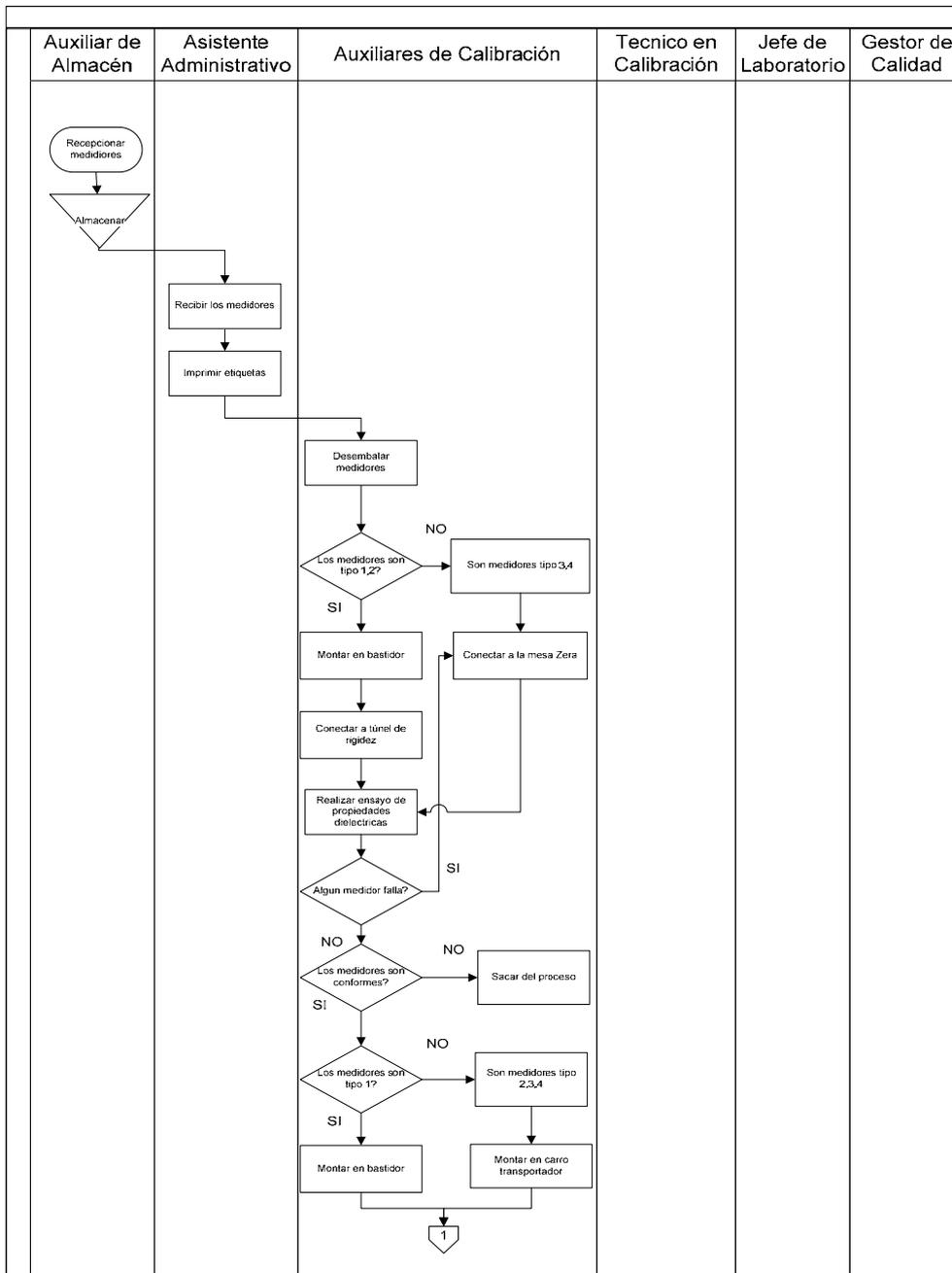
En general el proceso de fabricar para tener existencias finaliza con el inventario de bienes terminados, después los pedidos del cliente se sirven de este inventario, este proceso puede controlarse con base en la cantidad real o anticipada del inventario de productos terminados.

A continuación se presentan los diagramas de flujo y de operaciones de los procesos de calibración y ajuste de medidores como primer paso para iniciar el análisis de estos procesos.

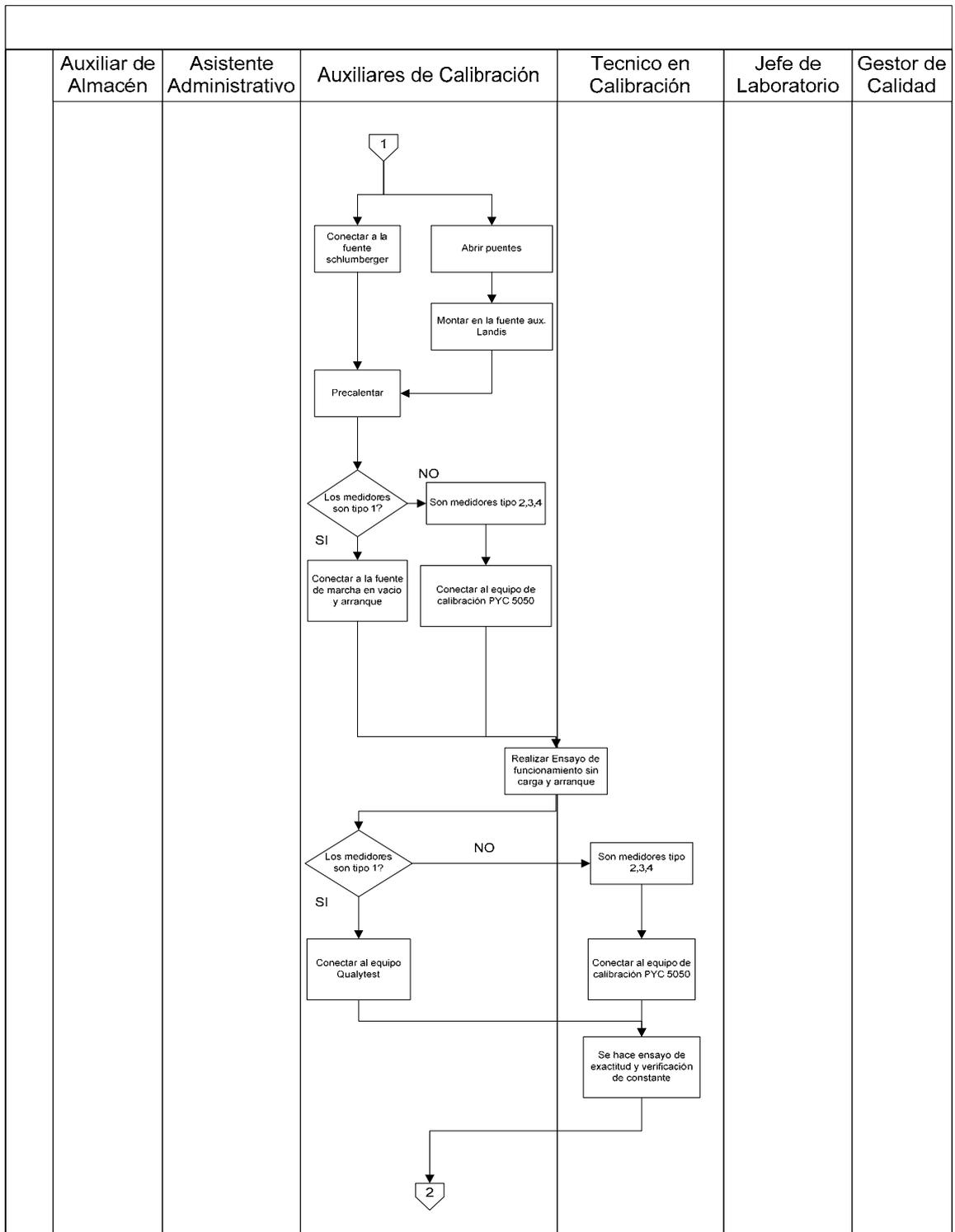
Para la realización de los tiempos de los diagramas de operaciones de los procesos de Calibración y ajuste de medidores nuevos y usados se tomo una muestra de 5 tiempos por cada operación, esta decisión no se tomo basados en criterios estadísticos sino como parte superficial de la técnica de estudio de tiempos.

4.3.1 Calibración de Medidores nuevos

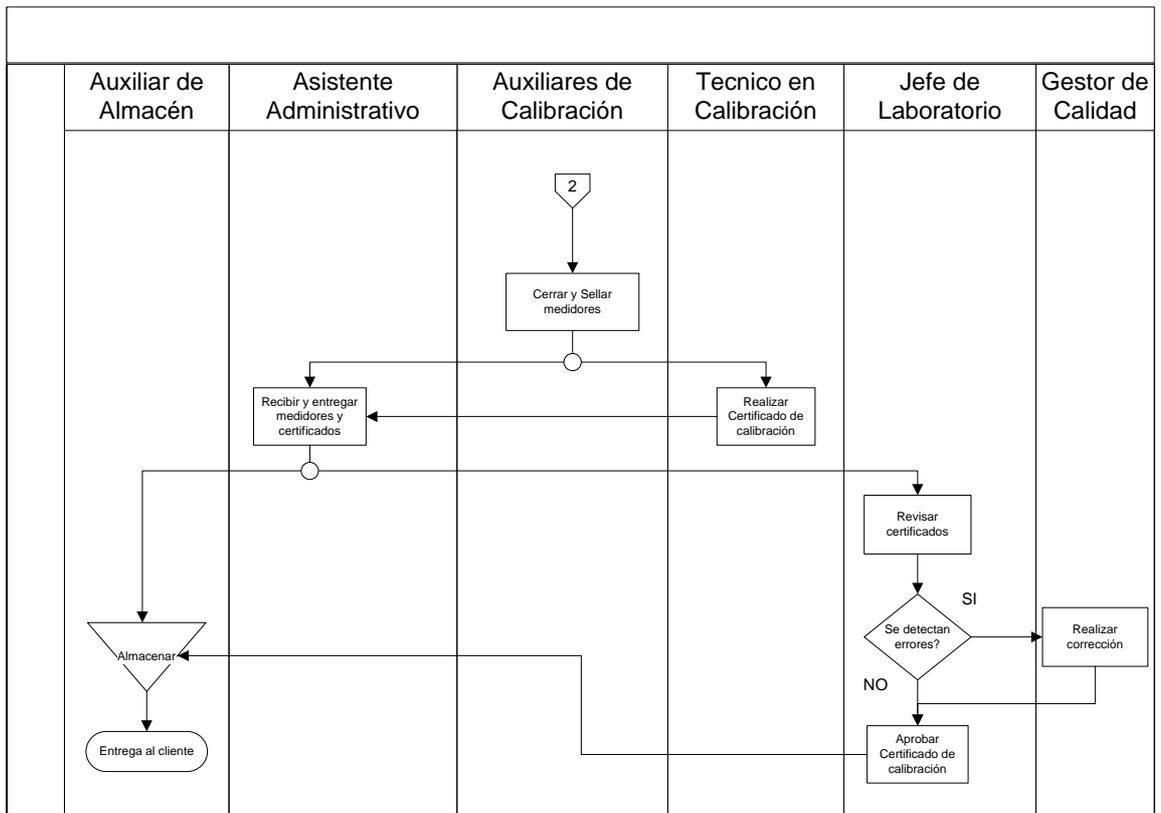
Figura 15. Diagrama de flujo calibración de medidores nuevos



Fuente: Autores del proyecto

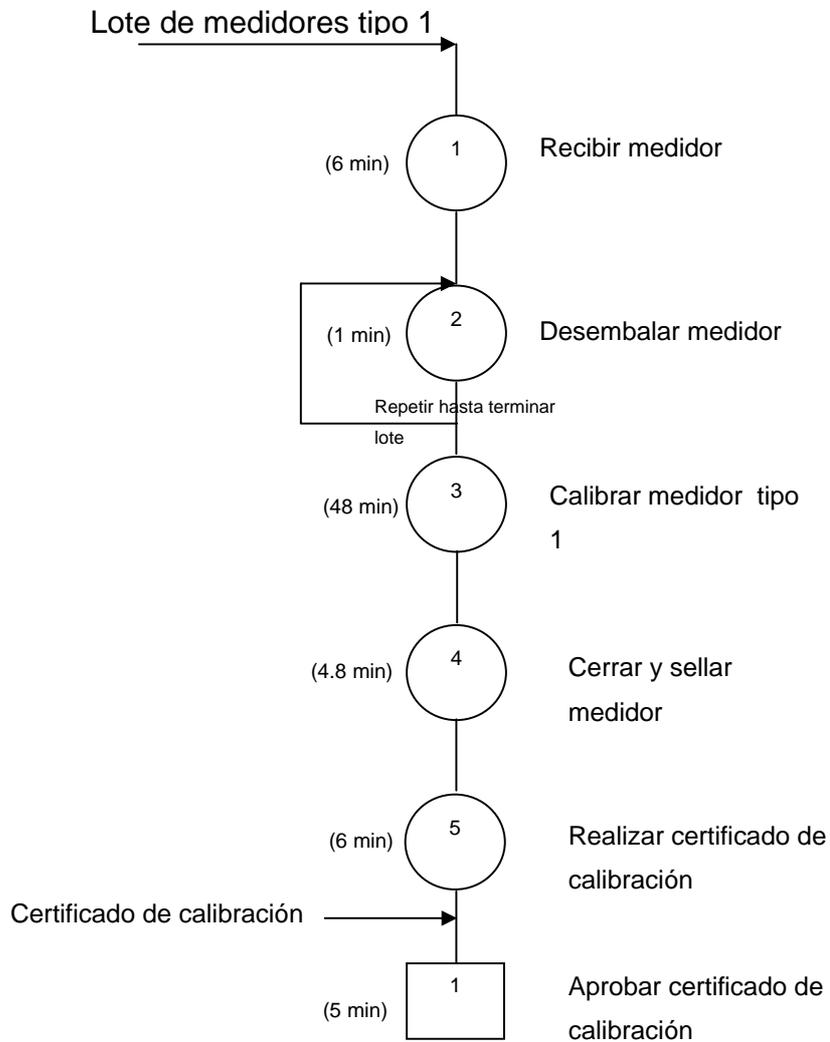


Fuente: Autores de proyecto.



Fuente: Autores de proyecto.

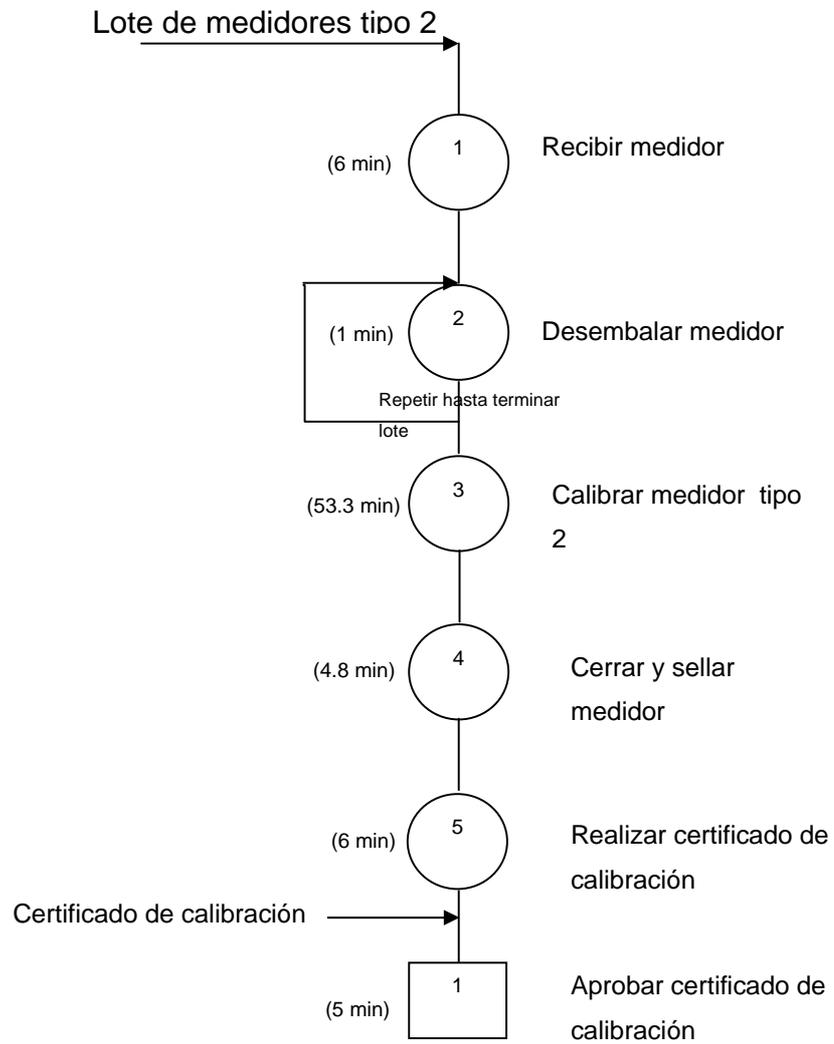
Figura 16. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 1



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	5	65,8
Inspecciones	1	5
Total	6	70,8

Fuente: Autores de proyecto

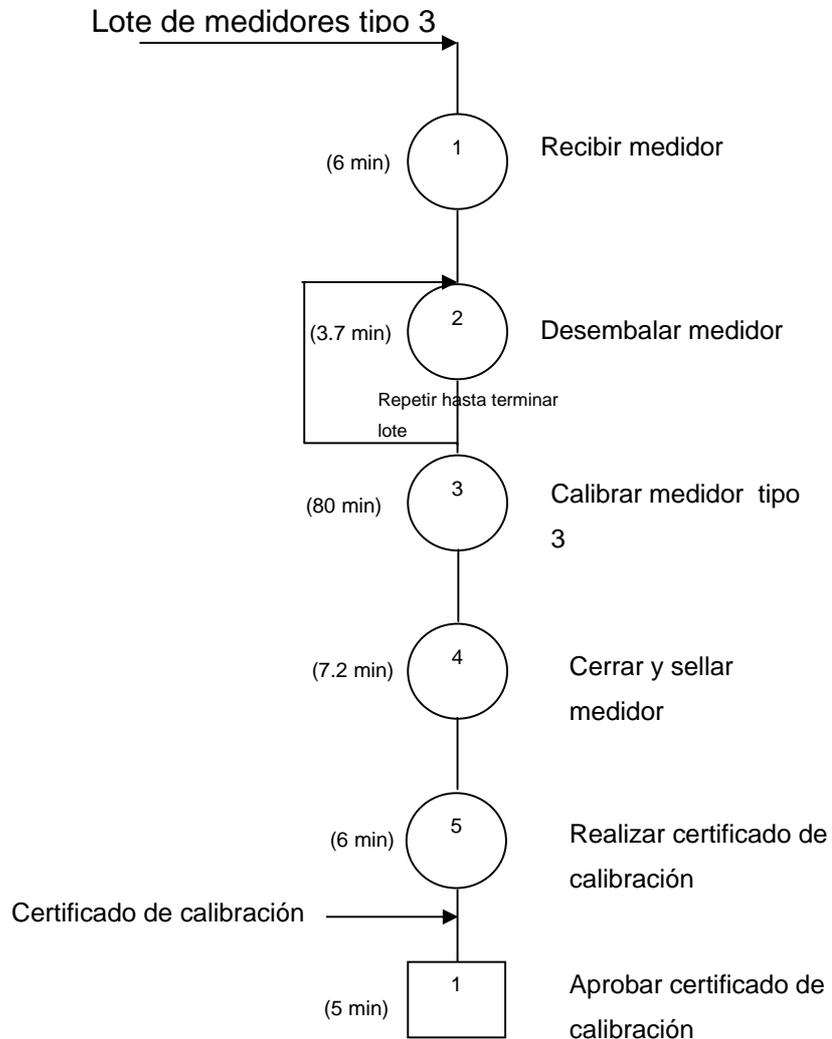
Figura 17. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 2



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	5	71,1
Inspecciones	1	5
Total	6	76,1

Fuente: Autores de proyecto

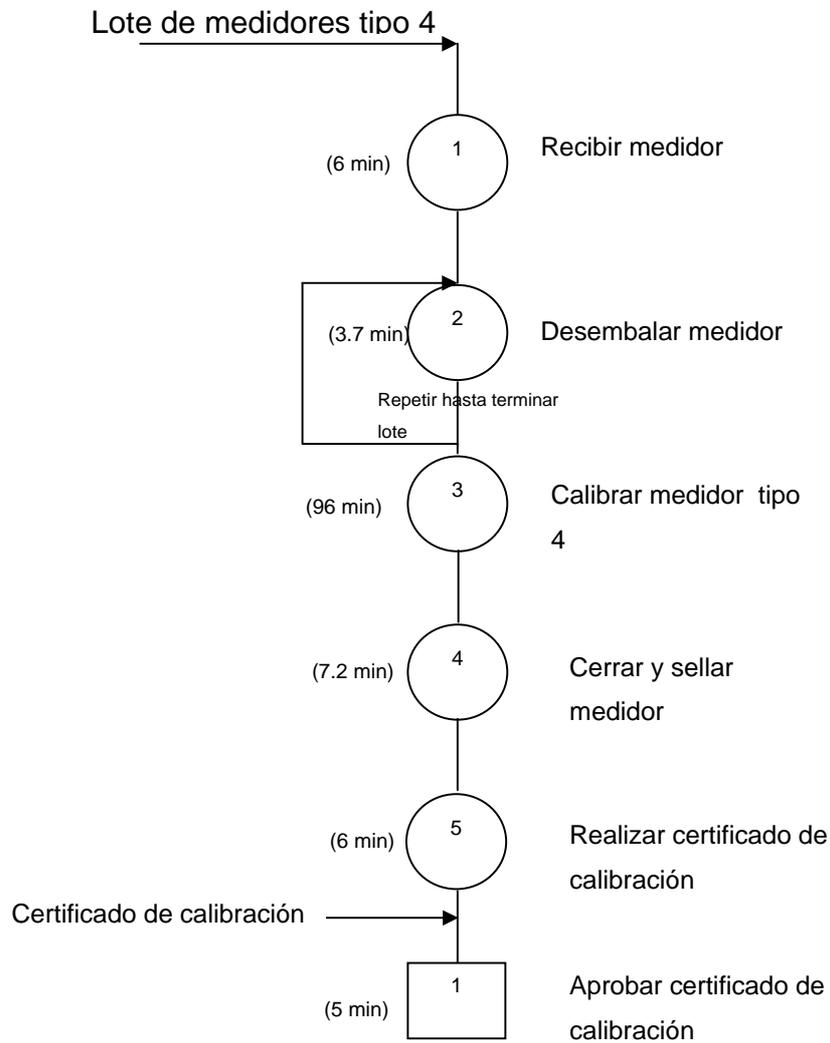
Figura 18. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 3



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	5	102,9
Inspecciones	1	5
Total	6	107,9

Fuente: Autores de proyecto.

Figura 19. Diagrama de operaciones calibración de medidores nuevos tipo 4



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	5	118,9
Inspecciones	1	5
Total	6	123,9

Fuente: Autores de proyecto.

Con el análisis del diagrama de flujo del proceso de calibración de medidores nuevos, se puede considerar que este es de múltiples etapas, ya que tiene diversos grupos de actividades que están vinculadas por medio de diferentes flujos.

Teniendo en cuenta el diagrama operación del proceso de calibración de medidores nuevos en cada una de sus etapas, se puede establecer que recibir, realizar y aprobar certificado se desarrollan bajo los mismos tiempos de operación. Para el caso de las etapas de desembalaje, calibración y cerrar y sellar se hace necesario diferenciar si los medidores son de tipo 1, 2, 3 y 4, debido a que estas operaciones aumentan o disminuyen de acuerdo a las características técnicas de cada medidor (ver anexo E y G).

El uso de los recursos del laboratorio de la Medida para el proceso de calibración de medidores nuevos en un turno de trabajo de 8 horas es el siguiente, teniendo en cuenta los tipos de medidor.

Para este cálculo se tuvo en cuenta que el tiempo total para procesarlos es de 480 minutos (constante) y estableció de la siguiente manera:

$$X = 480 \text{ minutos} / \text{Tiempo proc} \times \text{medidor (min/medidores)}$$

Y luego en caso de que en la etapa exista 1 o 2 auxiliares se multiplica por este factor y donde X es el número de medidores producidos en la etapa que se está analizando.

Esta fórmula será aplicada para el cálculo de medidores procesados en cada uno de los procesos de calibración y ajuste de medidores nuevos y usados en las etapas que se estén analizando.

Desembalaje tipo 1 y 2: se asigna 1 auxiliar y su producción es:

$$X \text{ medidores} = 480 \text{ minutos} / 1 \text{ minuto} \times \text{medidor} = 480 \text{ medidores promedio}$$

Desembalaje tipo 3 y 4: se asigna 1 auxiliar cuya producción es:

$$X \text{ medidores} = 480 \text{ minutos} / 3,7 \text{ minutos} \times \text{medidor} = 129 \text{ medidores promedio}$$

Calibración de tipo 1: se cuenta con 1 equipo Qualytest, 1 túnel de rigidez, 1 fuente auxiliar de precalentamiento, 1 fuente auxiliar de marcha en vacío y arranque, 1 bastidor de 40 posiciones y 1 técnico cuya producción es de 400 medidores promedio.

Calibración de tipo 2: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 túnel de rigidez y 1 técnico cuya producción es de 180 medidores promedio.

Calibración de tipo 3: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 túnel de rigidez y 1 técnico cuya producción es de 120 medidores promedio.

Calibración de tipo 4: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 túnel de rigidez y 1 técnico cuya producción es de 100 medidores promedio.

Cierre y sellado tipo 1 y 2: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 243 medidores promedio.

Cierre y sellado tipo 3 y 4: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 200 medidores promedio

Teniendo en cuenta estos cálculos se determina que el cuello de botella más representativo se está presentando en la etapa de cierre y sellado, sin ser de menor importancia el presentado en la etapa de calibración.

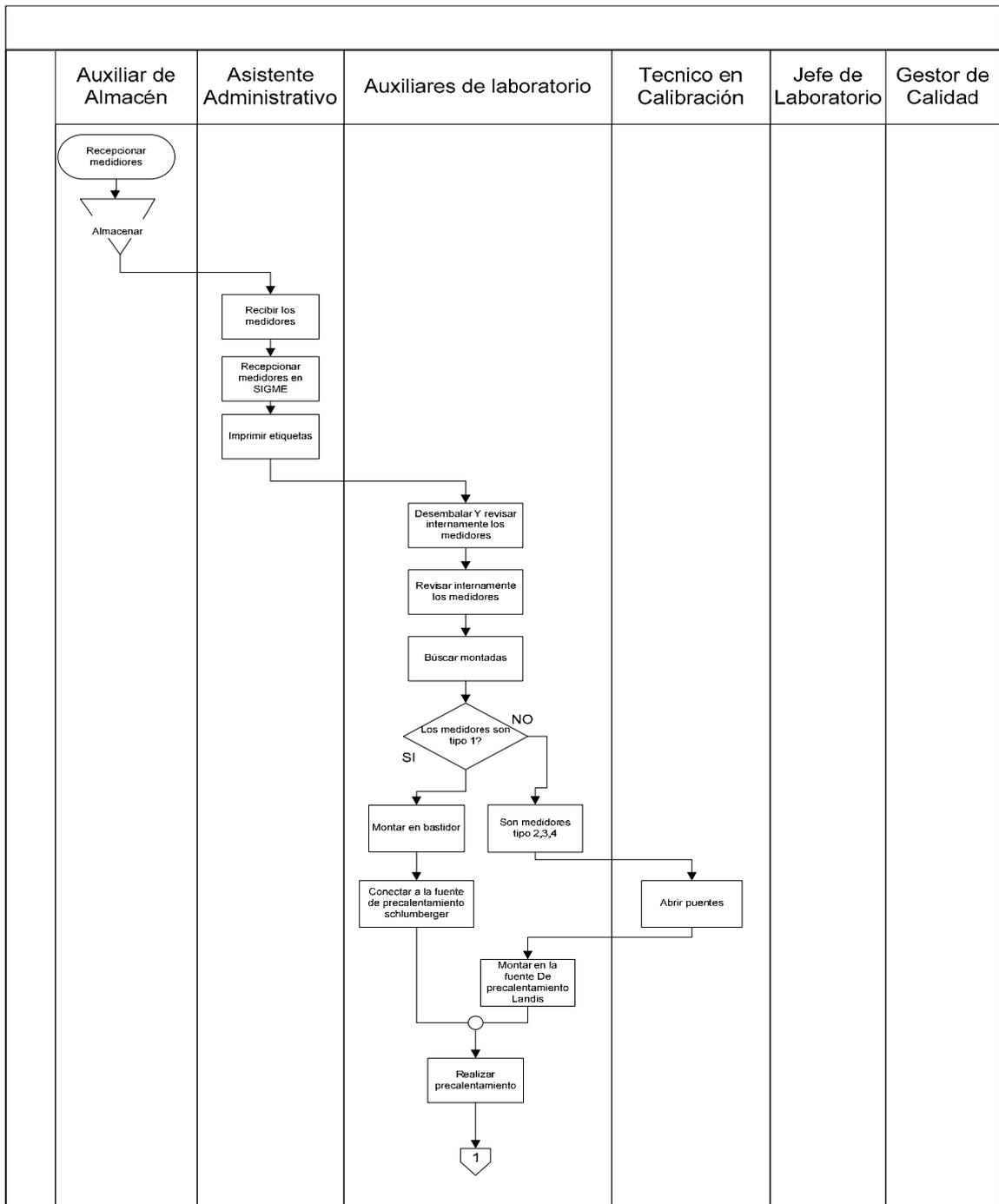
De acuerdo a las observaciones en sitio realizadas al proceso se puede describir las siguientes situaciones:

A pesar de tener varias áreas para la realización de las actividades, en el Laboratorio no existe un lugar establecido para la realización del desembalaje de medidores nuevos y en varias ocasiones este se realiza en sitios improvisados y con poco espacio para una adecuada manipulación de los medidores, además el levantamiento de tornillos del bloque de terminales en estos sitios se realiza de forma manual. En otras ocasiones el desembalaje se realiza en las mesas del área de limpieza y el levantamiento de tornillos con el destornillador neumático del área.

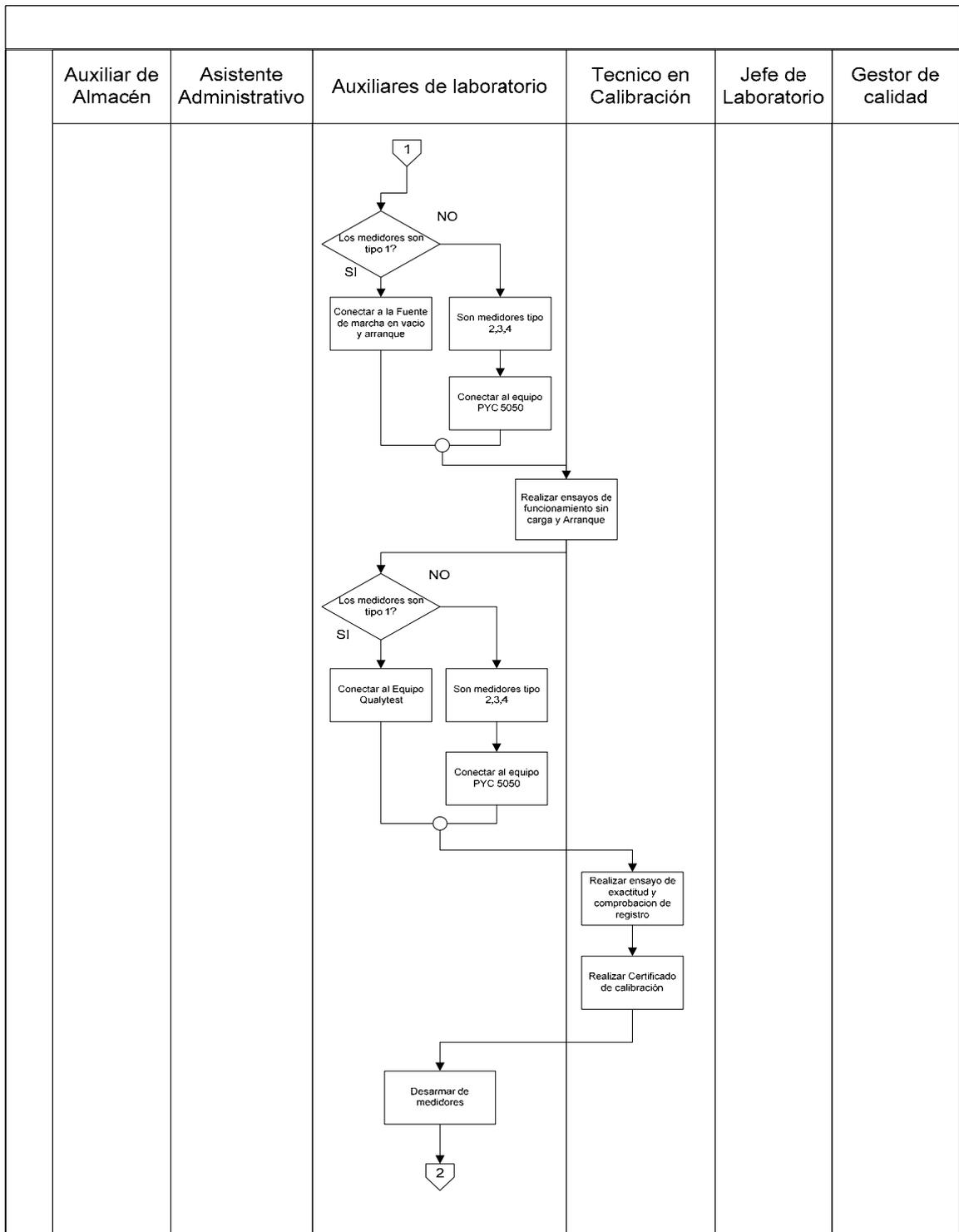
Algunas actividades como la realización del certificado de calibración se hace de forma manual por medio de una macro en Excel, ya que el sistema de información de medidores SIGME no está aun habilitado para el ingreso de datos de medidores nuevos, lo cual genera en algunas ocasiones cuellos de botella de certificados de calibración en espera de ser realizados ya que esto le demanda mas Tiempo a los Técnicos de calibración, y en varias ocasiones no se realizan el mismo día del procesamiento.

4.3.2 Calibración de Medidores usados

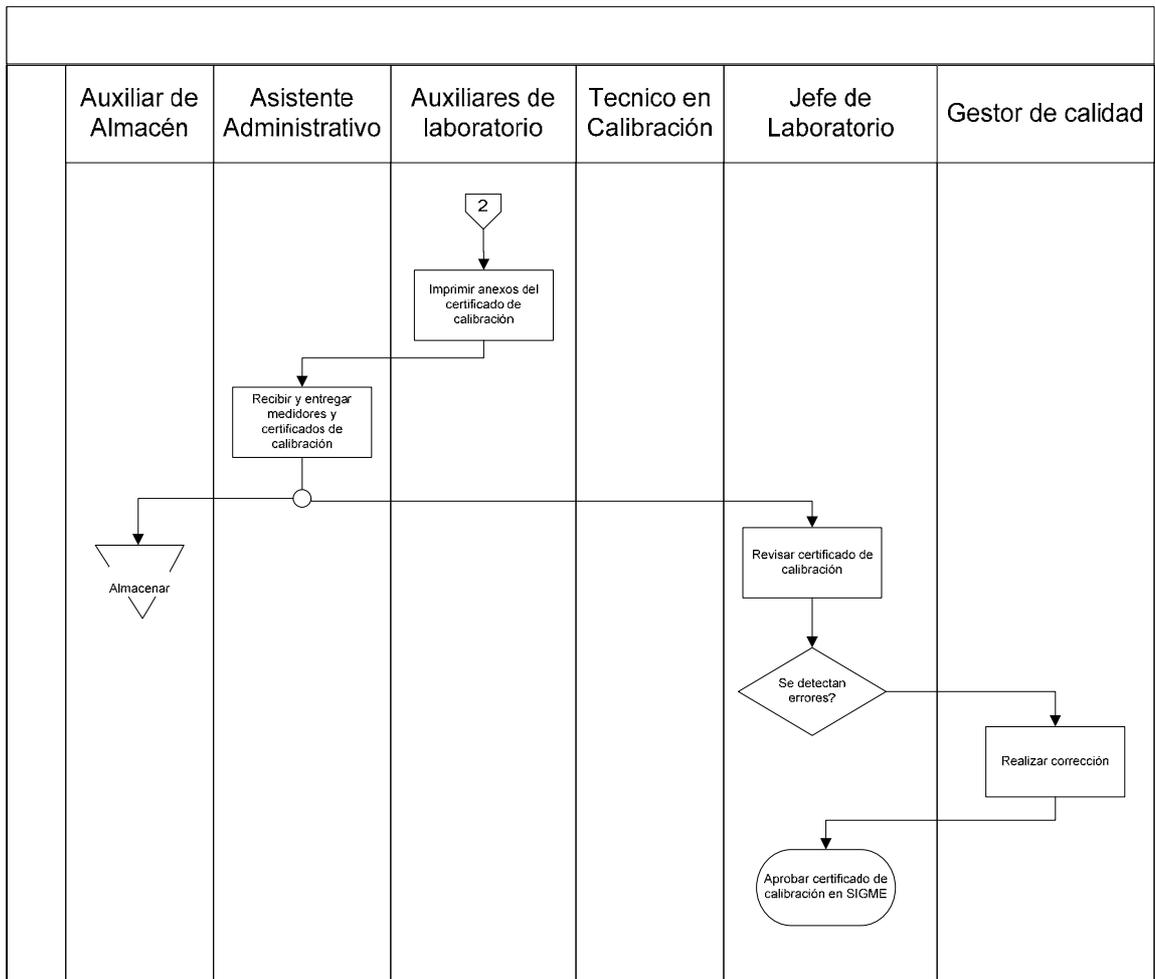
Figura 20. Diagrama de flujo calibración de medidores usados



Fuente: Autores de proyecto

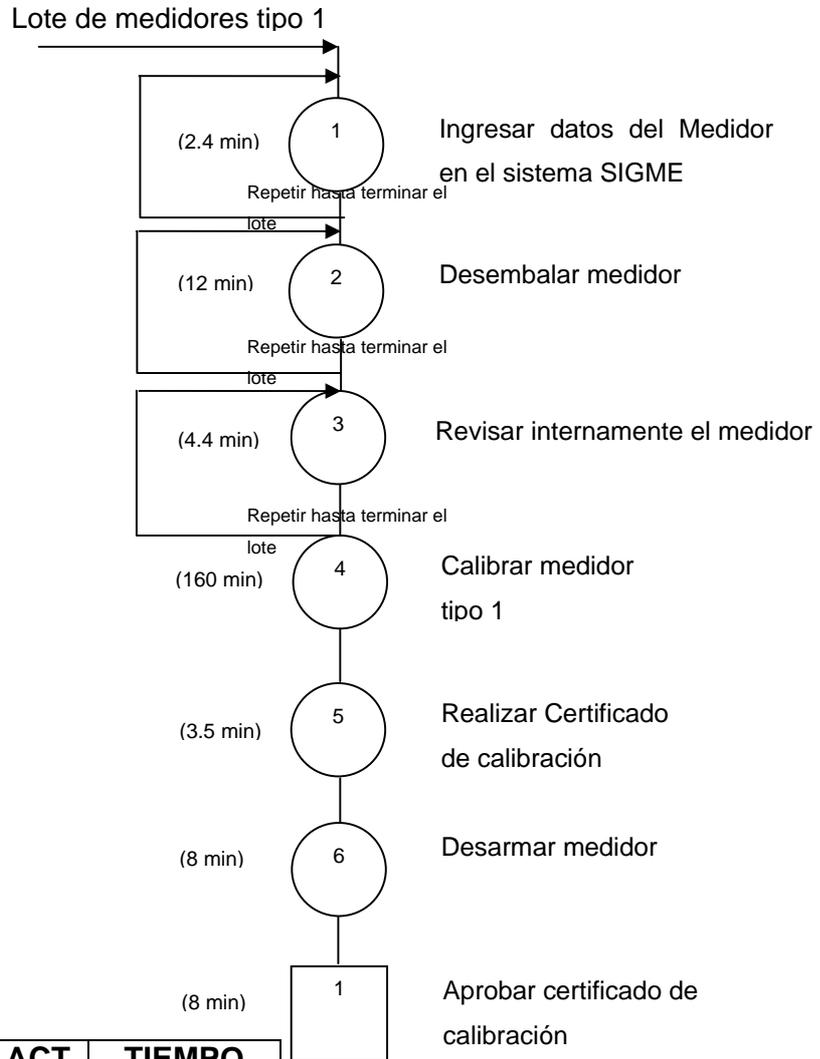


Fuente: Autores de proyecto



Fuente: Autores de proyecto.

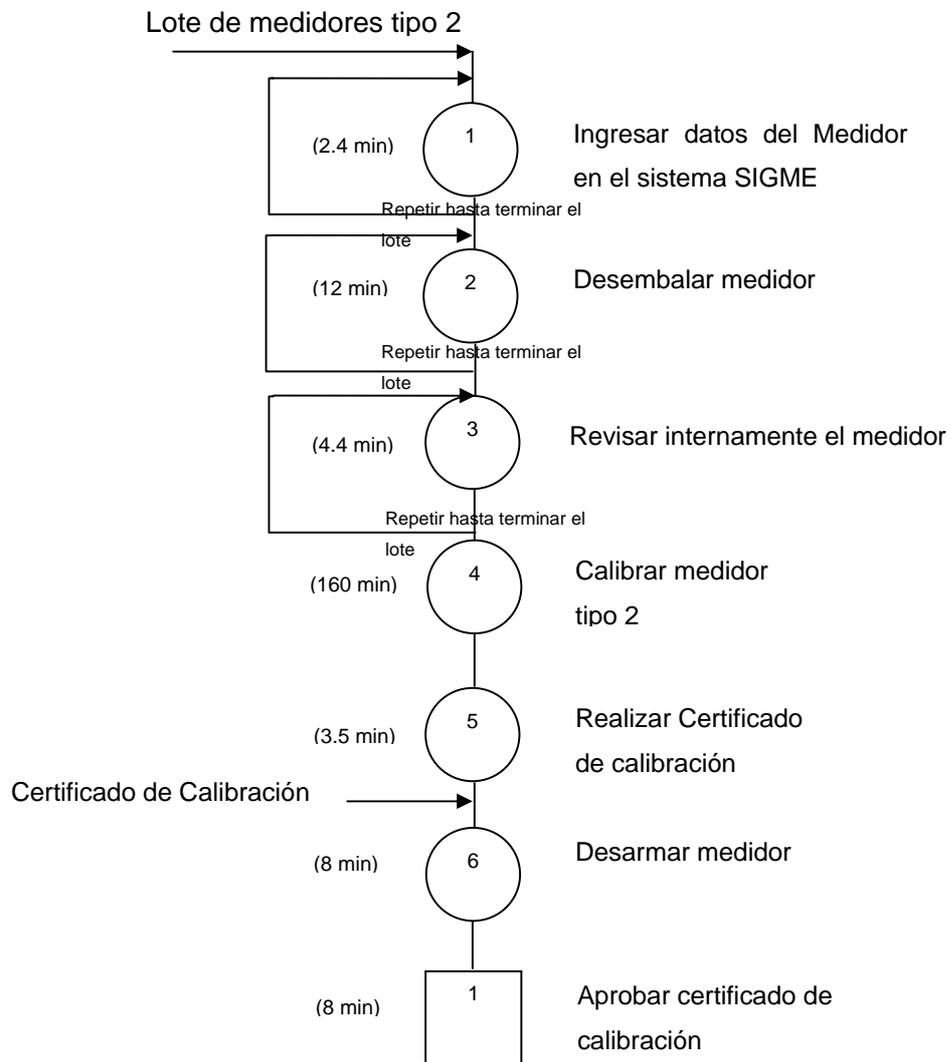
Figura 21. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados tipo 1



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	198,3
Inspecciones	1	8
Total	7	206,3

Fuente: Autores del proyecto

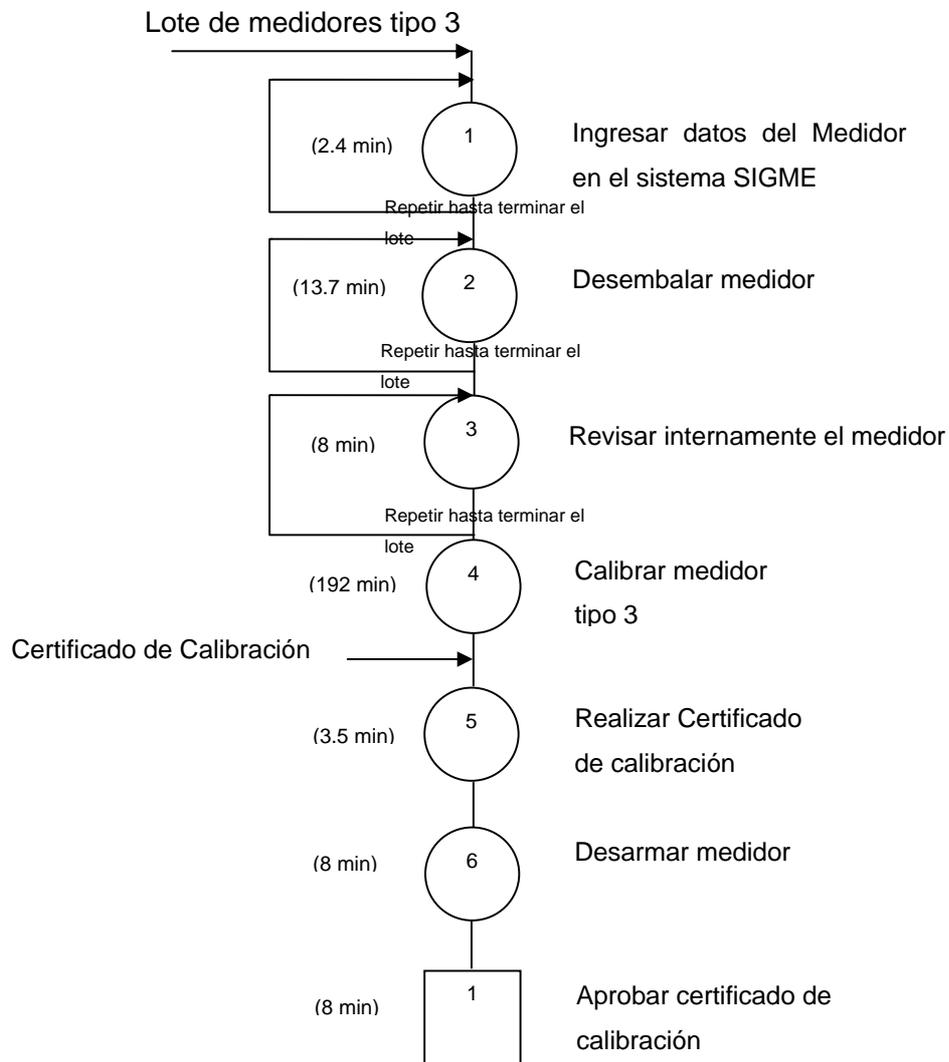
Figura 22. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 2



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	190,3
Inspecciones	1	8
Total	7	198,3

Fuente: Autores de proyecto

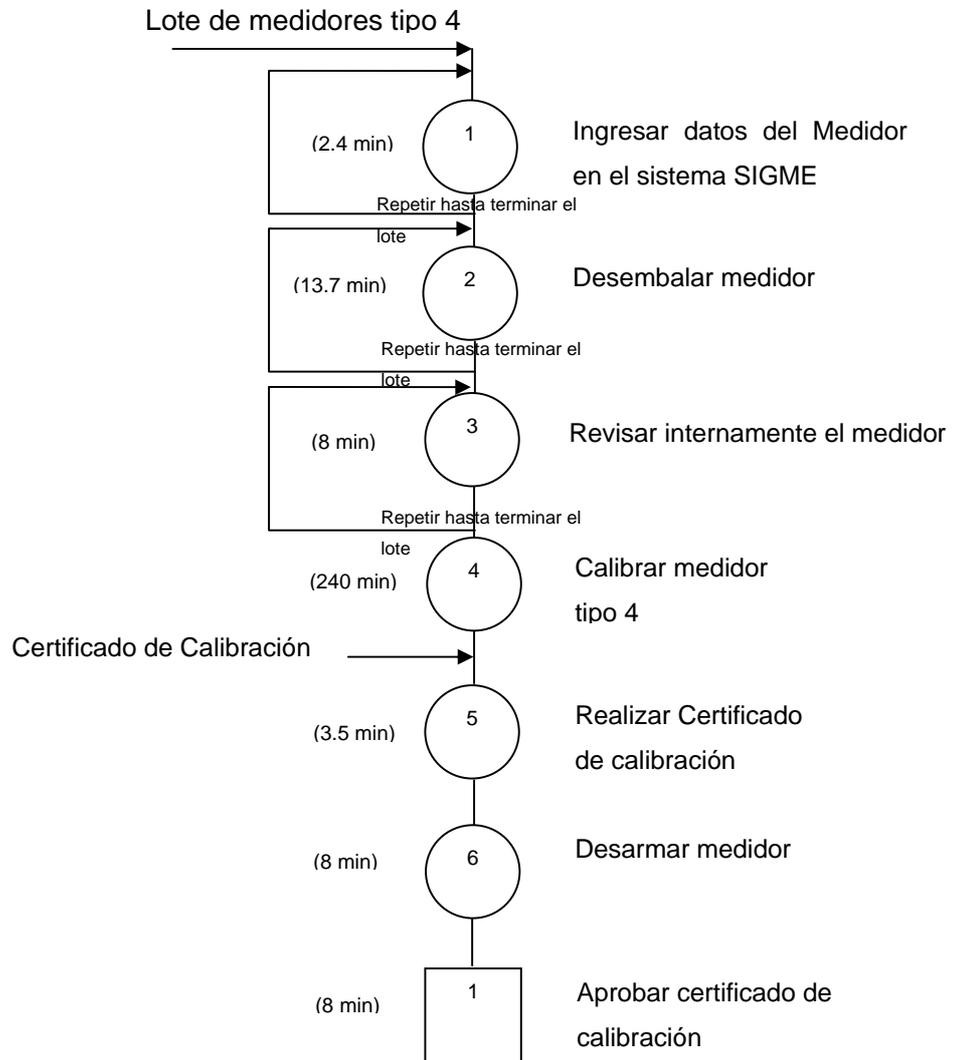
Figura 23. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 3



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	227,6
Inspecciones	1	8
Total	7	235,6

Fuente: Autores de proyecto

Figura 24. Diagrama de operaciones calibración de medidores usados Tipo 4



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	275,6
Inspecciones	1	8
Total	7	283,6

Fuente: Autores de proyecto.

Con el análisis del diagrama de flujo del proceso de calibración de medidores usados, se puede considerar que este es de múltiples etapas, ya que tiene diversos grupos de actividades que están vinculadas por medio de diferentes flujos.

Teniendo en cuenta el diagrama operación del proceso de calibración de medidores usados en cada una de sus etapas, se puede establecer que ingresar datos al SIGME, desarmar medidor, realizar y aprobar certificado se desarrollan bajo los mismos tiempos de operación. Para el caso de las etapas de desembalaje, revisión interna y calibración se hace necesario diferenciar si los medidores son de tipo 1, 2, 3 y 4, debido a que estas operaciones aumentan o disminuyen de acuerdo a las características técnicas de cada medidor (ver anexo E y G).

El uso de los recursos del laboratorio de la Medida para el proceso de calibración de medidores usados en un turno de trabajo de 8 horas es el siguiente, teniendo en cuenta los tipos de medidor:

Ingreso de datos al SIGME: se asigna 1 asistente administrativo cuya producción es 200, independiente del tipo de medidor.

Desembalaje tipo 1 y 2: se asigna 2 auxiliar cuya producción es de 80 medidores promedio.

Desembalaje tipo 3 y 4: se asigna 2 auxiliar cuya producción es de 70 medidores promedio.

Revisión interna tipo 1 y 2: se asigna 1 auxiliar cuya producción es de 109 medidores promedio.

Revisión interna tipo 3 y 4: se asigna 1 auxiliar cuya producción es de 60 medidores promedio.

Calibración de tipo 1: se cuenta con 1 equipo Qualytest, 1 fuente de precalentamiento, 1 fuente auxiliar de marcha en vacío y arranque, 1 bastidor de 40 posiciones y 1 técnico cuya producción es de 120 medidores promedio.

Calibración tipo 2: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente auxiliar de precalentamiento Landis y 1 técnico cuya producción es de 60 medidores promedio.

Calibración de tipo 3: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente auxiliar de precalentamiento Landis y 1 técnico cuya producción es de 50 medidores promedio.

Calibración de tipo 4: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente auxiliar de precalentamiento Landis y 1 técnico cuya producción es de 40 medidores promedio.

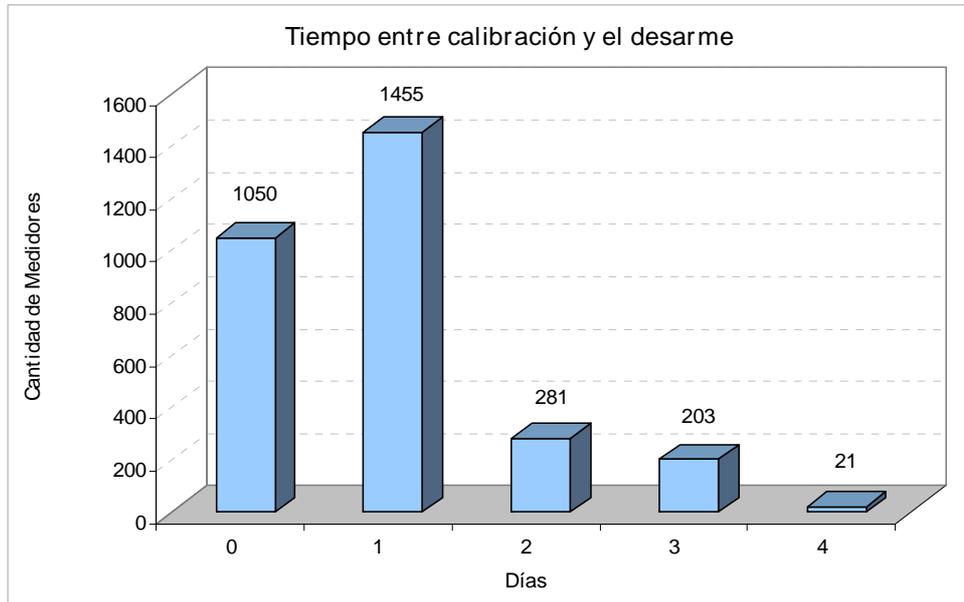
Desarme: se asigna 1 auxiliar cuya producción es de 60 medidores promedio independientemente del tipo.

El primer cuello de botella que se presenta en este proceso es en el área de desembalaje de medidores, ya que la actividad anterior a esta, es decir la de ingresar los datos de medidores al SIGME, tiene mayor capacidad de producción.

Según los cálculos anteriores se puede decir que la capacidad de procesamiento del área de calibración es superior a la de desarme, y es aquí donde se detecta otro cuello de botella.

A continuación se muestra gráfica con los tiempos entre el procesamiento y el desarme de un grupo de 3010 medidores procesado entre los meses de noviembre y diciembre del 2009. No se realizó el gráfico con todos los datos del 2009 ya que esta información se empezó a registrar partir del mes de octubre y se hace en unas planillas, además no se encuentra en medio magnético por la cual el levantamiento de la información es demorado y se hace de forma manual.

Figura 25. Tiempos de espera de los medidores para ser desarmados



Fuente: Autores del proyecto

En el gráfico se puede observar que solo 1050 medidores fueron desarmados el mismo día que fueron procesados y que 505 medidores debieron esperar más de 2 a 4 días para ser desarmados.

De acuerdo a las observaciones en sitio realizadas al proceso se puede describir las siguientes situaciones:

Durante el desembalaje se trabaja por lotes de medidores, es decir se procesan solo medidores de un lote y hasta finalizarlo no se inicia el proceso del lote siguiente, además los medidores no pueden pasar a la siguiente actividad (revisión interna) la cual se realiza en otra área hasta que no esté desembalado y revisado externamente el lote completo. Realizar el proceso de esta forma genera esperas ya que un lote puede contener más de 100 medidores los cuales con la capacidad actual del área no alcanzan a ser procesado en un turno de 8 horas.

Durante la revisión interna se generan también esperas muy largas ya que al igual que en el desembalaje se trabaja por lote, y los medidores ya revisados no entran a ser calibrados hasta que todos los medidores del lote al cual pertenecen se encuentren revisados internamente. Este método de trabajo evita la optimización de los equipos de calibración ya que muchas veces se calibra sin utilizar la capacidad total de los equipos, porque no hay medidores de las mismas características técnicas ubicados en los carros con los medidores revisados internamente y listos para ser procesados.

La actividad que toma mayor tiempo es la de la realización de la calibración. Los tiempos de la realización de los ensayos depende del tipo de medidor ya que según lo establecen las normas técnicas utilizadas y aplicables a este tipo de actividades, en algunos ensayos el tiempo varía de acuerdo a las características técnicas de los medidores.

En cuanto a la aprobación de Certificados se puede decir que es El Jefe de Laboratorio el encargado de hacerla y por lo general se realiza diariamente, sin embargo el horario de trabajo del Jefe de Laboratorio es de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. y el laboratorio en su parte operativa labora de lunes a sábados las 24 horas del día. Lo que conlleva a que haya una acumulación de certificados pendientes para aprobar, aumentando los tiempos de entrega al cliente.

A continuación se presenta gráfica donde se muestra los días que trascurren entre el procesamiento y la aprobación de los certificados de calibración de medidores usados en los últimos 4 meses del año 2009.

Tabla 6. Tiempo transcurrido entre el procesamiento del medidor y la aprobación del certificado de calibración en el año 2009

Cantidad de medidores usados por mes															
Días calendario entre calibración y aprobación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Totales	%	% Acumulado
0	13	41	315	233	206	465	284	93	62	4	286	24	2026	4,72%	4,72%
1	160	289	834	871	799	802	1029	1217	404	251	609	1327	8593	20,00%	24,72%
2	827	1088	1189	1037	805	741	955	1147	1446	668	1493	1130	12528	29,16%	53,87%
3	1422	926	690	737	648	339	661	716	1217	985	930	805	10079	23,46%	77,33%
4	690	538	137	82	370	204	362	617	892	601	898	210	5605	13,05%	90,38%
5	443	129	2		120	44	129	44	402	393	414	50	2175	5,06%	95,44%
6	398	4			13	18	165	20	240	312	49	97	1322	3,08%	98,52%
7	7	1			80	1	1	4	39	107	8	10	265	0,62%	99,13%
8	8					21					78		115	0,27%	99,40%
9									1			40	50	0,12%	99,52%
10				1					21				32	0,07%	99,59%
12										3			15	0,03%	99,63%
13												1	14	0,03%	99,66%
14										1	20		35	0,08%	99,74%
17								11					28	0,07%	99,81%
20									6			20	46	0,11%	99,91%
35									2				37	0,09%	100,00%
Total medidores	3968	3016	3167	2961	3041	2635	3586	3869	4732	3325	4785	3714	42965	100,00%	

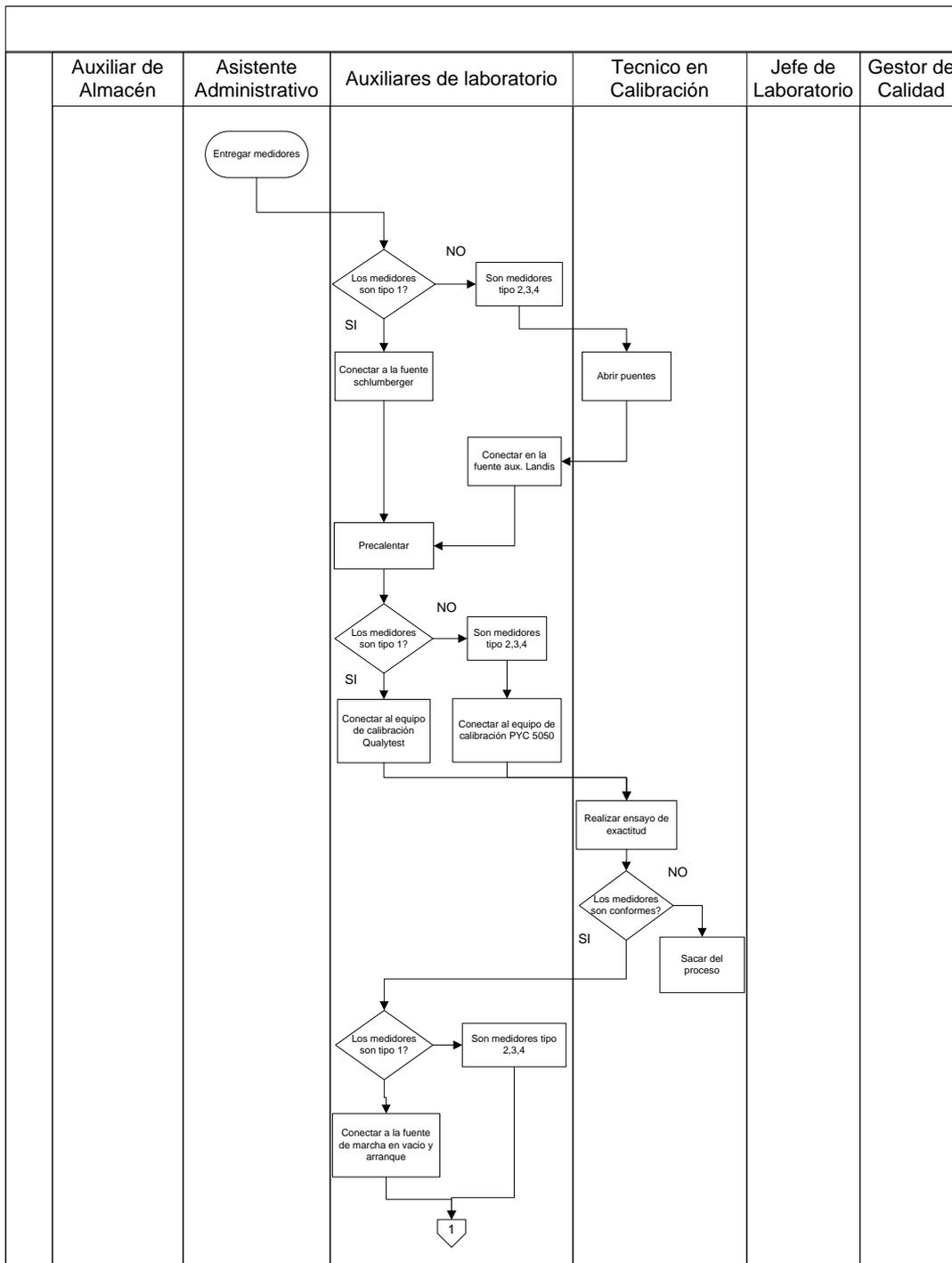
Fuente: Autores del proyecto

Según lo que muestra la tabla solo el 24.72% de los medidores se les ha aprobado su certificado el mismo día o un día después de ser procesados, el 75,28% restante esperaron de 2 a 35 días para ser aprobados, concentrándose el mayor porcentaje de medidores en 2 a 10 días.

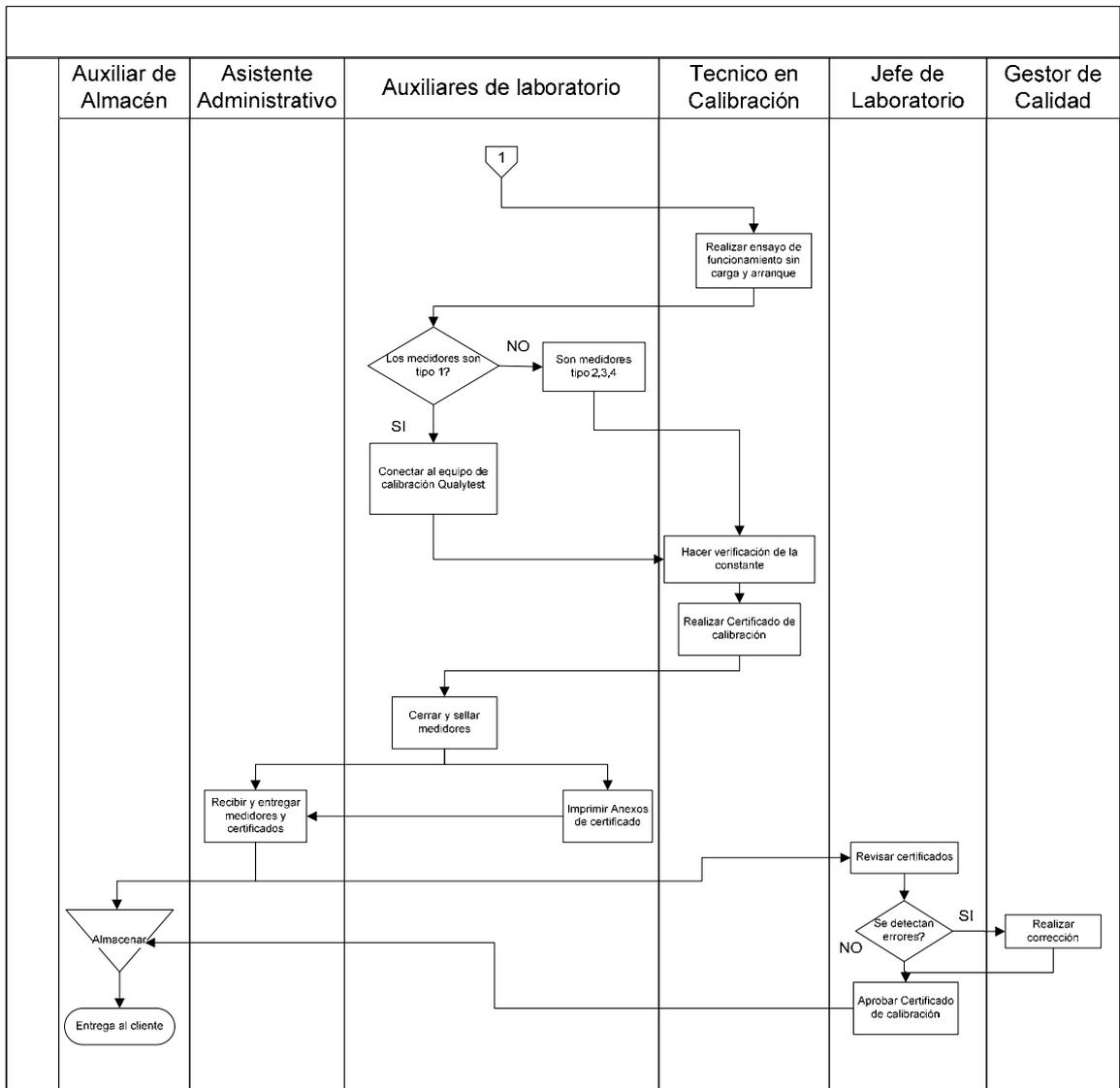
Las situaciones anteriormente mencionadas disminuyen la eficiencia del proceso aumentando los tiempos de procesamiento de los medidores, lo cual se considera como uno de los factores que está generando los incumplimientos en la entrega a los clientes en el proceso de calibración de medidores usados.

4.3.3 Ajuste de Medidores nuevos:

Figura 26. Diagrama de flujo ajuste de medidores nuevos

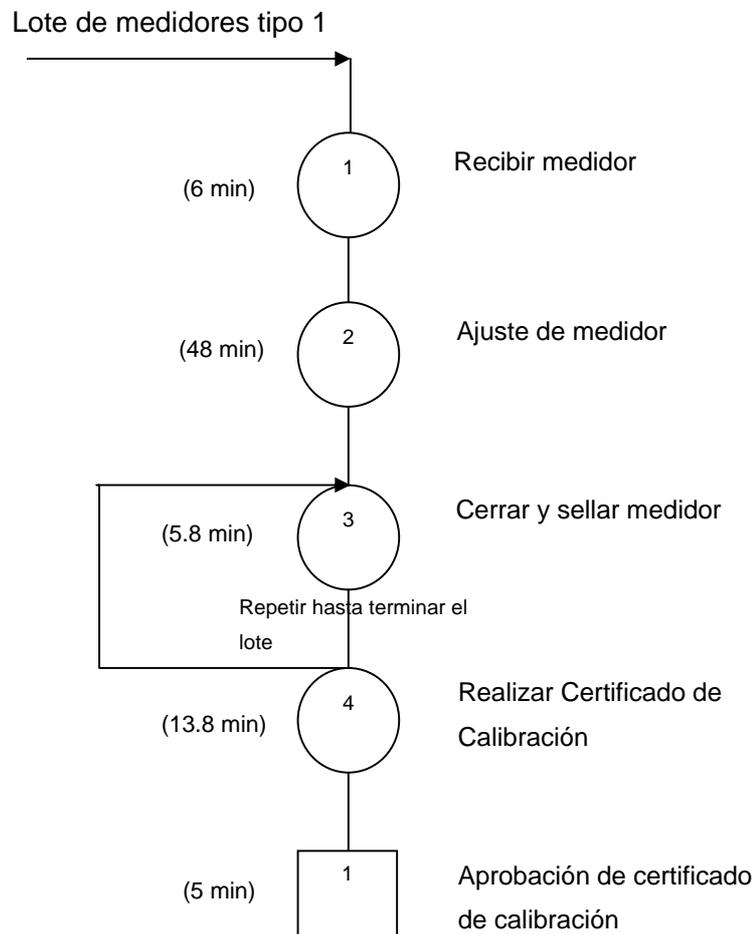


Fuente: Autores del proyecto.



Fuente: Autores de proyecto

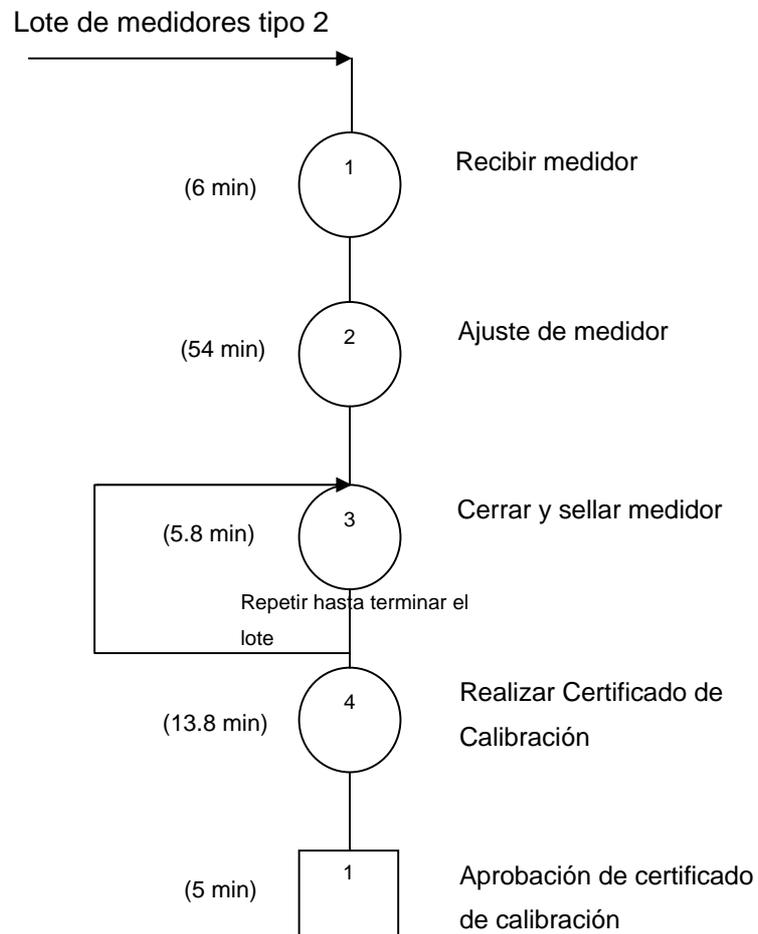
Figura 27. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 1



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	4	73,6
Inspecciones	1	5
Total	5	78,6

Fuente: Autores del proyecto

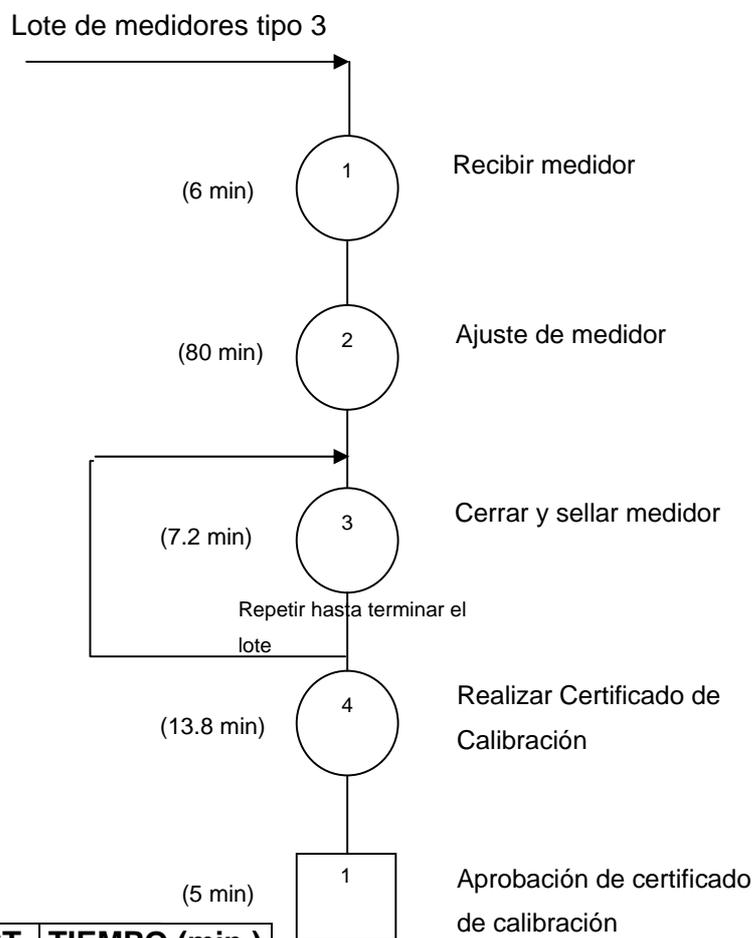
Figura 28. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 2



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	4	79,6
Inspecciones	1	5
Total	5	84,6

Fuente: Autores de proyecto

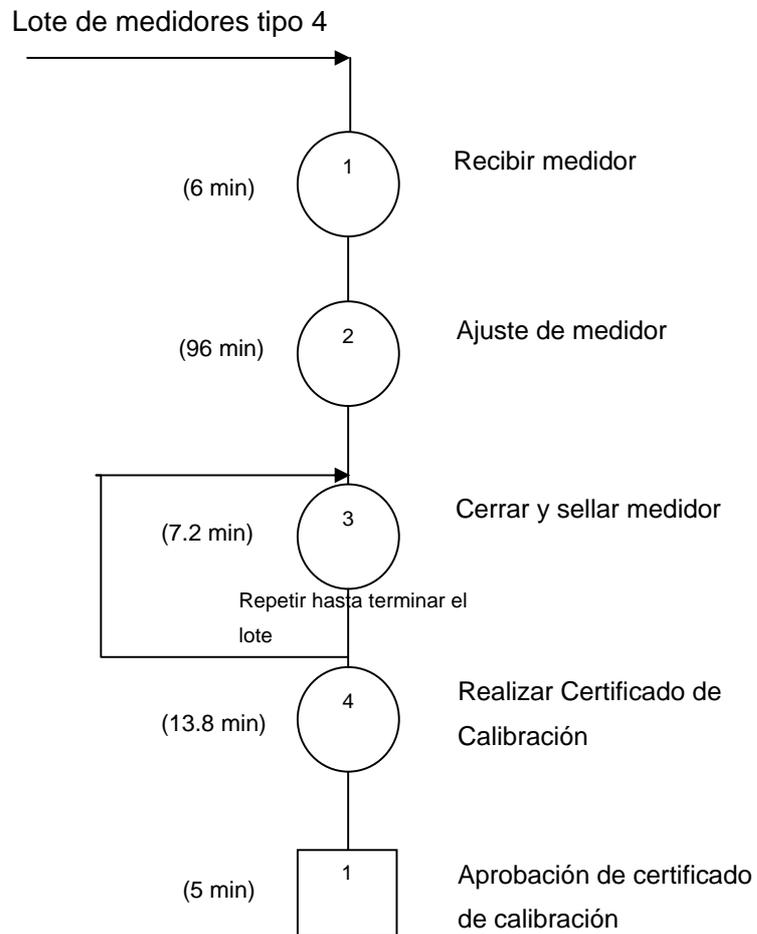
Figura 29. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 3



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	4	107
Inspecciones	1	5
Total	5	112

Fuente: Autores de proyecto.

Figura 30. Diagrama de operaciones ajuste de medidores nuevos tipo 4



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	4	123
Inspecciones	1	5
Total	5	128

Fuente: Autores de proyecto.

Con el análisis del diagrama de flujo del proceso de ajuste de medidores nuevos, se puede considerar que este es de múltiples etapas, ya que tiene diversos grupos de actividades que están vinculadas por medio de diferentes flujos.

Teniendo en cuenta el diagrama operación del proceso de ajuste de medidores nuevos en cada una de sus etapas, se puede establecer que recibir medidores, cierre y sellado, realizar y aprobar certificado se desarrollan bajo los mismos tiempos de operación. Para el caso de las etapa de ajuste se hace necesario diferenciar si los medidores son de tipo 1, 2, 3 y 4, debido a que estas operaciones aumentan o disminuyen de acuerdo a las características técnicas de cada medidor (ver anexo E y G).

El uso de los recursos del laboratorio de la Medida para el proceso de ajuste de medidores nuevos en un turno de trabajo de 8 horas es el siguiente, teniendo en cuenta los tipos de medidor:

Ajuste de tipo 1: se cuenta con 1 equipo Qualytest, 1 fuente auxiliar de precalentamiento, 1 fuente de marcha en vacío y arranque, 1 bastidor de 40 posiciones, 1 técnico y 1 auxiliar cuya producción es de 400 medidores promedio.

Ajuste de tipo 2: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente Landis, 1 técnico y 1 auxiliar cuya producción es de 180 medidores promedio.

Ajuste de tipo 3: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente Landis, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 120 medidores promedio.

Ajuste de tipo 4: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente Landis, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 100 medidores promedio.

Cierre y sellado tipo 1 y 2: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 243 medidores promedio.

Cierre y sellado tipo 3 y 4: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 200 medidores promedio

Teniendo en cuenta estos cálculos se determina que el cuello de botella más representativo se está presentando en la etapa de cierre y sellado, sin ser de menor importancia el presentado en la etapa de calibración.

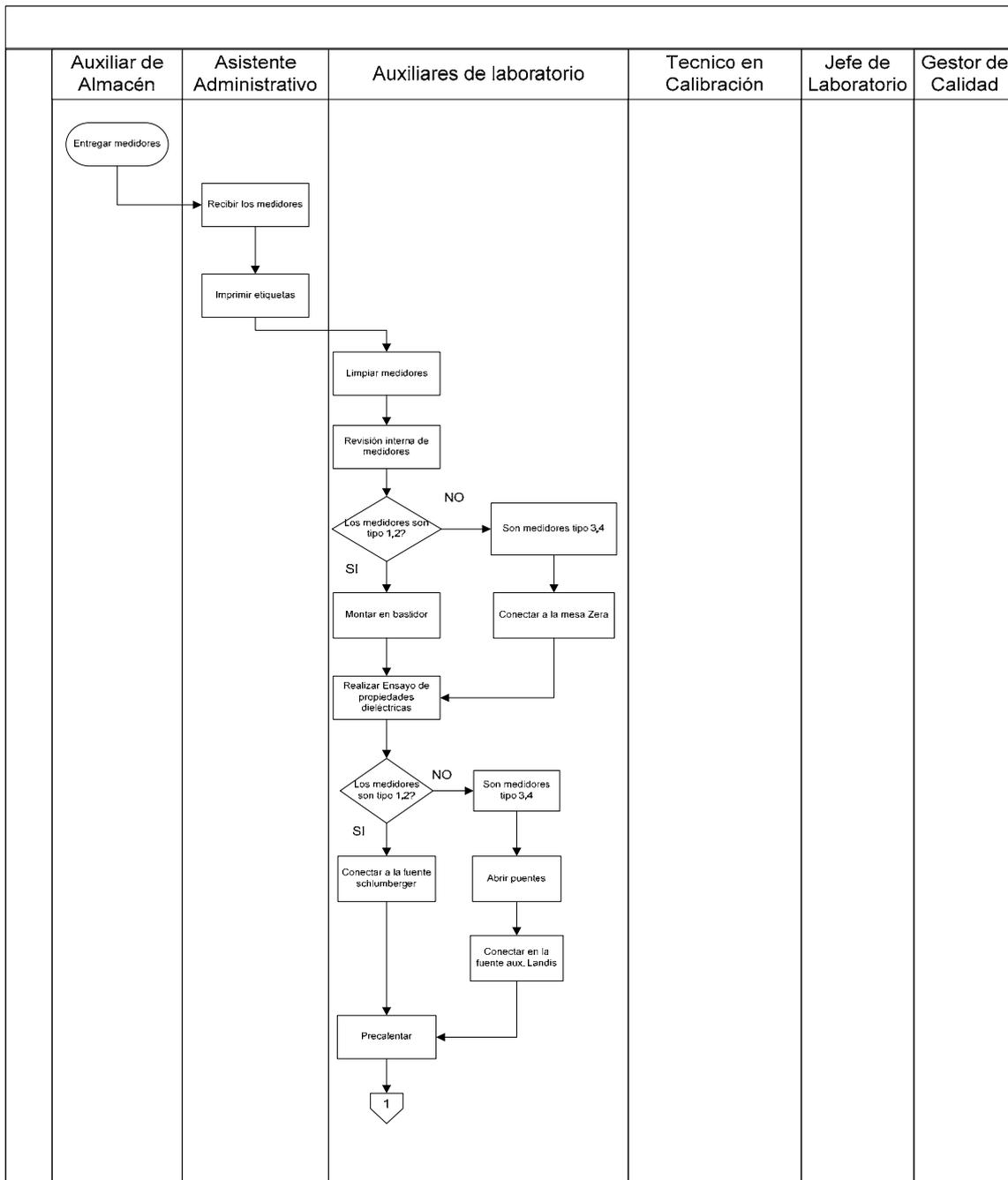
De acuerdo a las observaciones en sitio realizadas al proceso se puede describir las siguientes situaciones:

Los tiempos de la realización de los ensayos depende del tipo de medidor ya que según lo establecen las normas técnicas utilizadas y aplicables a este tipo de actividades, en algunos ensayos el tiempo varía de acuerdo a las características técnicas de los medidores.

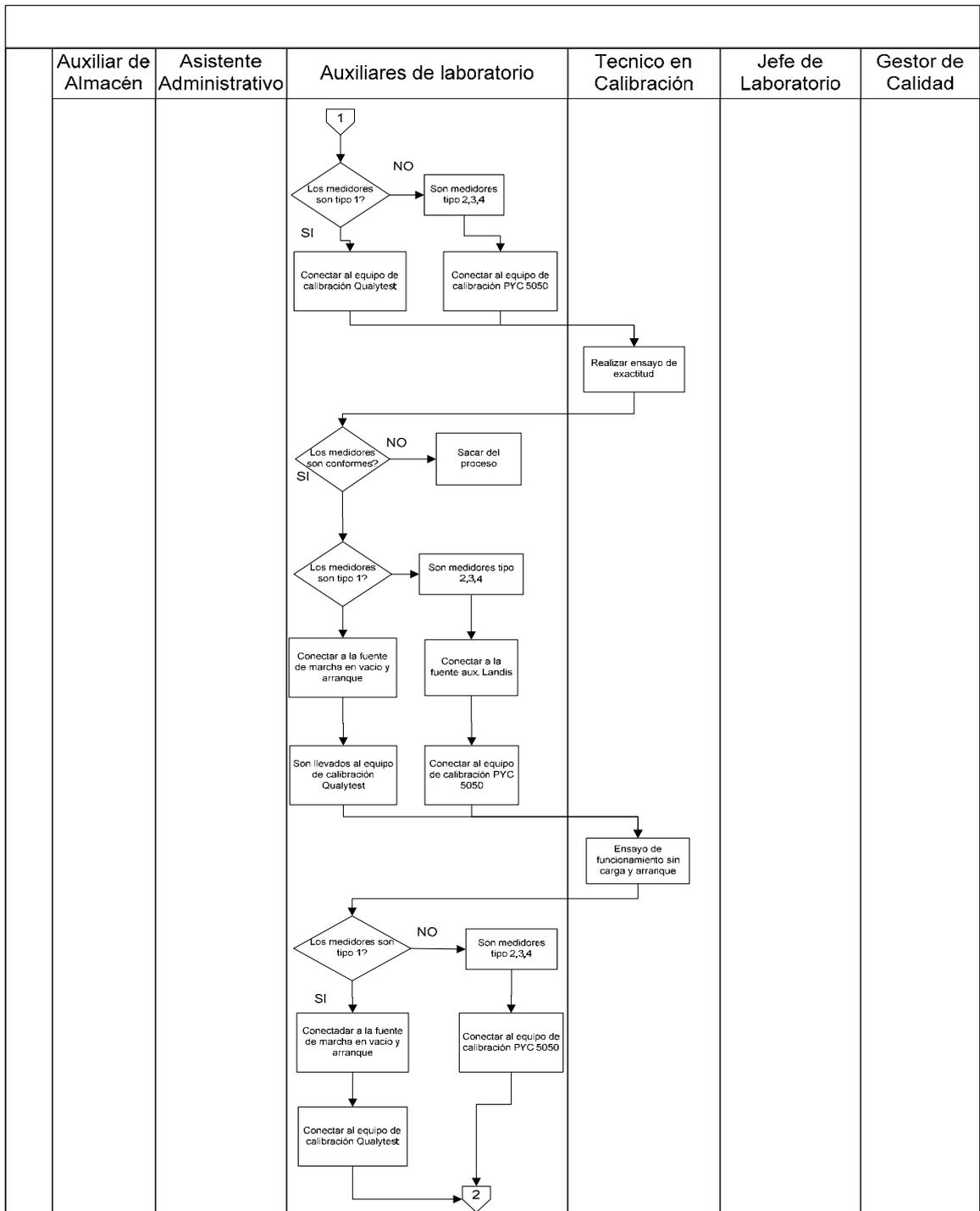
Actividades como la realización del certificado de calibración se realiza de forma manual por medio de una macro en Excel, ya que el sistema de información de medidores SIGME no está aun habilitado para el ingreso de datos de medidores nuevos, lo cual genera en algunas ocasiones el estancamiento de certificados de calibración en espera de ser realizados ya que esto le demanda mas Tiempo a los Técnicos de calibración y en varias ocasiones no se realizan el mismo día del procesamiento.

4.3.4 Ajuste de Medidores usados:

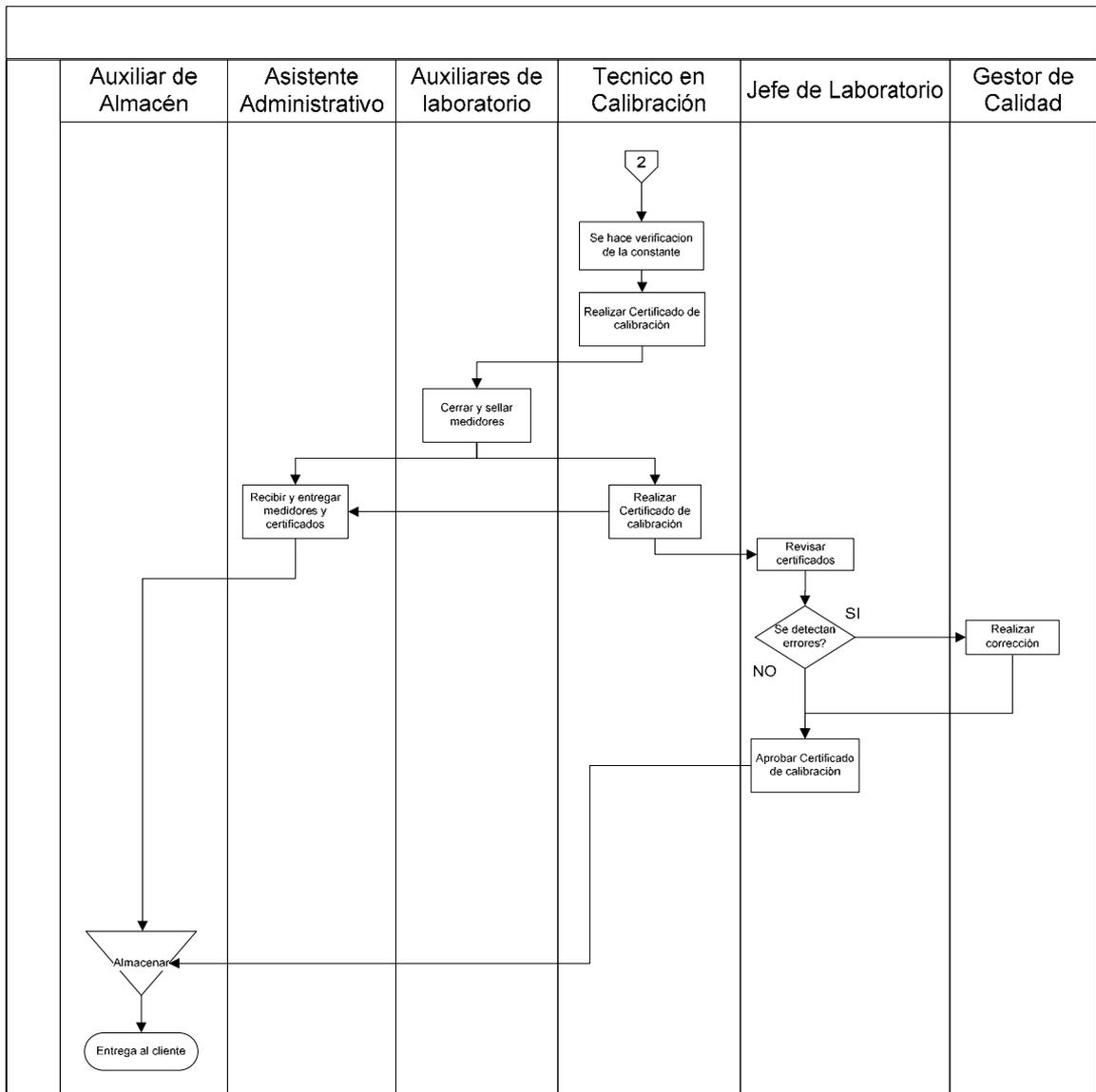
Figura 31. Diagrama de flujo ajuste de medidores usados



Fuente: Autores de proyecto.

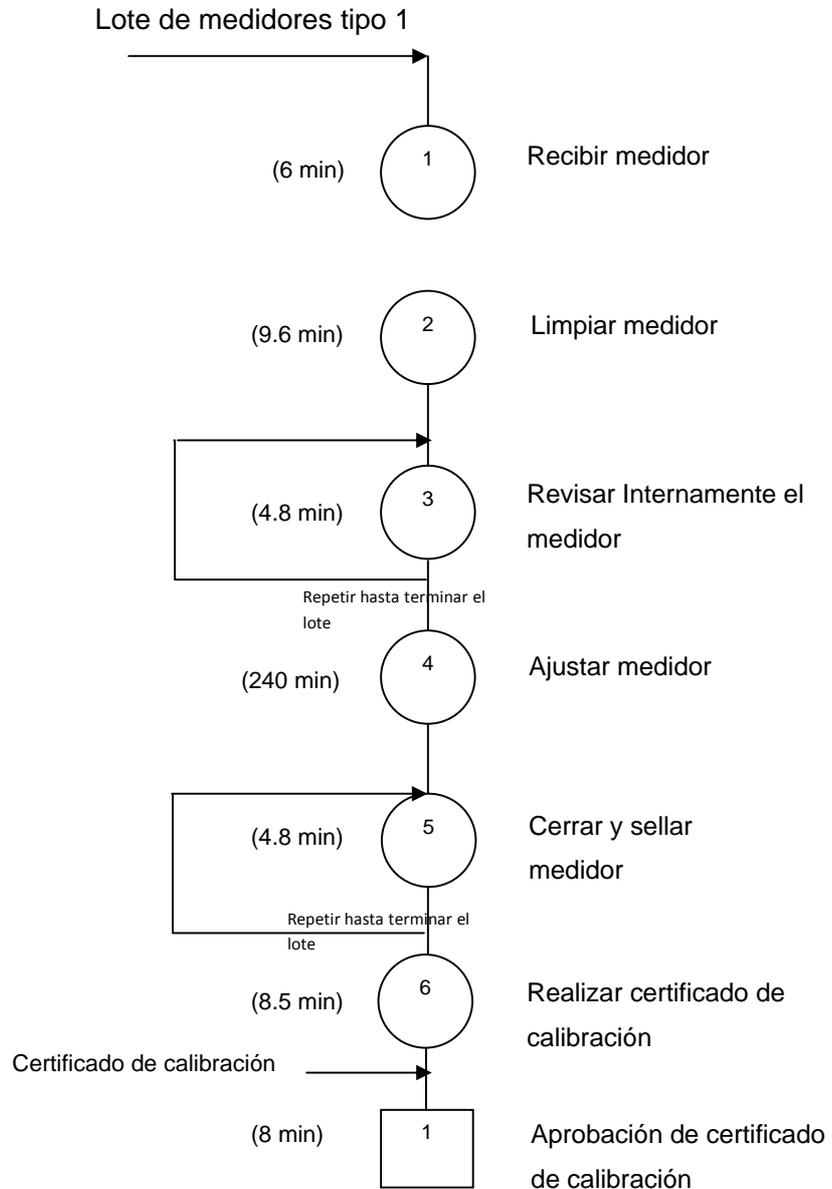


Fuente: Autores de proyecto.



Fuente: Autores del proyecto.

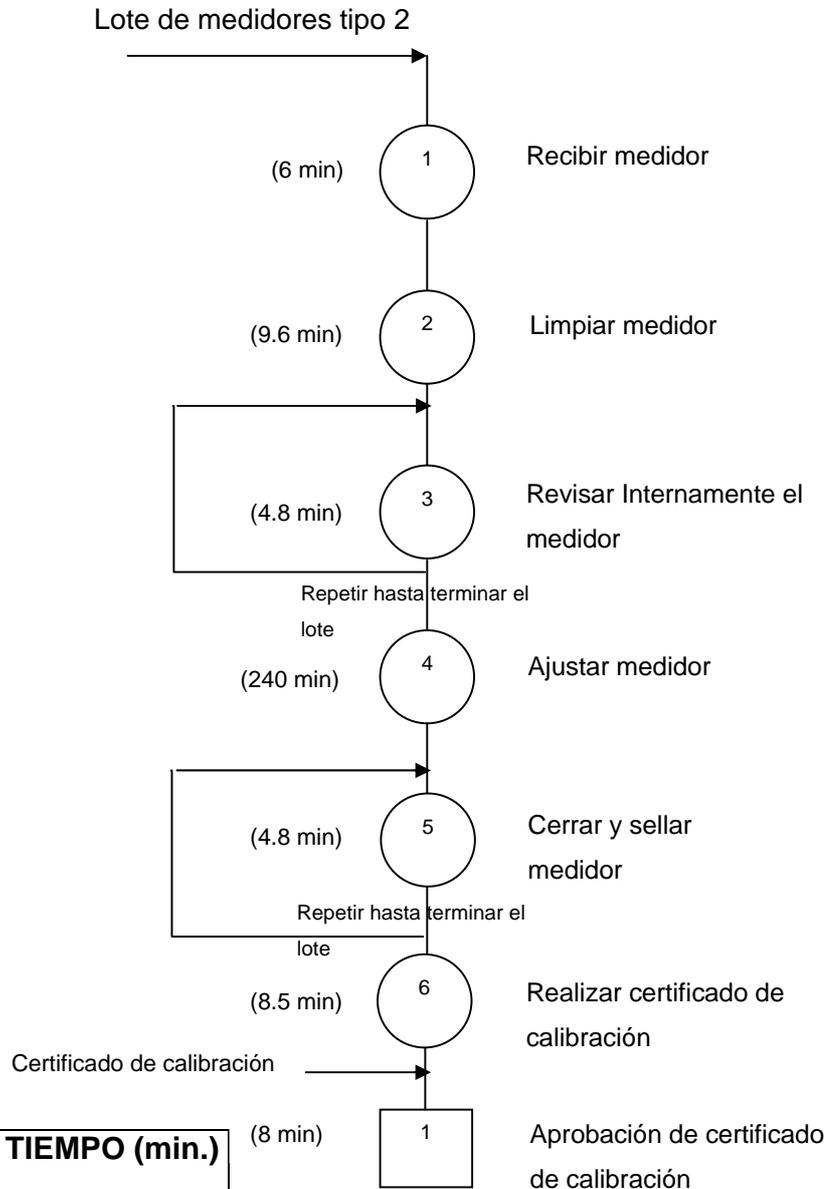
Figura 32. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 1



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	272,7
Inspecciones	1	8
Total	7	280,7

Fuente: Autores del proyecto

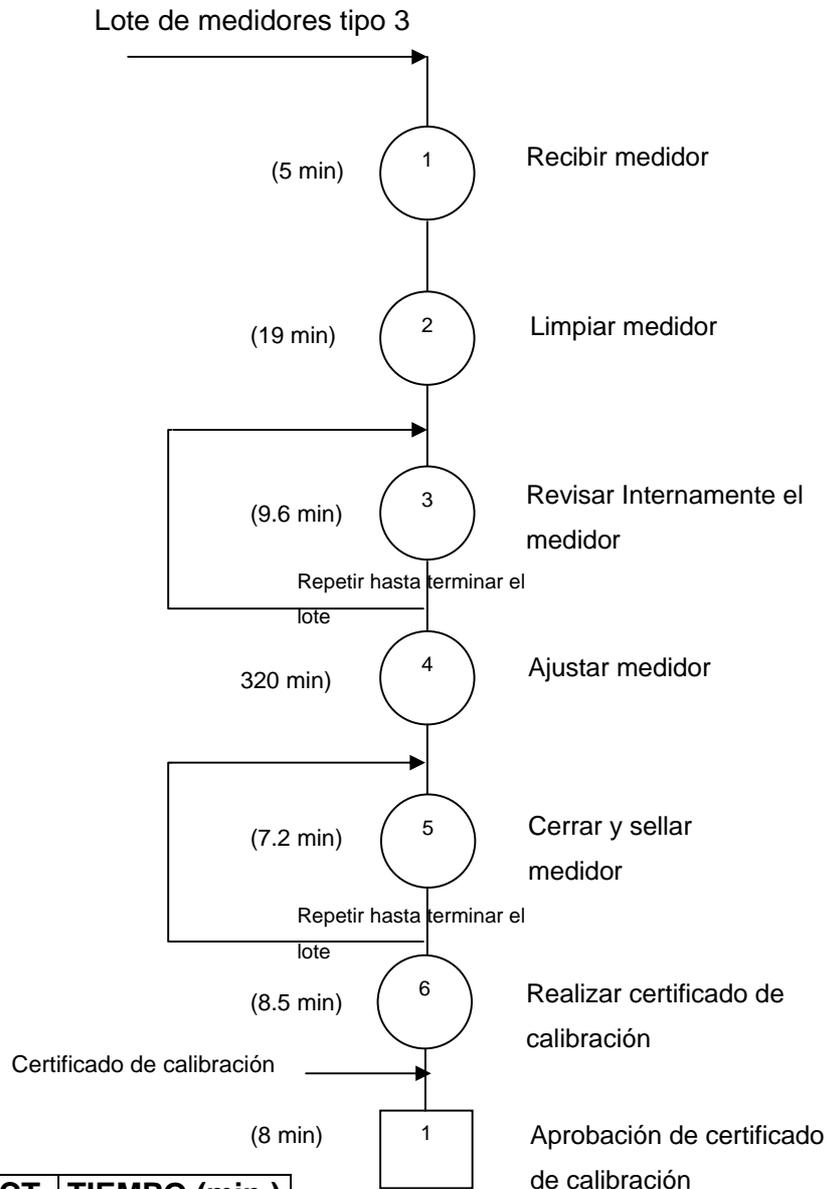
Figura 33. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 2



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	272,7
Inspecciones	1	8
Total	7	280,7

Fuente: Autores de proyecto.

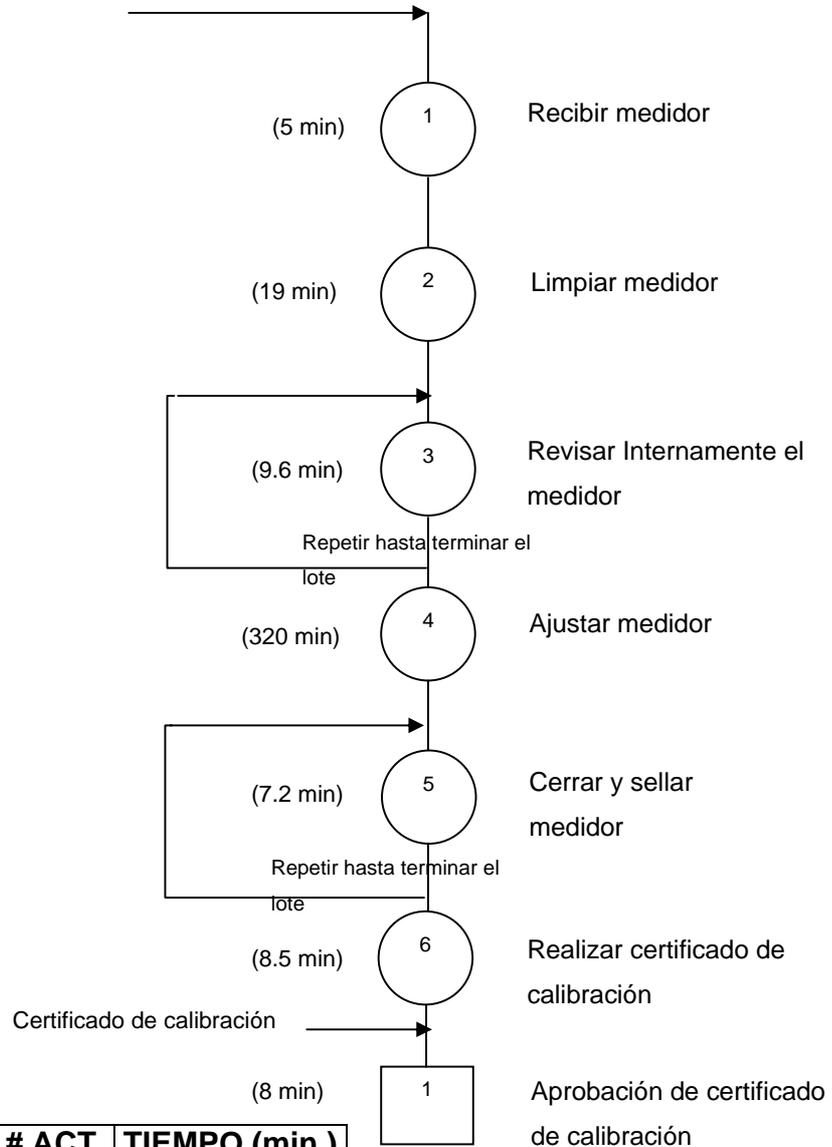
Figura 34. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 3



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	376.5
Inspecciones	1	8
Total	7	384.5

Fuente: Autores de proyecto.

Figura 35. Diagrama de operaciones ajuste de medidores usados tipo 4
Lote de medidores tipo 4



ACTIVIDAD	# ACT.	TIEMPO (min.)
Operaciones	6	376,5
Inspecciones	1	8
Total	7	384,5

Fuente: Autores de proyecto.

Con el análisis del diagrama de flujo del proceso de ajuste de medidores usados, se puede considerar que este es de múltiples etapas, ya que tiene diversos grupos de actividades que están vinculadas por medio de diferentes flujos.

Teniendo en cuenta el diagrama operación del proceso de ajuste de medidores usados en cada una de sus etapas, se puede establecer que recibir medidores, realizar y aprobar certificado se desarrollan bajo los mismos tiempos de operación. Para el caso de las etapa de limpiar medidores, revisión interna, Ajuste y cerrar y sellar se hace necesario diferenciar si los medidores son de tipo 1, 2, 3 y 4, debido a que estas operaciones aumentan o disminuyen de acuerdo a las características técnicas de cada medidor (ver anexo E y G).

El uso de los recursos del laboratorio de la Medida para el proceso de calibración de medidores nuevos en un turno de trabajo de 8 horas es el siguiente, teniendo en cuenta los tipos de medidor:

Limpiar medidores tipo 1 y 2: se asignan 2 auxiliares cuya producción 100 medidores promedio.

Limpiar medidores tipo 3 y 4: se asignan 2 auxiliares cuya producción 50 medidores promedio.

Revisión interna tipo 1 y 2: se asigna 1 auxiliar cuya producción es de 100 medidores promedio.

Revisión interna tipo 3 y 4: se asigna 1 auxiliar cuya producción es de 50 medidores promedio.

Ajuste de tipo 1: se cuenta con 1 equipo Qualytest, 1 Fuente auxiliar de precalentamiento, 1 fuente auxiliar de marcha en vacío y arranque, 1 túnel de rigidez, 1 bastidor de 40 posiciones, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 40 medidores promedio.

Ajuste tipo 2: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente de precalentamiento Landis, 1 mesa de rigidez Zera, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 40 medidores promedio.

Ajuste de tipo 3: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente de precalentamiento Landis, 1 mesa de rigidez Zera, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 30 medidores promedio.

Ajuste de tipo 4: se cuenta con 1 equipo PYC 5050, 1 fuente de precalentamiento Landis, 1 mesa de rigidez Zera, 1 auxiliar y 1 técnico cuya producción es de 30 medidores promedio.

Cerrar y sellar tipo 1 y 2: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 300 medidores promedio.

Cerrar y sellar tipo 3 y 4: se asignan 3 auxiliares cuya producción es de 198 medidores promedio.

Teniendo en cuenta estos cálculos se determina que el cuello de botella más representativo se está presentando en la etapa de ajuste, debido a que las etapas predecesoras tienen una capacidad de producción mayor.

De acuerdo a las observaciones en sitio realizadas al proceso se puede describir las siguientes situaciones:

En las observaciones hechas al proceso de ajuste de medidores usados se detectó que es el más complejo después del proceso de calibración de medidores usados. Las actividades que toman mayor tiempo son la de realización del ajuste. Los tiempos de la realización de los ensayos depende del tipo de medidor ya que según lo establecen las normas técnicas utilizadas y aplicables a este tipo de actividades, en algunos ensayos el tiempo varía de acuerdo a las características técnicas de los medidores.

Actividades como la realización del certificado de calibración se realiza de forma manual por medio de una macro en Excel, ya que el sistema de información de medidores SIGME no está aun habilitado para el ingreso de datos de medidores usados, lo cual genera en algunas ocasiones el estancamiento de certificados de calibración en espera de ser realizados ya que esto le demanda mas Tiempo a los Técnicos de calibración y en varias ocasiones no se realizan el mismo día del procesamiento.

Para realizar las diferentes procesos el laboratorio cuenta con los mismos recursos (mano de obra y maquinas), la calibración de medidores usados es el servicio solicitado con mas frecuencia y por ende es el que siempre se esta realizando en el laboratorio. Para el caso de calibración de medidores nuevos y ajuste de nuevos y usados su solicitud es eventual y cuando ocurre el laboratorio se ve en la necesidad de reprogramar su producción y reasignar los recursos para realizar todos procesos simultáneamente, lo que provoca demoras o mayores tiempos de espera en cada uno de ellos.

5. PLAN DE MEJORAMIENTO A LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE MEDIDORES

Reducción del tiempo de procesamiento

Los procesos críticos están sujetos a la bien conocida regla de que el tiempo es dinero. Por ejemplo, cuanto mas tiempo espere un cliente, más probabilidades hay de que cambie a otro proveedor. Cuanto mas tiempo permanezca el material e inventario, mayor es el costo de la inversión. Por desgracia los procesos críticos a menudo dependen de recursos limitados específicos, lo que da como resultado cuellos de botella⁴⁸.

Existen algunas formas de reducir el tiempo de un proceso que no requiere la compra de un nuevo equipo y a menudo resulta apropiada una combinación de ideas que a continuación se relacionan.

Desempeñar actividades en paralelo⁴⁹. La mayoría de los pasos de un proceso se desempeñan en secuencia. Un método en serie determina que el tiempo de rendimiento para todo el proceso sea la suma de los pasos individuales mas el tiempo de transporte y de espera entre los pasos.

Cambiar la secuencia de las actividades⁵⁰. Los documentos y los productos a menudo se transportan de un lado a otro en las maquinas, los departamentos, los edificios, etc. Si puede alterarse la secuencia de algunas actividades, es posible llevar a cabo un gran parte del procesamiento en un solo lugar.

⁴⁸ CHASE, Richard; JACOBS F. Robert y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: McGraw Hill, 2005. P. 130

⁴⁹ *Ibíd.*, P. 131

⁵⁰ *Ibíd.*, P. 131

Reducir las interrupciones⁵¹. Muchos procesos se desempeñan con intervalos relativamente grandes.

5.1 ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS

Durante este capítulo se diseñará el plan de mejoramiento de los procesos de calibración y ajuste de medidores nuevos y usados, con miras a la disminución del tiempo de procesamiento de los medidores.

5.1.1 Calibración de Medidores Nuevos

a) Establecer un área de trabajo para el desembalaje de medidores nuevos, se recomienda usar las mesas de trabajo ubicadas en el área de condiciones técnicas y que actualmente son utilizadas para la etapa de cierre y sellado de medidores, para disponer de un mejor sitio de trabajo para el desembalaje, teniendo en cuenta la disponibilidad de estas. En caso de no estar disponibles estas mesas, se sugiere usar el área de limpieza de medidores usados.

Beneficio:

El beneficio de esta acción se verá reflejado en la organización del trabajo y prevención de daños por caída de medidores, manteniendo en buen estado la propiedad del cliente.

Según los registros de no conformidades del Sistema de Gestión del Laboratorio, en el año 2009 se presentaron 3 accidentes con medidores electrónicos nuevos por esta causa, generándole una pérdida a la empresa de \$2.900.000.

⁵¹ CHASE, Richard; JACOBS F. Robert y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: McGraw Hill, 2005. P. 131

b) Habilitar un punto neumático en el área de condiciones técnicas para la instalación de un destornillador neumático que facilite el levantamiento de tornillos del bloque de terminales durante el desembalaje de los medidores nuevos.

Beneficio:

Reducción del tiempo de desembalaje y por ende disminución de horas hombres en la realización de esta actividad, pudiendo utilizar el tiempo restante en actividades críticas como el desembalaje o desarme de medidores usados.

En proceso similar del laboratorio, se implementó esta mejora obteniendo como resultado una liberación de recurso del 30% diario; es decir, se pasó de invertir 4 horas en este proceso a 1,6 horas. El beneficio económico se obtiene por la liberación de recurso equivalente al 30% de la compensación mensual total:

$$BE = (\$1'373.662 \times 30\%) = \$412.000 \text{ mensuales.}$$

c) Habilitar en el Sistema de Gestión de Medidores (SIGME), el modulo para el ingreso de información de las diferentes etapas del proceso de calibración de medidores nuevos, teniendo en cuenta lo desarrollado en el proceso de calibración de medidores usados.

Beneficio:

Disminución del tiempo de realización de certificados de calibración, mayor control en la organización de la información, conocimiento en tiempo real de la ubicación en la etapa del proceso de cada medidor.

Según los reportes de actividades diarias del personal el Técnico de Calibración se toma una hora de su turno para realizar los certificados del grupo de medidores procesados. El beneficio económico con la aplicación de esta acción se obtiene por la liberación de recurso equivalente al 12,5% de la compensación mensual total:

$$BE = (2\,762.009 \times 12,5\%) = \$345.251 \text{ mensuales}$$

5.1.2 Calibración de Medidores Usados

El mejoramiento del proceso de calibración de medidores usados y por ende la disminución del tiempo de procesamiento para lograr cumplir con los tiempos establecidos en el contrato, contribuirán a reducir o controlar las pérdidas de energía ya que una vez detectada la irregularidad la empresa tiene que comunicarle al cliente dentro de los siguientes 30 días, el inicio del proceso, so pena de comenzar a perder "meses" para cobrar la energía consumida dejada de facturar. Es decir, en el marco del artículo 150 de la Ley 142-94 (Ver anexo H), se establece que la empresa solo puede cobrar "hacia atrás" 5 meses. Si no se informa antes de los 30 días al cliente la empresa tendrá que liquidar la energía consumida dejada de facturar en menos tiempo (menos de los 5 meses que establece la ley).

a) Eliminación del método establecido de "esperar completar la revisión interna de un lote para pasarlo a calibración". Esto se puede hacer ya que en el área de calibración no se trabaja o se procesan los medidores por lote si no por características técnicas ya que así lo requieren los equipos, es decir se deben calibrar medidores simultáneamente de una misma tensión, corriente, clase, energía, y tipo.

Beneficio:

Optimización de la utilización de los equipos de calibración ya que de esta forma se podrán hacer montadas completas y como resultado se tendrá mayor número de medidores calibrados por turno.

El cálculo del beneficio económico puede ser establecido bajo una simulación por medio de una herramienta especializada, para este estudio no se contempla dada la complejidad de su naturaleza.

b) Para el desarme se recomienda un auxiliar adicional para apoyo en un turno.

Beneficio:

Disminución del tiempo de espera entre las etapas de calibración y desarme, lo que se vería reflejado en un aumento en la producción diaria. Teniendo en cuenta los cálculos realizados anteriormente donde vemos que en un turno de 8 horas se desarma en promedio 60 medidores y que actualmente el laboratorio trabaja las 24 horas y se desarman diariamente en promedio 180 medidores, con una persona adicional se espera que en promedio se desarmen 240 medidores.

Llevando estas producciones a un mes donde los días productivos son 24, se obtiene:

$$180 \text{ med/día} \times 24 \text{ días} = 4320 \text{ med}$$

$$240 \text{ med/día} \times 24 \text{ días} = 5760 \text{ med}$$

$$5760 \text{ med} - 4320 \text{ med} = 1440 \text{ med}$$

Podría decir que en el mes se incrementará la producción de esta área en 1440 medidores, y que probablemente la producción mensual total aumente en esa misma proporción ya que esta es la actividad que menos medidores produce diariamente, es decir la restricción del proceso.

Hablando en términos financieros y suponiendo que estos 1440 sean medidores tipo 1 cuya tarifa es de \$24.460 (Ver anexo J), la cual es la más baja entre los tipos de medidores, se puede decir que mensualmente esto representa un aumento en los ingresos de:

1440 med x \$12.230 = \$35.222.400, según datos estadísticos de los informes financieros publicados en la intranet corporativa el último año se ha tenido una utilidad del 20% de las tarifas pactadas, luego entonces el beneficio económico de esta acción es:

$$BE = (\$35.222.400 - \$35.222.400 / 1,2) = \$5'870.400$$

c) Establecer que la persona autorizada y calificada, que es el Técnico suplente, apruebe los certificados de calibración, cuando el Jefe de Laboratorio se encuentre ausente.

Beneficio:

Disminución del tiempo entre la calibración y la aprobación y por ende disminución del tiempo total de procesamiento.

Este beneficio es solo casual y no se calcula por que no genera un gran impacto.

5.1.3 Ajuste de medidores nuevos

a) Habilitar en el Sistema de Gestión de Medidores (SIGME), el modulo para el ingreso de información de las diferentes etapas del proceso de ajuste de medidores nuevos, teniendo en cuenta lo desarrollado en el proceso de calibración de medidores usados.

Beneficio:

Disminución en el tiempo de realización del certificado, mayor control en la organización de la información, conocimiento en tiempo real de la ubicación en la etapa del proceso de cada medidor.

El beneficio económico fue calculado en el numeral 5.1.1

5.1.4 Ajuste de medidores usados

a) Habilitar en el Sistema de Gestión de Medidores (SIGME), el modulo para el ingreso de información de las diferentes etapas del proceso de ajuste de medidores usados, teniendo en cuenta lo desarrollado en el proceso de calibración de medidores usados.

Beneficio:

Disminución en el tiempo de realización del certificado, mayor control en la organización de la información, conocimiento en tiempo real de la ubicación en la etapa del proceso de cada medidor.

El beneficio económico fue calculado en el numeral 5.1.1

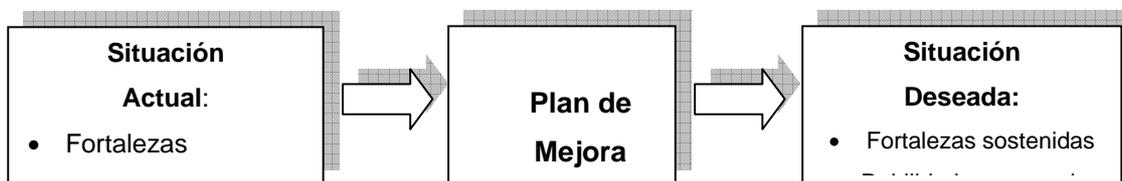
Recomendación General

Organizar y programar la producción de acuerdo al orden de las solicitudes de servicio, ya que generalmente se para la producción de usados en el área de calibración para dar entrada a los nuevos sin tener en cuenta el orden de la solicitud.

5.2 PROYECTO PLAN DE MEJORA

5.2.1 Objetivos del Plan de mejora

La meta u objetivo es orientar las acciones requeridas para eliminar las debilidades determinadas y sus causas, sin alterar las fortalezas conseguidas. Es decir, el plan de mejora es un medio conceptual y una guía para actuar según lo que se requiere, con el fin de modificar el estado actual del sistema, por un futuro de mejor calidad, conservando las fortalezas.



El marco de referencia o línea base en que se fundamenta el plan de mejoramiento, priorizará el tratamiento de las debilidades o necesidades señaladas por la evaluación y las causas o condiciones que las propician.

5.2.2 Definición del alcance

El alcance del proyecto del plan de mejora para el Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P., consta de lo siguiente:

Alcance	Entregables
Establecer área de desembalaje de medidores nuevos	Procedimiento de desembalaje de medidores nuevos modificado y aprobados por el Jefe de Laboratorio.
Habilitar punto de aire en el área de condiciones técnicas	Sistema de aire operativo en dicha área
Habilitar en el SIGME el modulo para	Registro de cambio implementado por

calibración de medidores nuevos y ajuste de medidores nuevos y usados.	el área de T&S, probado y evaluado.
Modificación del procedimiento de revisiones internas.	Procedimiento modificado y aprobado por el Jefe de Laboratorio.
Aumentar el recurso humano en la actividad de desarme	Persona contratada
Establecer respaldo en la aprobación de certificados de calibración.	Procedimiento de aprobación modificado y aprobado por el Jefe de Laboratorio.

5.2.3 Resumen de planes del proyecto de implementación de mejoras

Objetivo: Disminuir el tiempo de procesamiento							
Debilidad o necesidad	Actividad	Tareas	Mano de Obra	Inversión	Infraestructura	Duración	Responsable
No hay área establecida para el desembalaje de medidores nuevos	Establecer área de desembalaje de medidores nuevos	1.1 Listar las actividades actualmente realizadas en las mesas y en el área 1.2 Definir si pueden realizarse juntas, y si el espacio es suficiente 1.3 Aprobación del estudio por parte de la Jefatura	Propia: Tecnólogos Ingenieros del Laboratorio	\$0	Actual, sin necesidad de modificaciones	2 semanas	Jefe de Laboratorio Comité de Calidad
Utilización de destornillador neumático para disminuir el tiempo de desembalaje de medidores nuevos	Habilitar punto de aire en el área de condiciones técnicas	1.1 Cotizar materiales necesarios 1.2 Verificar que el personal de servicios generales de la Empresa esté capacitado para realizar la actividad	Propia: Tecnólogos Ingenieros del Laboratorio Personal del área de Servicios Generales	\$3.000 (Ver anexo I)	Actual, sin necesidad de modificaciones	3 semanas	Jefe de Laboratorio Comité de Calidad Asistente Administrativo

Objetivo: Disminuir el tiempo de procesamiento							
Debilidad o necesidad	Actividad	Tareas	Mano de Obra	Inversión	Infraestructura	Duración	Responsable
		1.3 Aprobación por parte de la Jefatura 1.4 Conseguir la aprobación para solicitar la compra de los materiales 1.5 Compra de Materiales 1.6 Habilitación del punto y destornillador neumático					
Realización manual de los certificados de calibración de los medidores nuevos calibrados, usados y nuevos ajustados.	Habilitar el modulo en el SIGME el modulo para calibración de medidores nuevos y ajuste de medidores nuevos y usados.	1.1 Realizar y enviar listado de necesidades que se deberán incluir en el SIGME para ingresar la información 1.2 Realizar pruebas para verificar modificaciones	Propia: Ingenieros del Laboratorio Programador del área de T&S de la empresa	\$0	Actual, sin necesidad de modificaciones	12 semanas	Jefe de Laboratorio

Objetivo: Disminuir el tiempo de procesamiento							
Debilidad o necesidad	Actividad	Tareas	Mano de Obra	Inversión	Infraestructura	Duración	Responsable
Optimizar la eficiencia de los equipos de calibración	Modificación del procedimiento de revisiones internas.	1.1 Realizar simulación del proceso	Propia: Técnicos, Tecnólogos Ingenieros del Laboratorio	\$ 0	Actual, sin necesidad de modificaciones	8 semanas	Jefe de Laboratorio
Aumentar la capacidad de desarme	Aumentar el recurso humano en la actividad de desarme	1.1 Hacer requerimiento al área de RRHH	Contratada: Asociado Comercial	\$1.373.662 (Fuente: Nomina enviada por la Cooperativa)	Actual, sin necesidad de modificaciones	4 semanas	Jefe de Laboratorio Área de Recursos Humanos
Disminuir el tiempo de espera de certificados para aprobación	Establecer respaldo en la aprobación de certificados de calibración.	1.1 Hacer consulta con superiores 1.2 Solicitar cambio de perfil de SIGME a persona de apoyo	Propio: Ingeniero del Laboratorio	\$0	Actual, sin necesidad de modificaciones	1 semana	Jefe de Laboratorio Asistente Administrativo

5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA

ACTIVIDADES	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Establecer área de desembalaje de medidores nuevos	■	■														
Habilitar punto de aire en el área de condiciones técnicas			■	■	■	■										
Habilitar el modulo en el Habilitar en el SIGME el modulo para calibración de medidores nuevos y ajuste de medidores nuevos y usados.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Modificación del procedimiento de revisiones internas.									■	■	■	■	■	■	■	■
Aumentar el recurso humano en la actividad de desarme	■	■	■	■												
Establecer respaldo en la aprobación de certificados de calibración.	■															

CONCLUSIONES

Las acciones propuestas en este proyecto fueron hechas con el objetivo de no generar en grandes inversiones, como compras de equipos costosos o cambios en la infraestructura del Laboratorio.

Basándose en los resultados de los análisis y las evaluaciones de los procesos de calibración y ajuste de medidores, se puede concluir que el Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. presenta cuatro problemas básicos que causan impactó negativo en el proceso aumentando los tiempos de respuesta y que por ende inciden en el incumplimiento a los clientes:

Manejo ineficiente de la información, por causa de la inexistencia en el Sistema de Gestión de Medidores (SIGME), de un modulo para ingresar la información de placa, la resultante de las pruebas realizadas a los medidores nuevos calibrados y ajustados y a los medidores usados ajustados. Esto trae como consecuencia demoras en la realización de los certificados de calibración de los medidores ya que la información se carga de forma manual en una macro de Excel y no automática, lo que genera en muchas ocasiones errores y tiempos extras, ya que en ocasiones la macro no funciona de forma adecuada.

Falta de establecimiento de áreas de trabajo, por no haberse establecido áreas para realizar actividades como el desembalaje de medidores nuevos y el alistamiento de medidores usados para ajuste, estas se realizan en sitios improvisados. El desembalaje de medidores nuevos el cual incluye levantamiento de tornillos del bloque de terminales se realiza con destornillador manual la mayoría de las veces haciendo esta actividad más lenta. El destornillador

neumático disponible esta en el área de limpieza la cual no tiene las mesas adecuadas ni el espacio suficiente para el desembalaje de los medidores.

Personal insuficiente para el desarme de medidores usados, Una de las actividades que generan más restricciones al proceso de calibración de medidores usados es la del desarme, ya que de calibración salen más medidores de los que desarme puede procesar por turno. La programación de solo una persona por turno para realizar esta actividad y la capacidad de procesamiento de esta, genera largas colas de carros con medidores por desarmar, los cuales en ocasiones son desarmados hasta 3 días después de haber sido calibrados.

Plan de producción no acorde al orden de llegada de las solicitudes de servicio, cuando se reciben solicitudes para calibrar nuevos, ajustar nuevos o calibrar usados, se asignan recursos a estos procesos, dejando la calibración de los medidores usados que ya estaban en proceso detenidos en ciertas etapas generando demoras que terminan con incumplimientos en los tiempo establecidos en el contrato con el cliente.

Se recomienda realizar un estudio de tiempos más detallado en el Laboratorio de medida determinando el tiempo tipo, así como también la aplicación de una técnica de estimación que permita conocer cuantas muestras de tiempos son necesario tomar para determinar con mayor confiabilidad o menor grado de error el tiempo tipo promedio de realización de cada etapa en los procesos de calibración y ajuste de medidores nuevos y usados.

Las acciones propuestas ayudarían a solucionar o minimizar los tiempos de los procesos, por lo tanto se entrega propuesta de un plan de implementación para realizar cada actividad necesaria para superar los problemas presentes.

BIBLIOGRAFIA

Normativa Sistema de Gestión de Calidad, Laboratorio de la Medida de ELECTRICARIBE S.A E.S.P. Edición 5 – Versión 2

GUILTINAN, Joseph P. y GORDON, Paul. Administración de Marketing. México: Pearson, 2004.

Decreto 2269 de 1993 – Organización del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología – Ministerio de Desarrollo Económico – Superintendencia de Industria y Comercio - República de Colombia.

HOROVITZ, Jacques. La calidad del servicio – A la conquista del cliente. Bogotá: McGraw Hill, 1994.

Norma ISO 9000:2002

CHASE, Richard; JACOBS F. Robert y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: Mc Graw Hill, 2005.

PEREZ, Emilio y MUNERA, Francisco. Reflexiones para implementar un sistema de gestión de calidad (ISO 9000:2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria. Universidad Cooperativa de Colombia, 2007.

WALTON, Mary. El método Deming en la práctica. Bogotá: Norma, 2004.

MIRANDA G., Francisco y CHAMORRO, ANTONIO. Introducción a la Gestión de Calidad. Madrid: Delta, 2007.

GUTIERREZ, Mario. Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de calidad. México: Limusa, 2004.

OROZCO, Fernando; Control de calidad. Bogotá: Universidad Tecnológica de Pereira. 1980.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos. EE.UU: Newtown Square Pennsylvania, 2004

ANEXOS