

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROPUESTA PARA EL DESARROLLO ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO
DEL LABORATORIO DE FLUJO DE AGUA DEL INSTITUTO
COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (AYA), QUE
PERMITA CUMPLIR LOS REQUISITOS TÉCNICOS Y NORMATIVOS
ESTABLECIDOS POR LA AUTORIDAD REGULADORA DE SERVICIOS
PÚBLICOS (ARESEP) RESPECTO A LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS
DE CALIBRACIÓN DE LOS MEDIDORES DE AGUA.

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión
del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Industrial para optar al grado
y título de Maestría profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en
Administración Industrial

MARÍA GABRIELA VALLEJO ASTÚA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica
2022

Dedicatoria

*“Por grande que sea tu dedicación,
nunca ganas nada por tu propia cuenta”
Rafael Nadal*

Gracias Mami, Papi, Ana, Sil, Luis y Lau, por el apoyo y paciencia durante este proceso.

Agradecimientos

A mi tutor el Dr.-Ing. Alvaro Guillén Mora, por ser más que un profesor, un gran mentor en mi crecimiento profesional.

A mis profesores de la maestría por su dedicación y acompañamiento durante este proceso.

Al personal del Laboratorio de Flujo de Agua del AyA, por abrirme las puertas y darme la confianza de realizar mi proyecto con ustedes.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Administración Industrial.”

Dr. Leonardo Castellón Rodríguez
Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado

Dr. Álvaro Guillén Mora
Profesor Guía

Dr. Ronny Pacheco Segura
Lector

MAE. Manuel Alán Zúñiga, MGP
Lector

Mag. Ileana Aguilar Mata
Directora
Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial

María Gabriela Vallejo Astúa
Sustentante

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
HOJA DE APROBACIÓN.....	IV
RESUMEN.....	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO I. PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA	1
1.1. EL PROBLEMA.....	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.4. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN Y LIMITACIONES	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
2.1. REFERENCIA CONCEPTUAL	6
2.1.1. Desarrollo organizacional administrativo.....	6
2.1.2. Evaluación de gestión de laboratorios.....	8
2.1.3. Sistemas de gestión de la calidad	9
2.1.4. Desarrollo organizacional operativo.....	10
2.2. REFERENCIA CONTEXTUAL	12
2.2.1. Evaluación de gestión de laboratorios.....	12
2.2.2. Sistemas de gestión de la calidad	13
2.2.3. Desarrollo organizacional administrativo y operativo.....	16
2.2.4. Requisitos técnicos y normativos	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.2. DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE ESTUDIO.....	23
3.3. DISEÑO INSTRUMENTAL DEL PROYECTO.....	25
CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y RESULTADOS	27
4.1. FACTORES ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS LIMITANTES	27
4.1.1. Análisis y mapeo de proceso Laboratorio de Flujo de Agua.....	27
4.1.2. Requisitos técnicos y normativos aplicables	50

4.1.3.	Diagnóstico de gestión del Laboratorio de Flujo de Agua	62
4.1.4.	Factores operativos y administrativos con potencial de mejora	93
4.2.	PROPUESTA DE DESARROLLO ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO	96
4.2.1.	Análisis de mejora de proceso en el Laboratorio de Flujo de Agua	96
4.2.2.	Planteamiento de alternativa de solución.....	99
a.	Desarrollo operativo	100
b.	Desarrollo administrativo	110
4.3.	VALIDACIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	124
4.3.1.	CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS Y NORMATIVOS	124
4.3.2.	COMPORTAMIENTO DEL MODELO DE MADUREZ DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS PLANTEADAS	127
4.3.3.	MAPEO DE FLUJO DE VALOR ESTADO FUTURO.....	130
4.3.4.	CRITERIO DEL PANEL DE EXPERTOS RESPECTO A LA VIABILIDAD Y EFICACIA DE LA PROPUESTA PLANTEADA	134
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, LECCIONES APRENDIDAS Y APORTES A LA ACADEMIA ...		137
5.1.	DISCUSIÓN	137
5.1.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO	137
5.1.2.	PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL DESARROLLO ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO DEL LFA 138	
5.1.3.	VALIDEZ DE LA PROPUESTA	141
5.2.	LECCIONES APRENDIDAS	142
5.3.	APORTES Y BENEFICIOS ESPERADOS DE LA INVESTIGACIÓN	142
6.1.	CONCLUSIONES	143
6.2.	RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFÍA.....		147
ANEXOS.....		152

Resumen

El siguiente trabajo final de investigación aplicada presenta los resultados obtenidos del análisis de las oportunidades de mejora desde la perspectiva administrativa y operativa del Laboratorio de Flujo de Agua del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), de manera que sea posible atender a los requisitos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) en lo relacionado a la realización de las pruebas de calibración de los medidores de agua.

La propuesta de desarrollo integral del Laboratorio de Flujo de Agua se basó inicialmente en el diagnóstico del proceso considerando un mapeo de proceso de calibración de medidores de agua, la identificación y análisis de los requisitos técnicos y normativos aplicables a la gestión del Laboratorio. Adicionalmente, se considera un estudio de la gestión actual de este, a través de la aplicación de la herramienta de evaluación del modelo de madurez basado en la Norma INTE/ISO 9004:2018.

El diseño de las alternativas de mejora se desarrolla a partir de los hallazgos de la fase de diagnóstico. Estos incluyen el cierre de la brecha identificada generando en primera instancia un impacto en la demanda actual, así como en mejoras desde el punto de vista de tiempos de proceso y capacidad del proceso, mejoras a nivel de equipamiento, gestión de partes interesadas, planificación del trabajo, medición del desempeño, entre otros.

La validación de la propuesta fue realizada en función de 4 principales mecanismos. El primero de ellos consistió en una evaluación de los requisitos técnicos y normativos aplicables, lo cual permitió afirmar que está es consistente en el cumplimiento del objetivo del proyecto. En segundo lugar, se evaluó en términos cuantitativos el eventual comportamiento de los tiempos del proceso bajo las condiciones mejoradas y comprobar que ante la implementación de los cambios, es posible alcanzar los tiempos meta del proceso. En tercer lugar, una evaluación de comportamiento del modelo de madurez basado en la herramienta INTE/ISO 9004:2018 en un estado futuro, notando un importante aumento de las condiciones originales. Finalmente, se realizó una consulta a un grupo experto conformado por la contraparte del Laboratorio, el cual concluyó de forma unánime que la propuesta permite resolver el problema inicialmente planteado.

Lista de Tablas

Tabla 1	Diseño instrumental del proyecto	25
Tabla 2	Instrumentos que conforman el Banco de pruebas volumétrico manual	31
Tabla 3	Instrumentos que conforman el Banco de pruebas gravimétrico manual	32
Tabla 4	Instrumentos que conforman el Banco de pruebas semi automático gravimétrico	32
Tabla 5	Recursos humanos asignados al LFA	33
Tabla 6	Ficha SIPOC (Suppliers, Inputs, Costumers, Outputs, Process)	35
Tabla 7	Cálculo de tiempo suplementario	38
Tabla 8	Actividades incluidas por concepto de paros programados	40
Tabla 9	Cálculo de tiempo disponible	41
Tabla 10	Cálculo de capacidad de procesamiento	42
Tabla 11	Histórico de solicitudes ingresadas en el año 2021 por tipo de programa.....	44
Tabla 12	Porcentaje de ingresos relativos por programa	45
Tabla 13	Porcentaje de ingresos absolutos por programa.....	45
Tabla 14	Porcentaje de medidores que requieren diagnóstico.....	46
Tabla 15	Desglose requerimiento cantidad de pruebas de LFA	47
Tabla 16	Cálculo de la demanda actual de pruebas del LFA.....	49
Tabla 17	Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración	49
Tabla 18	Cálculo de tiempo de proceso	49
Tabla 19	Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time).....	49
Tabla 20	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 5.2 Partes interesadas pertinentes.....	70
Tabla 21	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 5.3 Cuestiones externas e internas ...	70
Tabla 22	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 6.2 Misión, visión, valores y cultura	71
Tabla 23	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.1 Liderazgo - Generalidades	72
Tabla 24	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.2 Política y estrategia	73
Tabla 25	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.3 Objetivos	74
Tabla 26	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.4 Comunicación	74
Tabla 27	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.1 Gestión de los procesos - Generalidades.....	75
Tabla 28	Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.2 Determinación de los procesos ..	76

Tabla 29 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.3 Responsabilidad y autoridad relativas a los procesos.....	76
Tabla 30 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (alineación/vinculación).....	77
Tabla 31 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (nivel de desempeño)	78
Tabla 32 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (mantener el nivel)	78
Tabla 33 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.1 Gestionar los recursos - Generalidades.....	79
Tabla 34 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.2 Personas	80
Tabla 35 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.3 Conocimiento de la organización.....	81
Tabla 36 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.4 Tecnología.....	82
Tabla 37 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.5 Infraestructura y ambiente de trabajo	82
Tabla 38 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.6 Recursos proporcionados externamente	83
Tabla 39 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.7 Recursos naturales.....	83
Tabla 40 Análisis y evaluación del desempeño de una organización - Generalidades.....	84
Tabla 41 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.2 Indicadores de desempeño	85
Tabla 42 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.3 Análisis del desempeño.....	86
Tabla 43 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.4 Evaluación del desempeño.....	86
Tabla 44 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.5 Auditoría interna	87
Tabla 45 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.6 Autoevaluación	88
Tabla 46 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.7 Revisión	88
Tabla 47 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.1 Mejora, aprendizaje e innovación - Generalidades	89
Tabla 48 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.2 Mejora	90
Tabla 49 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.3 Aprendizaje	90
Tabla 50 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.4 Innovación.....	91

Tabla 51 Análisis de factores operativos que limitan la gestión del LFA y comparativo con mejores prácticas.....	97
Tabla 52 Análisis de factores administrativos que limitan la gestión del LFA y comparativo con mejores prácticas.....	97
Tabla 53 Demanda teórica de realización de pruebas de calibración	100
Tabla 54 Demanda ajustada de realización de pruebas de calibración	103
Tabla 55 Propuesta para mejora de capacidad de procesamiento.....	104
Tabla 56 Resumen de costos propuesta de aumento de capacidad del LFA	109
Tabla 57 Propuesta de indicadores de LFA	118
Tabla 58 Comparativo de modelo de madurez estado actual vs estado futuro.....	129
Tabla 59 Cálculo de la demanda proyectada de pruebas del LFA con mejora propuesta	133
Tabla 60 Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración – Alternativa 1.	133
Tabla 61 Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración – Alternativa 2.	133
Tabla 62 Cálculo de tiempo de proceso.....	134
Tabla 63 Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time) – Alternativa 1.....	134
Tabla 64 Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time) – Alternativa 2.....	134

Lista de Figuras

Figura 1 Modelo Sistema de Gestión de Calidad en Laboratorios	13
Figura 2 Razones de motivación para acreditación por región del continente americano.....	15
Figura 3 Actividades de laboratorio por región	15
Figura 4 Gestión de equipos	20
Figura 5 Estructura norma ISO 9004.....	22
Figura 6 Organigrama AyA	27
Figura 7 Diagrama de flujo proceso de realización de pruebas a medidores.....	34
Figura 8 Gráfica de prueba de normalidad de acuerdo con la cantidad de ingresos semanales ..	44
Figura 9 Mapeo de flujo de valor (VSM) - Estado actual.....	48
Figura 10 Jerarquía de las fuentes del ordenamiento jurídico administrativo	50
Figura 11 Resultados evaluación requisitos aplicables.....	62
Figura 12 Elementos de un proceso individual.....	65

Figura 13 Resultado evaluación nivel de madurez ISO 9004:2018.....	92
Figura 14 Medidor de flujo híbrido ultrasónico Costo aproximado \$11.000	101
Figura 15 Medidor de flujo de agua ultrasónico. Costo aproximado \$400	101
Figura 16 Bomba de prueba hidrostática. Costo aproximado \$300.....	105
Figura 17 Propuesta croquis distribución de LFA, con incorporación de banco de pruebas adicional.....	106
Figura 18 Diagrama de flujo para gestión de partes interesadas LFA.....	110
Figura 19 Modelo para la identificación de partes interesadas	111
Figura 20 Mapeo de influencia de partes interesadas	112
Figura 21 Mapeo de evaluación de compromiso de partes interesadas	112
Figura 22 Diagrama de flujo para definición de misión, visión y valores del LFA	113
Figura 23 Organigrama propuesto LFA.....	115
Figura 24 Propuesta de tablero de indicadores, gestión visual	116
Figura 25 Diagrama de flujo para la Planificación del trabajo del LFA.....	119
Figura 26 Matriz para definición de estrategia en compras - impacto en los beneficios y el riesgo en el suministro	122
Figura 27 Propuesta de ejes estratégicos LFA.....	123
Figura 28 Evaluación antes de la implementación de las mejoras administrativas	129
Figura 29 Evaluación después de la implementación de las mejoras administrativas.....	129
Figura 30 Mapeo de flujo de valor (VSM) – Estado Futuro alternativa 1	131
Figura 31 Mapeo de flujo de valor (VSM) – Estado Futuro alternativa 2.....	132
Figura 32 Resultados a la pregunta de validación 1.	135
Figura 33 Resultados a la pregunta de validación 2.	135
Figura 34 Resultados a la pregunta de validación 3.	136

Lista de Abreviaturas

ASADAS	Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
ESPH	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
ISO	International Organization for Standardization
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
LFA	Laboratorio de Flujo de Agua
LCM	Laboratorio Costarricense de Metrología
OIT	Oficina Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
TI	Tecnologías de la Información
UEN	Unidad Estratégica de Negocios
VIM	Vocabulario Internacional de Metrología
VSM	Value Stream Mapping (Mapeo de Flujo de Valor)
WHO	World Health Organization



Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, María Gabriela Vallejo Astúa, con cédula de identidad 1-1486-0281, en mi condición de autora del TFIA titulado Propuesta para el desarrollo administrativo y operativo del Laboratorio de Flujo de Agua del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), que permita cumplir los requisitos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) respecto a la realización de las pruebas de calibración de los medidores de agua.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFIA a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO*

***En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).**

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Capítulo I. Problema y su importancia

1.1. El problema

¿Cómo se puede desarrollar administrativa y operativamente el Laboratorio de Flujo de Agua de AyA en la realización de las pruebas de calibración de los medidores, para lograr el debido cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP)?

1.2. Antecedentes

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados es una institución autónoma del sector público costarricense y corresponde al mayor prestador del servicio de agua potable y saneamiento del país. Asimismo, cumple un doble rol de operador y rector, según las potestades de dirección conferidas en su Ley Constitutiva Ley No. 2726 (1961), respecto a los demás entes operadores como por ejemplo la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), Acueductos Municipales o bien las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales (ASADAS).

El AyA enfrenta una serie de retos, entre los principales se encuentra la adaptación al efecto de la sequía, la cual ha reducido la capacidad de recarga de las cuencas hidrográficas que proveen del agua que posteriormente deberá ser potabilizada y distribuida. La Red de Monitoreo Hidrometeorológica de la UNA y la ESPH (2020) registró que el efecto El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) disminuyó la cantidad de lluvia en el volcán Barva, principal zona de recarga acuífera del Valle Central.

Aunado a la situación de escasez del recurso hídrico evidenciado anteriormente, el Informe de Estado de la Nación (2021) indicó que en el año 2019 el AyA alcanzó un 53,2%, lo que equivale a 90 millones de metros cúbicos de agua no contabilizada (facturada), lo cual inequívocamente significa un reto para el Instituto de buscar mecanismos para la reducción de este porcentaje.

El mismo informe indica que una de las estrategias que se han definido para la disminución del agua no contabilizada, es mejorar las capacidades de micro medición, de manera que se asegure

que el Instituto se encuentra facturando el agua que realmente se consume y complementar los resultados con esfuerzos de identificación de posibles fugas o rebalses de tanques, por ejemplo.

El Laboratorio de Flujo de Agua (LFA) es uno de los laboratorios de control del Instituto para el aseguramiento de la calidad de sus servicios y apoyar en la mejora de las capacidades de micro medición, según fue descrito anteriormente. El objetivo del Laboratorio es realizar las pruebas de calibración que certifiquen que los medidores se encuentran en condiciones óptimas metrológicas para asegurar la medición oportuna a favor de ambas partes, es decir, que registra de forma exacta el flujo de agua que sustenta el cobro a todos los usuarios.

1.3. Justificación de la problemática

Tal y como fue mencionado en la sección anterior, el objetivo del LFA es la ejecución de las pruebas de calibración de los medidores, de manera que sea posible asegurar la regularidad de la medición del caudal consumido por los usuarios, con el fin de que sea cobrado el servicio en función de los principios de justicia y transparencia establecidos.

Según los datos reportados en el año 2021, el Laboratorio de Flujo de Agua (LFA) recibe en promedio entre 1000 a 1200 solicitudes de calibración de medidores de forma mensual. Las pruebas que realiza el LFA provienen de los siguientes canales:

- a. Pruebas especiales:** Son solicitudes de pruebas emergentes y urgentes, encomendados por actores internos y externos, como por ejemplo la Presidencia Ejecutiva del AyA, Gerencia General o bien Contraloría Servicios y en promedio se atiende una cantidad mensual de 125 solicitudes por mes.
- b. Pruebas volumétricas por gestión de reclamos:** Son las pruebas solicitadas por los usuarios para determinar el estado metrológico de los medidores y conocer posibles desviaciones en la medición de consumo. Responde al acatamiento del artículo 56 de la Norma Técnica de ARESEP (AR-HSA-2008) y en promedio se atienden un total de 500 solicitudes por mes.
- c. Medidores parados:** Son las pruebas realizadas a los medidores que no marcan consumo en la lectura mensual a nivel comercial y en promedio se atienden un total de 350 solicitudes por mes.

- d. Verificación de lecturas bajas:** Son las pruebas realizadas a los medidores que marcan consumo bajo en la lectura mensual a nivel comercial y potencialmente podría presentar error de medición pero que aún tiene una vida útil remanente. Responde al acatamiento del artículo 26 y 53.a de la Norma Técnica de ARESEP (AR-HSA-2008) y en promedio se atienden un total de 50 solicitudes por mes.
- e. Verificación del conjunto de medidores domiciliarios instalados:** Son las pruebas realizadas a partir de una muestra tomada del conjunto de medidores instalados en servicios domiciliarios, con el objetivo de conocer su estado metrológico. Responde al acatamiento del artículo 49 de la Norma Técnica de ARESEP (AR-HSA-2008) y en promedio se atienden un total de 130 solicitudes por mes.

En los años noventa y antes del 2000, el LFA era conocido como el “Taller de medidores”, ya que se dedicada en mayor medida a la reparación de los equipos. No obstante, con el paso de los años se ha logrado avanzar hacia la profesionalización de este, convirtiéndolo hasta lo que es hoy, un Laboratorio con 3 bancos de pruebas, para la calibración de equipos de diámetro pequeño, uno semi automático con capacidad para 10 plazas y 2 manuales con capacidad para 5 plazas.

De acuerdo con la normativa vigente, el LFA debería realizar en promedio 2200 pruebas mensuales, no obstante, la capacidad descrita anteriormente, permite atender solo en promedio 1200 solicitudes mensuales, lo cual significa un 50% de las solicitudes de pruebas requeridas, viéndose obligados a priorizar las pruebas provenientes de solicitudes de usuarios y dejando sin realizar las pruebas indicadas en los artículos 26, 49 y 53a de la Norma Técnica de ARESEP (AR-HSA-2008) que rige al AyA. Asimismo, las pruebas relativas a pruebas especiales y medidores parados son ejecutadas a través del uso de jornadas extraordinarias.

Adicionalmente, existe una brecha técnica respecto a la calidad de las pruebas, debido a que el laboratorio debe cumplir con una serie de requisitos para la realización de estas y la emisión de los certificados de calibración que actualmente adolece.

Por este motivo y en congruencia con lo descrito, actualmente el LFA presenta incumplimientos no solo en términos de la capacidad instalada para la realización de la cantidad de pruebas que el AyA debe efectuar en el marco de la normativa que establece ARESEP, si no, que tampoco se

encuentra atendiendo la calidad mínima de las pruebas de acuerdo con los estándares aplicables a nivel nacional e internacional.

Por lo tanto, la investigación planteada a continuación buscará responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede mejorar la gestión del Laboratorio de Flujo de Agua de AyA en la realización de las pruebas de calibración de los medidores para lograr el debido cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP)?

1.4. Objetivo general y objetivos específicos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta integral de desarrollo administrativo y operativo para el Laboratorio de Flujo de Agua del AyA, que permita el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), respecto a la realización de las pruebas de calibración de los medidores de agua.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar los factores administrativos y operativos limitantes que causan e impiden el cumplimiento del Laboratorio de Flujo de Agua del AyA con los requerimientos técnicos y normativos para realización de las pruebas de calibración de los medidores establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP).
- b. Elaborar una propuesta de desarrollo administrativo y operativo para el Laboratorio de Flujo de Agua del AyA, que permita el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.
- c. Demostrar la validez de la propuesta para el desarrollo administrativo y operativo del Laboratorio de Flujo de Agua de AyA, de manera que sea compatible con la institución y permite el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.

1.5. Factibilidad del proyecto de investigación

La investigación planteada es catalogada como factible debido a que la información se encuentra disponible y accesible para la investigadora, así mismo cuenta con el aval de la institución para realizar las visitas de campo requeridas a las instalaciones del Laboratorio.

Asimismo, el proyecto de investigación planteado aborda un tema de interés institucional, ya que busca dar cumplimiento a la normativa de un ente regulador como lo es la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP). Por lo tanto, el grado de urgencia de atender a los requisitos es inminente debido a que la institución ha recibido llamados de atención sobre la necesidad de acatar la normativa técnica correspondiente, lo que hace que la institución tenga mayor interés y necesidad en el apoyo a la investigación.

El proyecto adicionalmente es factible ya que el investigador podrá realizar una aplicación de los conceptos de la Ingeniería Industrial tales como análisis de mejora de procesos, análisis estadístico, control de procesos, el análisis de datos toma de decisiones estratégica y el control gerencial.

1.6. Alcances de la investigación y limitaciones

La investigación se enfoca en el desarrollo administrativo y operativo del Laboratorio de Flujo de Agua de AyA, en términos de su capacidad para atender la demanda de pruebas de calibración de medidores y la calidad requerida en las mismas, para el cumplimiento con el marco normativo que las rige.

Ampliando lo mencionado anteriormente, la investigación busca estudiar y mejorar la forma en que es administrado y operado el LFA, de manera que sea posible el cumplimiento de lo estipulado por la normativa del ente regulador (ARESEP). Se aclara que queda excluido de esta investigación lo relativo al análisis de datos producto de las pruebas de calibración que se realizan en el LFA.

Asimismo, respecto a la gestión administrativa se pretenden abordar los siguientes elementos: planificación, recursos humanos y sus competencias, presupuesto, compras y tecnología.

Respecto a la gestión operativa se pretenden abordar los siguientes elementos: diseño de proceso, la capacidad para ejecutar la cantidad de pruebas requeridas, la técnica o métodos de ejecución de calibraciones, calidad y tiempos de respuesta.

Capítulo II. Marco teórico referencial

El capítulo a continuación presenta el sustento teórico, a partir de la definición de conceptos, mención de ponencias y abordaje de otros trabajos afines previamente desarrollados, con el fin de dar una perspectiva sobre el cual se constituye la investigación y el diseño del presente proyecto final de graduación.

El marco teórico referencial se encuentra subdividido en dos apartados. El primero de ellos contiene la identificación de fuentes primarias y secundarias de naturaleza **conceptual** relativas los objetivos de la investigación y tiene por objetivo orientar sobre los antecedentes teóricos planteados en otros desarrollos. El segundo contiene las referencias **contextuales**, que permite comprender el estado actual y el entorno en el cual se debe circunscribir la investigación.

Ambos proporcionan argumentos sobre los alcances del trabajo a realizar y proveer de un marco teórico de referencia para efectos de apoyar el diagnóstico, análisis, interpretación y diseño de los diferentes objetivos del estudio.

2.1. Referencia conceptual

En esta sección se hará referencia desde la perspectiva conceptual sobre cada uno de los componentes que conforman el problema de investigación.

Dado que el problema de investigación se centra en el desarrollo administrativo y operativo del LFA, a continuación, se describen una serie de conceptos que fueron definidos dentro del alcance del proyecto y que son parte de la administración de un laboratorio tales como la gestión de recursos, presupuesto, la gestión de compras, tecnologías de información. Asimismo, incluye conceptos asociados a los sistemas de gestión y su evaluación.

2.1.1. Desarrollo organizacional administrativo

La **gestión de las compras** es uno de los conceptos que se define dentro del abordaje del desarrollo administrativo, el cual en el marco de la Ley de Contratación Administrativa N°7494 (1996), es entendido como el proceso mediante el cual la organización se abastece de los bienes y servicios para la consecución de sus objetivos y sus fines.

Así mismo, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2010), establece en su artículo *Public Procurement Capacity Development Guide*, que los procesos de compra o bien la contratación administrativa, tal y como se le denomina en el sector público, es el medio por el cual se realiza la adquisición de bienes, obras civiles y servicios. El concepto incluye desde la identificación de necesidades, solicitud de ofertas, selección, preparación y adjudicación del contrato, y posteriormente se incorporan como parte del proceso de compras todas las fases de la administración del contrato hasta el final de un contrato de servicios o la vida útil del bien adquirido.

Respecto al proceso de gestión de compras, los autores Parikh, M.A. y Joshi, K (2005) indican que las compras en una organización están constituidas en dos categorías, a saber: compras grandes y compras medianas o pequeñas y que es clave contar con procedimientos diferenciados para cada categoría. Adicionalmente, Parikh, M.A. y Joshi, K (2005) agregan que la clasificación se basa en una serie de características tales como el volumen, especificidad, tecnología, complejidad, esencialidad, fragilidad, variabilidad y valor económico.

Otra de las perspectivas que no son excluyentes, la Ley de Contratación Administrativa N°7494 (1996) tipifica los procedimientos de acuerdo con los rangos presupuestarios para cada compra, es decir, existe una definición de categorías en función del monto por adjudicar, por ejemplo, una Licitación Abreviada, Licitación Pública o una contratación de Escasa Cuantía. Los rangos para cada una de ellas están definidos con base en el presupuesto que maneja cada institución pública.

Otro de los conceptos por desarrollar desde la perspectiva administrativa que se estableció dentro del alcance del proyecto, es el concepto de las **tecnologías de la información**. Paul P. Tallon, et al. (2018) describen las tecnologías de la información como el conjunto de los recursos de TI claves, a saber: hardware, software y redes y la forma en que estos interactúan en términos de compatibilidad y conectividad con otros recursos ya sea dentro o fuera de la organización. Adicionalmente, Paul P. Tallon, et al. (2018) incorporan como elementos constituyentes del concepto de TI las capacidades de almacenamiento, memoria, microprocesadores, capacidad o ancho de banda de las redes, lo anterior en función de cumplimiento eficiente y eficaz de los objetivos organizacionales.

Por su lado, la **gestión del presupuesto** de acuerdo con lo establecido en la Ley de la Administración Financiera de la República y Presupuestos Públicos N°8131, corresponde a la expresión cuantitativa de los instrumentos de planificación de corto, mediano y largo plazo. En adición a este concepto, destaca lo expuesto por Covalski et al. (2003) lo cual establece que el presupuesto corresponde a un elemento central para el control de gestión de una organización y que orienta el impacto de las decisiones operativas a través de la coordinación, asignación de recursos, financiamiento, evaluación del desempeño, entre otros.

Otro de los conceptos que se aborda como parte del eje de desarrollo administrativo se encuentra la **gestión de los recursos humanos**. Al respecto Rana & Sharma (2019) que este se define como la gestión de tres grandes áreas, a saber: desarrollo personal (competencias) el desarrollo del equipo (colaboración) y desarrollo organizacional (estructura y procesos).

2.1.2. Evaluación de gestión de laboratorios

Tal y como fue indicado en los objetivos del proyecto, parte del abordaje planteado requiere determinar cuáles son los factores que limitan o impiden que el LFA pueda atender a los requerimientos técnicos y normativos aplicables, de manera que sea posible establecer de forma concreta y específica las áreas de mejora, ya sea tanto desde el ámbito administrativo como del operativo. En ese sentido, se abordan los conceptos como la **evaluación** y la **evaluación del desempeño o de la gestión** como punto de partida para esta determinación de factores sujetos a mejorar.

El autor Wes Martz (2013), indicó que el concepto de evaluación del desempeño es un concepto inherente que forma parte de cualquier concepto básico de modelo organizacional. De forma consecuente el autor desarrolla una compilación de algunos modelos de evaluación de la gestión con el fin de lograr una mejor comprensión y determinar cuál es el modelo de evaluación que mejor se adapta a las necesidades de la organización en estudio.

En ese sentido, Wes Martz (2013) establece que una organización puede basar su evaluación de acuerdo con los siguientes enfoques principalmente: modelo de evaluación basado en resultados, metas u objetivos, modelo de evaluación basado en el sistema, modelo de evaluación basado en

procesos, la selección del modelo de evaluación dependerá de la naturaleza e interés de la organización y la información disponible.

Adicionalmente, los autores Moen & Norman (2006) establecieron con base en el *Ciclo de Mejora Continua* definido por Edward Deming, la importancia de la evaluación del desempeño de los procesos para determinar la medida en que se cumple lo planeado y como fuente de información para la toma de decisiones que orienten a la mejora de los procesos y su gestión.

2.1.3. Sistemas de gestión de la calidad

En relación con la definición de la Organización Internacional de Normalización específicamente en la norma ISO 9001:2015 (2015), la **calidad** es definida como la medida en que un servicio o producto cumple con las expectativas y necesidades de todas sus partes interesadas. Ampliando el concepto anterior, esas expectativas y necesidades se convierten en requisitos los cuales pueden ser clasificados ya sean en requisitos técnicos o normativos.

Asimismo, en el marco específico de un laboratorio, la OMS (2016) indica que el concepto de calidad debe manejarse de una forma ampliada incluyendo características de exactitud, fiabilidad y puntualidad en las pruebas.

Las definiciones anteriormente mencionadas coinciden con el concepto que desarrolla el reconocido autor Joseph M. Juran (2001), el cual indica que la calidad es la adecuación del producto o servicio a las necesidades del cliente procurando su satisfacción. Por su lado, el autor Roger. G. Schroeder (2011), define que calidad además implica una gestión con cero defectos, procurando siempre la mejora continua y el enfoque al cliente.

Como parte de los conceptos clave en los sistemas de gestión de la calidad está la gestión de las partes interesadas. Sobre eso, la autora Helena Ranängen (2015) establece la relevancia sobre la adecuada identificación de las partes interesadas, el estudio y análisis de sus necesidades, con el fin de poder establecer estrategias efectivas para su debida administración. Asimismo, la autora Helena Ranängen (2015) indica que estas estrategias pueden traducirse en objetivos, metas, programas, procedimientos y prácticas y que son la base principal sobre la cual se constituye un sistema de gestión sostenible.

Adicionalmente, de acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2015), un **sistema de gestión de la calidad** es la forma en que se estructura una organización en términos de recursos, infraestructura, personal, procesos, entre otros elementos, para lograr que sus productos y servicios cumplan con los requisitos de las partes interesadas en términos de satisfacción técnica y normativa.

Una vez abordados los conceptos de orden administrativo incluidos en el alcance de esta investigación, tal y como fue indicado al inicio de este capítulo, a continuación, corresponde el desarrollo de conceptos desde la perspectiva organizacional operativa.

2.1.4. Desarrollo organizacional operativo

Como parte de los conceptos a nivel del desarrollo organizacional operativo, se ha determinado por parte del investigador dentro del alcance los conceptos relacionados al diseño de procesos, la gestión del equipamiento, capacidad del proceso y otros conceptos relacionados al quehacer del LFA como lo es la calibración.

En relación con el primero de ellos sobre el **diseño de procesos**, Feldman y Pentland (2003) indican sobre la relevancia de establecer 2 macro escenarios, a saber: un diseño de proceso relacionado bajo un escenario ideal que identifiquen la especificación o definición del proceso de forma que cumpla con los requerimientos indicados y otra que determine la ejecución real actual del proceso, de manera que sea posible definir un estado deseado y un estado actual y con esto establecer las rutas hacia la mejora.

Morana, S, et al. (2019) indican que el fin de contar con un diseño es proveer una guía general del proceso, así como orientación sobre el mismo. Adicionalmente, establece las bases para el monitoreo y seguimiento en un contexto determinado y facilita a los usuarios conocimiento sobre el proceso.

Respecto al **análisis de capacidad del proceso**, de acuerdo con lo indicado por Senvar, O., & Tozan, H. (2010) este es mayormente utilizado como un mecanismo de estudio que permita mejorar procesos, productos o servicios bajo un enfoque en el logro del aumento de la satisfacción de las partes interesadas al proceso y determinar la medida en que el proceso puede satisfacer los requisitos especificados por estas partes.

Otro de los conceptos por desarrollar tiene que ver con la **Gestión del Equipamiento**, al respecto el autor Fonjuno, P. et al. (2012), establecen una comprensión holística de la gestión de equipamiento, en la cual debe de incorporarse como mínimo 3 elementos, los cuales son la a) planificación, b) la implementación y c) el control, monitoreo y evaluación del equipo.

Fonjuno, P. et al. (2012) indica que la gestión del equipo inicia antes de que el equipo ingrese al laboratorio y deben incorporarse actividades desde la adquisición y la realización de pruebas para la selección e implementación.

Respecto a la actividad del LFA asociada a la calibración de medidores de agua, para efectos de este proyecto se entenderá por **calibración** de acuerdo con lo establecido por el VIM (2012) como *“el conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores aportados por patrones”*. Cabe aclarar que, para efectos de este trabajo, no se incluirá dentro del alcance del término calibración la acción de ajustar el instrumento, esto debido a que el LFA no ejecuta esta acción, únicamente la verificación de su estado metrológico.

En relación con la definición anterior se establece el concepto de **laboratorio de calibración** como una entidad que evalúa la conformidad, en este caso de un ítem de calibración denominado **medidor de agua**, el cual es definido por ISO 4064-5 Medición de Fluidos (2014) como el *“instrumento usado para medir el volumen de agua potable fría y agua caliente que pasa a través de un conducto cerrado y totalmente lleno”*.

Otro de los conceptos relacionados al proceso de calibración de medidores es la **incertidumbre de medida**, la cual es definida por el VIM (2012) como un dato o parámetro que indica la dispersión de los valores atribuidos a una medida. Asimismo, se destaca el concepto de **verificación**, el cual es definido por el VIM (2012) como la demostración y aportación de evidencia comprobable y objetiva de que un elemento dado es conforme a los requisitos y especificaciones aplicables o bien que responde a y satisface las propiedades de funcionamiento declarados y los requisitos legales de un sistema de medida.

2.2. Referencia contextual

En esta sección se hará referencia desde la perspectiva contextual sobre cada uno de los componentes que conforman el problema de investigación.

2.2.1. Evaluación de gestión de laboratorios

De acuerdo con la bibliografía consultada, no fue posible identificar referencias específicas contextuales sobre instrumentos para la **evaluación de la gestión en laboratorios** de flujo de agua o bien de equipos para medición de flujo de agua. No obstante, se identificaron documentos, como por ejemplo la herramienta denominada “Laboratory Assessment Tool” OMS (2012) que aborda la medición del desempeño de laboratorios desde la perspectiva médica, clínica, biológica, entre otros. Por ese motivo, a continuación, se establecen las perspectivas que enmarcan la evaluación de la gestión de este tipo de laboratorios, con la expectativa que durante el desarrollo del proyecto sea posible realizar una adaptación y adecuación a laboratorios de flujo de agua, como parte del valor agregado que se aporta.

Ampliando, la OMS (2012) estableció este instrumento para la evaluación de la gestión de los laboratorios, y que ha sido aplicado recientemente para conocer el grado de conformidad de laboratorios que realizan pruebas relacionadas con el SARS-CoV-2. El mismo incluye la valoración una serie de elementos clave en los cuales se debe enfocar la medición de su desempeño, a saber:

- una estructura de dirección bien establecida a nivel nacional
- una estructura organizativa funcional
- una política y normativa
- actividades de derivación y de establecimiento de redes (intercambio de datos y muestras)
- infraestructuras
- recursos humanos
- sistemas de suministro y adquisición de reactivos y equipos
- gestión de la información
- sistema de financiación
- sistema de gestión de la calidad

- gestión de los riesgos biológicos (esto dependiendo de la naturaleza del laboratorio)

Asimismo, la misma OMS en el año (2016) publica un modelo de la evaluación del sistema de gestión de la calidad según consta del estudio de los siguientes componentes, según se muestra en la Figura 1, a continuación:



Figura 1 Modelo Sistema de Gestión de Calidad en Laboratorios

Fuente: World Health Organization (2016).

Finalmente, la OMS (2012) indica que la conclusión de la evaluación realizada debe de ser capaz de arrojar tanto las áreas débiles del laboratorio de manera que sea posible orientar el futuro estratégico del laboratorio como las fortalezas que permitan destacar los aspectos positivos en este.

2.2.2. Sistemas de gestión de la calidad

De acuerdo con la referencia contextual en términos de sistemas de gestión de la calidad actualmente en el país se dispone de la Ley N° 8279 (2002), la cual establece “*marco estructural para las actividades vinculadas al desarrollo y la demostración de la calidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de evaluación, de la conformidad, que contribuya a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y proporcione confianza en la transacción de bienes y servicios*”. El LFA es una entidad dentro de una institución pública

la cual, por el principio de legalidad, debe de procurar el acatamiento de toda la normativa aplicable. En este caso, las estipulaciones de la Ley N° 8279 (2002) mencionada, son vinculantes y debe por ende asegurar la conformidad de las pruebas que realiza, así como mantener la conformidad del sistema.

Ampliando lo anterior, la Ley N° 8279 (2002) establece la necesidad de que todos los laboratorios del Estado que prestan servicios o bien que requieren de análisis de laboratorio para la ejecución de sus funciones, se encuentren debidamente acreditados, situación que será analizada más adelante en el Capítulo IV de este documento.

Adicionalmente, existe en la actualidad otra normativa que rige los sistemas de gestión de la calidad que serán debidamente abordadas en la sección *2.2.4 Requisitos técnicos y normativos*.

Adicionalmente, con el objetivo de brindar información sobre el contexto respecto a la acreditación de laboratorios y de acuerdo con lo indicado por Grochau, I.H.et al. (2017), existe una fuerte correlación positiva entre el Producto Interno Bruto de los países y la cantidad de laboratorios con el sistema de gestión de calidad acreditado.

Para el caso de la región centroamericana, de acuerdo con el estudio realizado por Grochau, I.H.et al. (2017), Costa Rica es el país con mayor cantidad de laboratorios acreditados. Asimismo, se identificó que, en los países con mayor cantidad de sistemas de gestión acreditados, fue posible determinar estrategias y mecanismos por parte del gobierno para aumentar la acreditación de los sistemas.

Adicionalmente, el autor Grochau, I.H.et al. (2017) indica que tener laboratorios acreditados en los países significa una ventaja competitiva en el marco internacional respecto a una participación comercial más efectiva.

De acuerdo con Grochau, I.H, et al. (2018), actualmente el interés por parte de los laboratorios en américa por buscar un desarrollo y por ende una acreditación tiene diferentes motivaciones. En el caso centroamericano la mayoría proviene por un interés institucional seguido por actividades de investigación. En el caso del proyecto en cuestión se ubica en el rango motivado por un requisito primeramente de la Ley N° 8279 (2002) y adicionalmente de un ente regulador como lo es el ARESEP, según se muestra en la Figura 2.

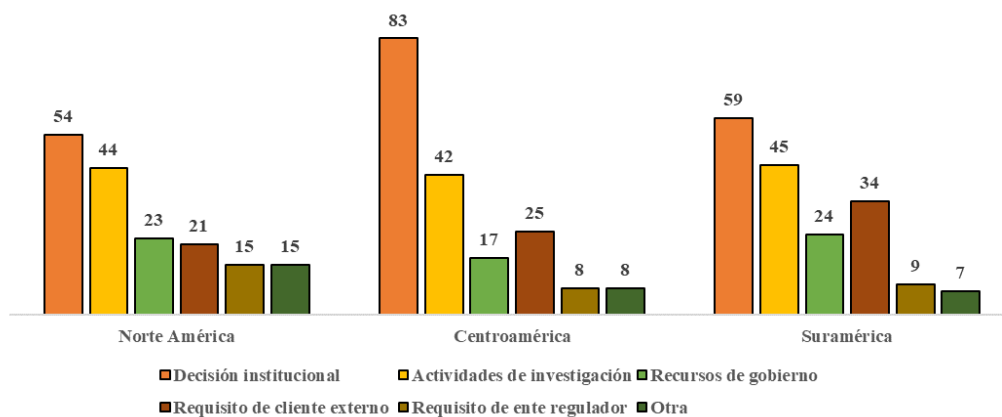


Figura 2 Razones de motivación para acreditación por región del continente americano

Fuente: Grochau, I.H, et al. (2018).

Respecto a la distribución por naturaleza de laboratorios en el continente americano se presenta la Figura 3.

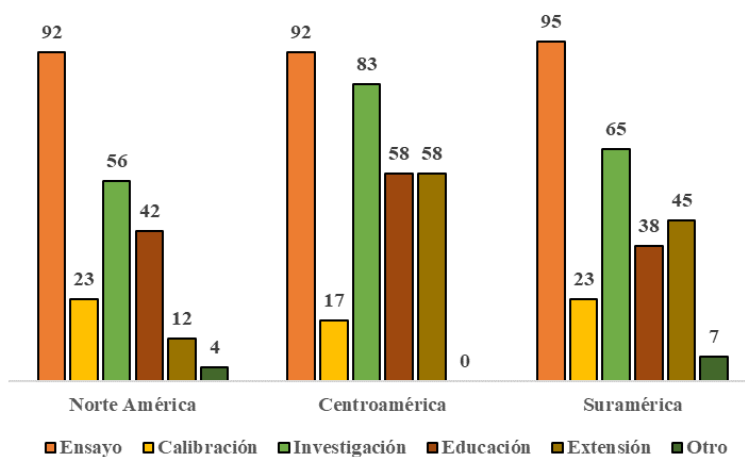


Figura 3 Actividades de laboratorio por región

Fuente: Grochau, I.H, et al. (2018).

Tal y como se observa en la Figura 3, tanto en Norte América como Suramérica y Centroamérica predominan la existencia de laboratorios de ensayo, precedido en segundo lugar por laboratorios dedicados a la investigación.

Se destaca de la información mostrada en la Figura 3, que los laboratorios de calibración, objeto de estudio de esta investigación, se encuentran en la penúltima posición.

Adicionalmente, tal y como fue indicado anteriormente, el problema de investigación incluye el análisis tanto del desarrollo administrativo y operativo del LFA, por lo tanto, a continuación, se describe los hallazgos a nivel documental de acuerdo con el estudio de contexto realizado, desde ambas perspectivas.

2.2.3. Desarrollo organizacional administrativo y operativo

Desde la perspectiva administrativa el autor Edwards, R. (2018), aborda sobre la **teoría administrativa** a partir de un análisis de los 14 principios para una adecuada gestión de acuerdo con lo desarrollado por Henry Fayol, los cuales son:

1. La **división del trabajo (1)**, la cual consiste en el principio que todas las personas que son parte de una empresa tienen distintas habilidades y experiencia y esto debe considerarse para efectos de la designación de la mano de obra. Lo indicado anteriormente es clave para lograr mayor eficiencia y productividad de la organización.
2. La **autoridad y responsabilidad (2) y la jerarquía (3)**, es un principio requerido como parte de la línea de mando en cualquier grupo de personas que pueda marcar objetivos comunes y responsabilizarse por el cumplimiento de ello. De acuerdo con lo indicado por el autor, contar con organigramas claros y bien definidos contribuye al cumplimiento de estos principios.
3. Seguidamente se destaca la **disciplina (4)**, el autor a través de lo desarrollado por Fayol añade sobre el valor de la obediencia y el respeto hacia los valores fundamentales dentro de la organización tales como el respeto tanto entre sus pares como hacia los mandos superiores.
4. La **unidad de mando (5)** es otro de los principios de la teoría administrativa desarrollada por Fayol. Este principio hace referencia a la necesidad de que los empleados reciban mandatos y se ejerza jerarquía por parte de una sola persona, de esta manera evita que existan confusiones y conflictos.
5. Asimismo, se consideran parte de los principios de la teoría administrativa la **unidad de dirección (6) y centralización (7)**. Estos permiten que todos los colaboradores se dirijan

hacia un mismo objetivo o meta común. De igual forma, es posible que se dé un seguimiento sobre el progreso a la planificación planteada desde una sola dirección. Este principio tiene especial relevancia para asegurar el trabajo en equipo y la coordinación.

6. Un elemento clave que destaca Fayol en sus 14 principios es **la subordinación del interés individual al general (8)**. No está exenta de la realidad de ninguna organización el interés individual de su personal, no obstante, debe de existir claridad de que el trabajo y las prioridades deben estar definidas por los intereses generales y organizacionales.
7. Para Fayol, la **remuneración (9)** está considerado como otros de los principales principios de la teoría administrativa. El autor defiende que la motivación y la productividad guardan una estrecha relación. Adicionalmente, el autor añade que la remuneración debe ser justa y suficiente de acuerdo con las responsabilidades o nivel de complejidad asignado para el desempeño de sus funciones.

No se omite señalar que Fayol incluye dos tipos de remuneraciones, la económica y la no económica, siendo esta última elementos intangibles tales como el reconocimiento de logros alcanzados o méritos.

8. Otro de los principios que establece Fayol es el **orden (10)**. El autor menciona que es uno de los elementos clave dentro de una organización y alude al orden en los diferentes aspectos que intervienen, por ejemplo: asignación de recursos requeridos para la ejecución de actividades, establecimiento, evaluación y cierre de brechas de competencias del personal de la organización, así como disponer de un ambiente de trabajo seguro, limpio y ordenado.
9. Fayol establece la necesidad de que todos los empleados sean tratados en un ambiente de amabilidad y por igual, de manera justa e imparcial, a este principio lo denomina **equidad (11)**. Asimismo, destaca que ofrecer un ambiente equitativo promueve un ambiente de máximo rendimiento y productividad.
10. La **estabilidad (12)** es otro de los principios definidos por Fayol como parte de la teoría administrativa. Un ambiente con alto grado de rotación de personal genera inseguridad en los colaboradores afectando a su vez su rendimiento.

11. Adicionalmente, agrega que es clave de éxito para el adecuado desarrollo administrativo de una organización la medida en que sus empleados no solo tienen **iniciativa (13)** si no que la organización la apoya, generando un ambiente de colaboración y flexible para proponer nuevas y mejores formas de ejecutar los procedimientos.
12. Finalmente, Fayol agrega el **espíritu de cuerpo (14)** como el último principio básico de la teoría administrativa. Este promueve el trabajo colaborativo, el apoyo de las labores en equipo, la participación y la unidad. Este principio está asociado al desarrollo de la cultura organizacional y robustecer las relaciones de confianza y respeto entre los colaboradores.

Asimismo, Edwards, R. (2018), amplía en el artículo sobre las funciones de la administración, igualmente a partir de la teoría desarrollada por Fayol, se define el **acto de administrar** de la siguiente manera:

- **Planear:** Corresponde al planteamiento perspectivo orientado al futuro, estableciendo acciones generales y específicas que tracen el camino hacia un estado deseado determinado.
- **Organizar:** Es la forma en que se constituye la estructura social y material de la organización, define líneas de mando, jerarquías, entre otros.
- **Dirigir:** Es la función básica que permite orientar y guiar al personal hacia el estado común, planeado y deseado.
- **Controlar:** Es la forma de asegurarse que las cosas sucedan de acuerdo con lo planeado, a su vez permite armonizar y enlazar diferentes esfuerzos o partes interesadas dentro y fuera de la organización.
- **Evaluar:** Es el acto de verificar que todo sucede de acuerdo con los lineamientos y normas dadas. Una de las formas de evaluar parte de un ejercicio de comparación entre un valor real y un valor meta.

Para efectos de analizar la relación de la gestión operativa del LFA, se aborda desde una perspectiva de análisis de estado actual (diagnóstico) y posteriormente un análisis de un estado futuro con la propuesta de mejora. En este sentido, se define a continuación la herramienta conocida como Mapa de Flujo de Valor o también conocido por su nombre en inglés *Value Stream Mapping (VSM)*.

Devanshu Mudgal et. al (2020) define la herramienta de **Mapeo de Flujo de Valor** como una forma de representar tanto flujos de material como flujos de información de forma simultánea. Asimismo, permite mostrar todas las actividades del proceso y los elementos que interactúan con este de forma integral, tanto proveedores como clientes, por ejemplo. El autor Devanshu Mudgal et. al (2020) define un flujo de valor como:

Todas las acciones de Valor Agregado (VA) o Sin Valor Agregado (NVA) necesarios actualmente para llevar un producto a través del proceso completo, comenzando con las materias primas y finalmente llegando al cliente, eliminando todo tipo de desperdicio, reduciendo el tiempo de entrega y la disminución del costo después de la identificación es el objetivo final de VSM.

VSM proporciona una imagen interconectada de información y flujo de materiales. VSM no es un proceso único enfocado y como tal, proporciona una imagen general del proceso de producción, convirtiéndolo en una poderosa herramienta.

Un VSM se dibuja utilizando un conjunto de iconos estandarizados. Para realizar mejoras en el proceso de producción, una instantánea de cómo están las cosas actualmente de lo que se llama el mapa de estado actual. Un ideal mapa de estado que muestra la forma futurista de hacer las cosas se llama el mapa del estado futuro.

Para lograr una producción nivelada en toda la fábrica se utiliza el concepto de Takt Time. El ritmo promedio de ventas de un producto durante un tiempo específico es representado por el tiempo takt.

Por su lado, M. Braglia et al. (2006) indica que en general la técnica de análisis de Mapa de Flujo de Valor ofrece los siguientes beneficios:

- Se constituye forma la base para la implementación de sistemas de producción basados en la reducción de desperdicios y cero defectos.
- Permite establecer relaciones entre el proceso de producción interno y la interacción con clientes y proveedores externos o que son parte de la cadena de suministros y distribución.
- Tal y como fue mencionado no solo representa el flujo de producto si no también permite el flujo de información y de tiempos.

- Facilita la vinculación entre la planificación, pronósticos, la planeación de la producción y el manejo de inventarios.

Por otro lado, respecto a la **gestión del equipamiento en laboratorios** la OMS (2016), indica que la gestión debe realizarse de acuerdo con los siguientes componentes indicado en la Figura 4



Figura 4 Gestión de equipos

Fuente: World Health Organization (2016).

En concordancia con lo indicado por Fonjongo, P. et al. (2012) relativo a que el equipamiento debe ser planificado, implementado, controlado, monitoreado y evaluado, la OMS (2016) complementa que estas acciones deben de ir en función de no solo la identificación y determinación del equipo idóneo si no, que también en función de que se encuentre debidamente calibrado, verificado e incorporado en los diferentes procedimientos operativos aplicables y que además debe ir acompañado de un programa de mantenimiento y de formación para el adecuado desarrollo de las competencias de sus operadores.

De acuerdo con la OMS (2016) es clave mantener un registro permanente del inventario no solo en términos del equipo del laboratorio si no de las piezas que correspondan al mantenimiento de dicho equipo. Asimismo, contar con controles respecto a la expectativa de vida útil de los equipos de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

2.2.4. Requisitos técnicos y normativos

Respecto a los requisitos técnicos y normativos es posible identificar en la actualidad principalmente los siguientes:

- Ley N° 8279 (2002) del Sistema Nacional para la Calidad la cual incluye a todas aquellas organizaciones que hagan evaluaciones de la conformidad, dentro de las cuales se contemplan las de orden metrológico como lo es el LFA.
- Reglamento de Prestación de los Servicios de AyA (2021), en el cual se incluyen requisitos asociados a las pruebas de calibración para resolución de reclamos de usuarios.
- Ley N° 7593 (1996) de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), en la cual se establecen una serie de requisitos para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Norma Técnica de ARESEP: Medidores para el servicio de acueducto AR-HSA-2008 (2008), la cual su campo de aplicación es establecer *“las condiciones generales bajo las cuales se evaluará la calidad de la micro medición y las obligaciones de los prestadores del servicio, regulados por la Autoridad Reguladora, en relación con esta actividad”*.

Adicionalmente, en el campo internacional se establecen requisitos a través de la siguiente normativa:

- ISO 9001 (2015), la cual establece los requisitos de los sistemas de gestión de la calidad a nivel general, para cualquier tipo de organización, producto o servicio.
- ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (2017), la cual establece los requisitos para aquellos laboratorios que realicen pruebas ya sea a través de ensayos o calibración y para los cuales deben de estar acreditados.
- INTE/ISO/IEC 17020 Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección (2012), la cual tiene una aplicabilidad enfocada a la conformidad de un servicio de inspección que permita asegurar que los equipos e instalaciones cumplen con los requisitos establecidos y aplicables.
- ISO 4064-5 Medición de Fluidos. Medidores de agua para agua fría y agua Caliente. Parte 5: Requisitos de instalación. Requisitos. (2014), la cual tiene su aplicación a medidores de agua los cuales son usados para determinar el volumen de agua potable fría o agua caliente que pasa a través de un conducto cerrado y totalmente lleno.
- Respecto a lo que indica la Norma ISO 9004 (2018), se define un instrumento para la autoevaluación del nivel de madurez o bien el grado en que la organización ha adoptado

los requisitos del estándar ISO 9001 (2015). A continuación, se presenta la Figura 5, en la cual se ilustra los elementos incluidos a evaluar.

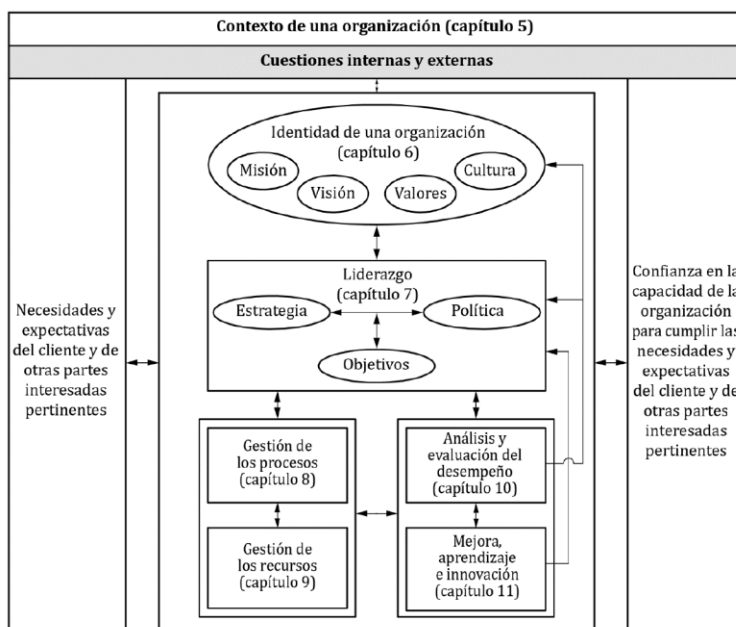


Figura 5 Estructura norma ISO 9004

Fuente: ISO 9004 (2018)

La normativa descrita anteriormente corresponde al principal marco teórico contextual que rige el proyecto, siendo los documentos que establecen los requisitos mínimos que el LFA debe atender y en el cual la gestión tanto administrativa como operativa debe enfocarse para efectos de la conformidad de la prestación de los servicios que actualmente realiza.

Capítulo III. Metodología de la investigación

El capítulo desarrollado a continuación contiene los elementos de orden metodológico establecidos en el diseño del proyecto que permitirán: a) dar respuesta a la pregunta definida en el problema y b) cumplir los objetivos planteados para el proyecto.

3.1. Tipo de investigación

En congruencia con lo definido previamente, el objeto de estudio está definido en el LFA específicamente en dos grandes ámbitos: su gestión operativa y su gestión administrativa. En ese sentido, se establece que el **tipo de investigación es de naturaleza mixta, combinando herramientas tanto de carácter cualitativo como cuantitativo.**

Por un lado, los componentes de orden cualitativo están definidos en aquellos factores que carecen de tangibilidad en alguna medida, tales como características de diseño de proceso desde el punto de vista operativo o bien factores de naturaleza administrativa como condiciones a nivel de recurso humano, tecnología, entre otros.

Por el otro lado, las características cuantitativas se pueden visualizar en herramientas de capacidad instalada, gráficos de control para la atención de la demanda, entre otros.

Adicionalmente, se ha establecido el proyecto de investigación de tipo **descriptiva**, ya que busca promover un desarrollo del LFA a través de la incidencia en los factores administrativos y operativos que actualmente lo limitan y provocan el incumplimiento en los requisitos técnicos y normativos aplicables.

3.2. Definición de los elementos de estudio

- 3.2.1. Determinar los factores administrativos y operativos limitantes que causan e impiden el cumplimiento del Laboratorio de Flujo de Agua del AyA con los requerimientos técnicos y normativos para realización de las pruebas de calibración de los medidores establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP).

- 3.2.2. Elaborar una propuesta de desarrollo administrativo y operativo para el Laboratorio de Flujo de Agua del AyA, que permita el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.
- 3.2.3. Demostrar la validez de la propuesta para el desarrollo administrativo y operativo del Laboratorio de Flujo de Agua de AyA, de manera que sea compatible con la institución y permite el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.

3.3. Diseño instrumental del proyecto

Tabla 1 Diseño instrumental del proyecto

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultado esperado
Determinar los factores administrativos y operativos limitantes que causan e impiden el cumplimiento del Laboratorio de Flujo de Agua del AyA con los requerimientos técnicos y normativos para realización de las pruebas de calibración de los medidores establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP).	Análisis y mapeo de proceso LFA.	-Mapa de Valor estado actual de Proceso (Value Stream Mapping). -Entrevista a expertos.	-Proceso actual mapeado. -Oportunidades de mejora.
	Identificación de criterios y requisitos técnicos y normativos aplicables.	-Revisión documental. -Entrevista a expertos.	Listado de criterios y requisitos.
	Elaboración de diagnóstico de gestión del LFA.	-Herramienta evaluación 9004	Diagnóstico gestión LFA.
	Identificación de factores operativos y administrativos con potencial de mejora.	-Entrevista a expertos. -Análisis de resultados	Listado de factores operativos y administrativos con potencial de mejora priorizado.
Elaborar una propuesta de desarrollo administrativo y operativo para el Laboratorio de Flujo de Agua del AyA, que permita el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.	Análisis de mejoras a proceso LFA.	-Mapa de Valor de Proceso estado futuro (Value Stream Mapping). -Entrevista a expertos. -Evaluación comparativa casos de éxito (benchmarking). -Lluvia de ideas.	Proceso mejorado mapeado.
	Planteamiento de alternativas de solución con recursos existentes.		Alternativa de desarrollo con recursos existentes.
	Planteamiento de alternativa de solución con recursos adicionales.		Alternativa de desarrollo con recursos adicionales.

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultado esperado
<p>Demostrar la validez de la propuesta para el desarrollo administrativo y operativo del Laboratorio de Flujo de Agua de AyA de manera que sea compatible con la institución y permite el cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) relativos a la realización de las pruebas de calibración de los medidores.</p>	<p>Análisis las alternativas desarrolladas con los expertos para validar la propuesta.</p>	<p>-Entrevista a expertos. -Grupo focal. -Herramienta evaluación 9004.</p>	<p>Propuesta validada.</p>

Capítulo IV. Desarrollo y resultados

4.1. Factores administrativos y operativos limitantes

En el siguiente apartado se desarrollan los factores administrativos y operativos que limitan al LFA, el acatamiento de requisitos técnicos y normativos aplicables. Para realizar este diagnóstico de factores se tomará en cuenta tanto un estudio del entorno del proceso, así como un mapeo de este, utilizando la herramienta de diagrama de flujo y la técnica del Mapeo de Valor de Proceso (*Value Stream Mapping*). Asimismo, se identifican y analizan los requisitos técnicos y normativos para efectos de lograr la definición de la brecha actual existente.

4.1.1. Análisis y mapeo de proceso Laboratorio de Flujo de Agua

El LFA se encuentra ubicado organizacionalmente como parte de la Unidad Estratégica de Negocios (UEN) de Investigación y Desarrollo, tal y como se muestra en la Figura 6.

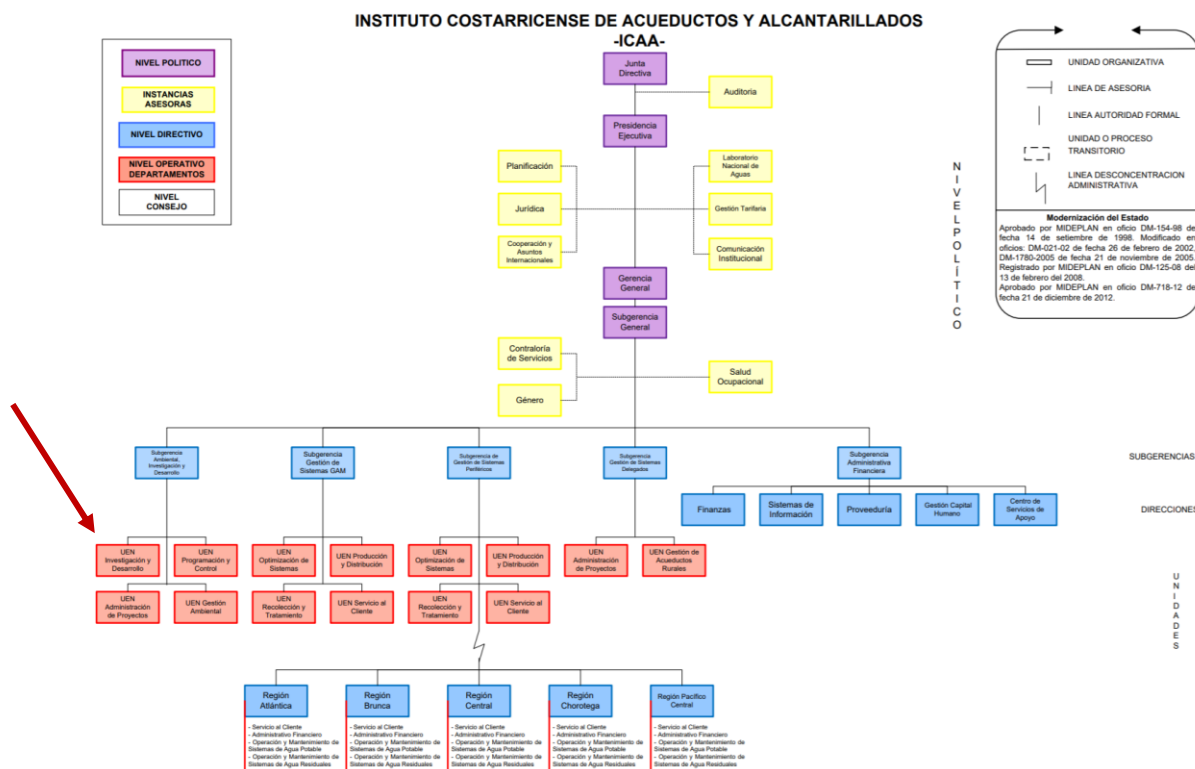


Figura 6 Organigrama AyA

Previo al año 2008, el LFA pertenecía funcionalmente al departamento conocido como *Medición* dentro de la Dirección de Servicio al Cliente. No obstante, ante un proceso de reorganización administrativa en el año 2008, el LFA fue trasladado a la *UEN de Investigación y Desarrollo* donde se encuentra actualmente.

La *UEN de Investigación y Desarrollo* está constituida por 4 subáreas las cuales son: *Desarrollo Tecnológico, Investigación Aplicada, Gestión de Riesgos y el Centro de Documentación e Información (CEDI)*.

El LFA se encuentra ubicado en el área funcional de *Desarrollo Tecnológico*. Esta área tiene como principal objetivo el impulso, promoción e investigación de nuevas tecnologías que conduzcan al mejoramiento de la gestión del AyA. Asimismo, la contribución al planteamiento de alternativas de solución de problemas y el aumento de eficacia y eficiencia de los procesos operativos en materia de agua potable y saneamiento.

El principal objetivo del Laboratorio es realizar pruebas de calibración a los medidores que se encuentran contabilizando el consumo de agua potable de los usuarios del servicio que brinda el AyA, de manera que se determine si existe algún grado de desviación respecto a parámetros establecidos tanto por la ARESEP como por las normas de calidad aplicables, de esta forma es posible determinar el estado metrológico de los medidores utilizados por el AyA como mecanismo para conocer el monto a facturar por el servicio de agua potable. Es necesario indicar que el alcance actual del LFA es únicamente hasta la realización de la prueba de calibración y la emisión (para casos específicos) de la certificación de su error de indicación, esto excluye la realización de ajustes a medidores para que este pueda proporcionar una indicación prescrita y eliminar o disminuir el error y que este pueda cumplir con la tolerancia establecida por la normativa aplicable.

Asimismo, el Laboratorio realiza funciones de asesoría técnica en materia de micro medición a las diferentes dependencias internas del AyA, las cuales abordan a temas relacionados ya sea a la operación de los medidores, mantenimiento de estos o bien asesoría técnica para procesos de adquisición de medidores. Adicionalmente participa como enlace externo con entidades homólogas o vinculadas a los aspectos metrológicos de los medidores, tales como la ESPH, el Laboratorio Costarricense de Metrología (LCM) o el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO).

De acuerdo con la capacidad actual de la infraestructura y equipo del LFA, el alcance del LFA incluye pruebas de calibración a medidores de diferentes tipos de diámetros los cuales dependerán del servicio que preste el AyA a sus usuarios. Este puede variar de un diámetro nominal de 15 milímetros (DN15) hasta medidores para caudales mayores un diámetro nominal de 200 milímetros (DN200). Es decir, de acuerdo con el sistema de medición americano ANSI/ASME, el LFA tiene capacidad para realizar pruebas de calibración a medidores que van de ½ pulgada hasta 8 pulgadas.

Adicionalmente, se realizan inspecciones a los componentes del medidor, es decir, para los casos en los que la calibración arroja un error de indicación fuera del rango, el medidor se desarma para determinar una causa asignable, ya sea desgaste de partes, oxidación o inclusive algún tipo de manipulación de este, catalogado como posible fraude.

De acuerdo con el Manual de Organización Funcional del AyA vigente a la fecha (2021) y según lo declarado anteriormente respecto a las funciones y alcance anteriormente descritos, el LFA tiene las siguientes partes interesadas a su gestión:

- UEN Servicio al Usuario (interna)
- Comisión de Micromedición (interna)
- Unidad Ejecutora para Proyecto Reducción del Agua No Contabilizada (interna)
- Proveduría Institucional (interna)
- Contraloría de Servicios (interna)
- Autoridad Reguladora de Servicios Públicos ARESEP (externa)
- Municipalidades (externa)
- Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales ASADAs (externa)

Según lo indicado en el documento UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020), en el LFA se realizan una serie de pruebas de calibración e inspecciones, a saber:

- Pruebas de calibración a los medidores de DN15 a DN 200, según lo explicado anteriormente. Estas pruebas dependerán de las características metrológicas y del diámetro del aparato.
- Pruebas de presión estática. Estas se realizan pruebas a los medidores para verificar que soporten la presión de diseño o especificada en un cartel de licitación de la compra.
- Pruebas de durabilidad a flujo continuo. Estas se someten los medidores a un flujo continuo a Q3¹ (caudal permanente) por un periodo de 100 horas.
- Inspección física de medidores de agua. Esta inspección se realiza la inspección de los medidores y se corrobora el cumplimiento de lo estipulado en un cartel de licitación o una especificación técnica.
- Inspección de los accesorios del sistema de medición. Esta inspección permite verificar el cumplimiento de: cajas de protección, accesorios y empaques, según lo estipulado en carteles de licitación o especificaciones técnicas.

Para el caso del proyecto en cuestión, el alcance definido incluye únicamente las pruebas de calibración que se le realizan a los medidores de diámetro nominal de 15 milímetros, que son aquellos medidores utilizados para contabilizar el agua consumida por los usuarios de casas de habitación. Estas pruebas no son realizadas a la totalidad del parque de medidores el cual está constituido aproximadamente por 667.000 medidores, si no que las pruebas son realizadas ya sea a solicitud de los clientes por algún reclamo o no conformidad con la facturación o bien para efectos de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo del conjunto de medidores. Adicionalmente, se deben de realizar pruebas por muestreo para determinar el estado metrológico del conjunto de medidores de acuerdo con los requerimientos de ARESEP.

Según lo indicado en el documento UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020) respecto al equipamiento disponible en el LFA en la Tabla 2, 3 y 4 se detalla el equipo que constituye el banco de pruebas y se indica a continuación:

- 1 Banco de pruebas volumétrico manual (Diámetros DN15)

¹ Es el máximo caudal dentro de las condiciones nominales de operación, al cual debe operar el medidor dentro de los errores máximos permisibles.

Tabla 2 Instrumentos que conforman el Banco de pruebas volumétrico manual

Instrumento	Marca	Fabricante	Calibración
Patrón volumétrico de cuello reducido 10 l	Standard Metal Measuring Apparatus	Standard Metal Measuring Apparatus	No
Patrón volumétrico de cuello reducido 20 y 50 l	Hebei Sinofareast Oil Instrument & Fitting Parts CO., Ltd.	Hebei Sinofareast Oil Instrument & Fitting Parts CO., Ltd.	No
Patrón volumétrico de cuello reducido 100 l	No indica	No indica	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (1.2 a 12.00) l/h	Omega	OMEGA Engineering	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (10.80 a 108.00) l/h	Omega	OMEGA Engineering	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (108.00 a 1080.00) l/h	Omega	OMEGA Engineering	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (680 a 7200) l/h	Omega	OMEGA Engineering	No
Manómetro	Wika	Instrumentos Wika S.A.U	Sí
Manómetro	Wika	Instrumentos Wika S.A.U	Sí
Termómetro	Fluke	Fluke Corporation	Sí
Termómetro	Fluke	Fluke Corporation	Sí
Cronómetro	Radioshack	Radio shack Corporation	Sí

Fuente: Requerimientos diagnóstico LFA (2020).

- 1 Banco de pruebas gravimétrico manual (Diámetros DN15)

Tabla 3 Instrumentos que conforman el Banco de pruebas gravimétrico manual

Instrumento	Marca	Fabricante	Calibración
Báscula 1 500 kg	Rice Lake	Rice Lake Weighing Systems	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (10.80 a 108.00) l/h	Krohne	Krohne	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (108.00 a 1080.00) l/h	Krohne	Krohne	No
Caudalímetro de área variable (rotámetro) (720 a 7200) l/h	Omega	OMEGA Engineering	No
Manómetro	Wika	Instrumentos Wika S.A.U	Sí
Manómetro	Wika	Instrumentos Wika S.A.U	Sí
Termómetro	Fluke	Fluke Corporation	Sí
Termómetro	Fluke	Fluke Corporation	Sí
Cronómetro	Radioshack	Radio shack Corporation	Sí

Fuente: Requerimientos diagnóstico LFA (2020).

- 1 Banco de pruebas semi automático gravimétrico (Diámetros DN15)

Tabla 4 Instrumentos que conforman el Banco de pruebas semi automático gravimétrico

Instrumento	Marca	Fabricante	Calibración
Bascula 350 kg	Mettler Toledo	Mettler Toledo	No
Caudalímetro electromagnético (3.6 a 108.00) l/h	Endress+Hauser	Endress+Hauser INC	No

Instrumento	Marca	Fabricante	Calibración
Caudalímetro electromagnético (60 a 1800) l/h	Endress+Hauser	Endress+Hauser INC	No
Caudalímetro electromagnético (540 a 18000) l/h	Endress+Hauser	Endress+Hauser INC	No
Transductor de presión	Siemens	Siemens S.A	Sí
Transductor de presión	Siemens	Siemens S.A	Sí
Termómetro RTD	Siemens	Siemens S.A	Sí
Termómetro RTD	Siemens	Siemens S.A	Sí
Termohigrómetro	Ro-tronic	Rotronic Instrument Corp.	No

Fuente: Requerimientos diagnóstico LFA (2020).

Por su lado, de acuerdo con la Tabla 5 el recurso humano disponible designado para ejecutar las labores y funciones del LFA se identifica lo siguiente:

Tabla 5 Recursos humanos asignados al LFA

Cantidad	Perfil	Área
4	Profesional	Ingeniería
1	Técnico	Control de calidad
3	Educación media	Laboratorista

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con declaración de entrevistados.

Adicionalmente, como parte del análisis al proceso que se ejecuta en el LFA para la calibración de medidores, a través de visitas al Laboratorio y entrevistas a su personal experto, se identificó el siguiente diagrama de flujo del proceso, tal y como se muestra en la Figura 7:

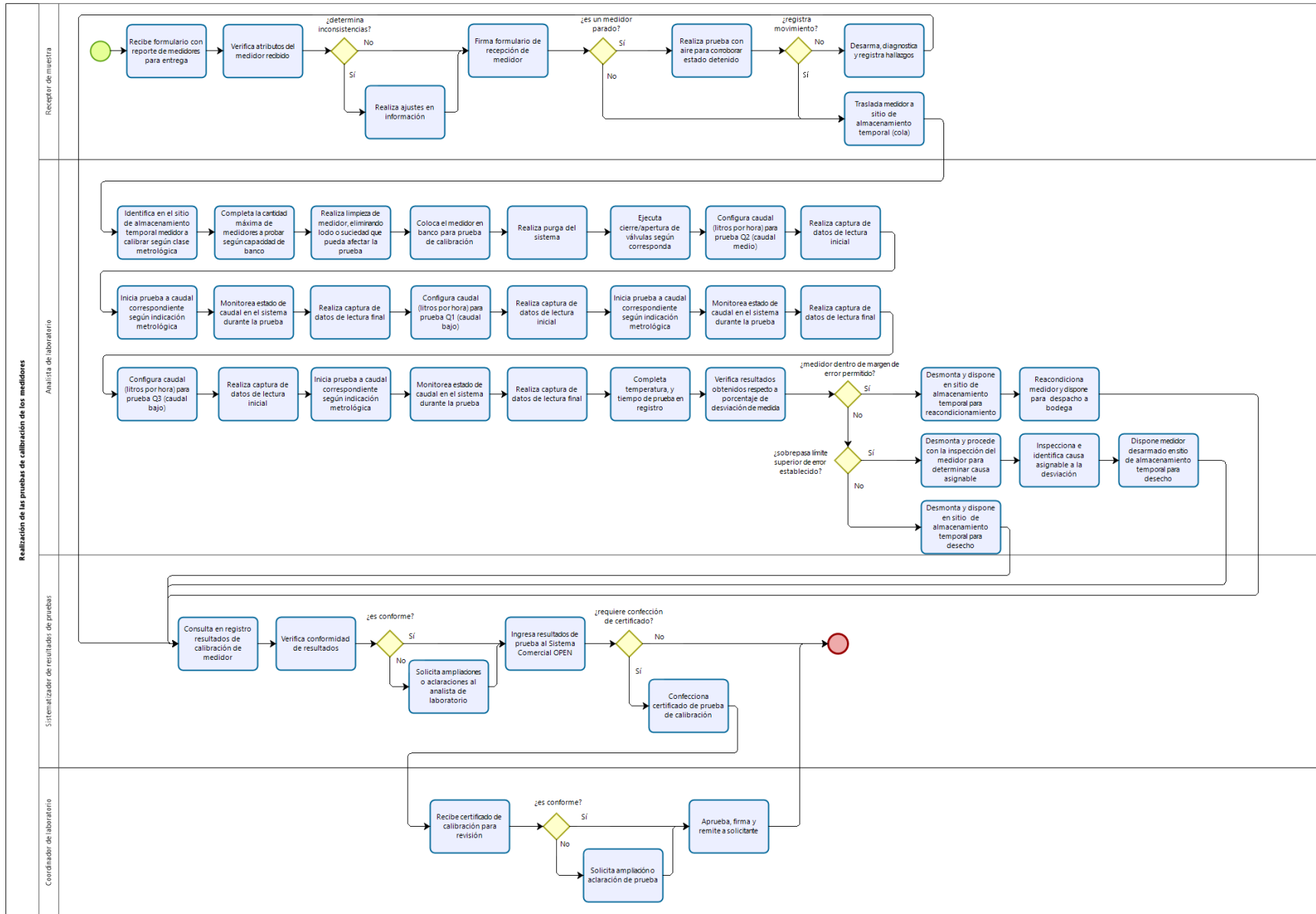


Figura 7 Diagrama de flujo proceso de realización de pruebas a medidores

De forma general el proceso está constituido de cuatro fases. La primera de ellas enfocada en la recepción de medidor, en este caso el ítem de calibración, en la segunda fase se concentran las actividades propiamente de ejecución de la calibración por medio del banco de pruebas, la tercera fase incluye actividades de diagnóstico de medidores respecto a causas asignables a la desviación de la lectura de caudal registrado de estos y finalmente la cuarta fase tiene que ver con la sistematización de los resultados para su incorporación en el Sistema Comercial denominado OPEN.

Asimismo, en la Tabla 6 se realizó una identificación de los componentes claves dentro del proceso a través de la herramienta conocida como SICOP (Suppliers, Inputs, Costumers, Outputs, Process) o bien traducido al español de la siguiente forma: Proveedores, Entradas, Clientes, Salidas y Proceso.

De esta forma se obtuvo lo siguiente:

Tabla 6 Ficha SIPOC (Suppliers, Inputs, Costumers, Outputs, Process)

Proveedores	Entradas	Fases del Proceso	Salidas	Clientes
UEN Servicio al cliente (Plataforma de servicios)	Solicitud de prueba en medidor por reclamo del usuario	Recepción de medidor para prueba	Solicitud de prueba a medidor por reclamo realizada	UEN Servicio al cliente
UEN Servicio al cliente ARESEP	Solicitud de prueba en medidor por lectura baja o detenido	Ejecución de prueba de calibración	Solicitud de prueba a medidor por lectura baja o detenido realizada	UEN Servicio al cliente ARESEP
LFA	Solicitud de prueba en medidor por verificación de estado de parque	Diagnóstico de medidor	Solicitud de prueba a medidor para verificación de estado de parque realizada	LFA ARESEP
	Medidor retirado del campo sujeto a la prueba	Sistematización de información	Medidor reacondicionado (cuando aplica) Medidor desechado (cuando aplica)	UEN Servicio al cliente (Medición) Empresa recicladora

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 1 es posible consultar el documento de procedimiento **GTE-106-04-P Verificación del estado de la micro medición** y a continuación, se realiza una descripción general de las 4 principales fases del proceso:

- 1. Recepción de medidor para prueba:** Esta fase consiste en la recepción del medidor que requiere la prueba de calibración en el LFA. Posteriormente el encargado verifica que los datos indicados en el mismo sean legibles, además debe hacer una inspección visual del medidor entregado para determinar la correspondencia con la solicitud y hace la verificación inicial de funcionamiento (gira el indicador), la cual se realiza utilizando la manguera de aire comprimido para determinar con exactitud si el medidor entregado se encuentra “parado” o no.

Esta actividad es 100% manual, y contiene una serie de subtarefas asociadas a la verificación y corroboración de conformidad de la información asociada al medidor muestra que está ingresando al LFA.

- 2. Ejecución de prueba de calibración: El analista** Selecciona los medidores que se van a probar de acuerdo con sus características metrológicas y el diámetro correspondiente, posteriormente opera en el panel de control, la bomba que inyecta agua al banco de prueba y abre la llave de paso principal del sistema, para alimentar a los bancos de prueba e instala los medidores de acuerdo con la capacidad del banco de prueba a utilizar y abre la llave de paso que suministra agua al sistema de los bancos. En este paso debe verificar que no haya fugas en el sistema, purga el sistema verificación de válvulas y caudal requerido de acuerdo con la especificación para Q₁, Q₂, y Q₃.

Posteriormente, completa el formulario de calibraciones (Ver anexo 2) anotando los datos correspondientes a cada uno de los medidores (lectura inicial) y los datos de los instrumentos de medición según se solicita y abre la llave de apertura y cierre de la línea correspondiente a la prueba a realizar y activar el cronómetro, en esta actividad debe verificar con el rotámetro que el caudal que fluye sea el solicitado según la prueba en ejecución.

Finalmente, cierra la válvula de apertura y cierre, una vez que el menisco alcance la marca del volumen requerido en la escala del patrón e instantáneamente detener el tiempo en el cronómetro y completa el formulario (Ver anexo 2) de calibraciones con los datos de los medidores (lectura final) e instrumentos.

Asimismo, debe realizar los cálculos y determinar el error de indicación de cada uno de los medidores. Para la prueba Q₃ y Q₂ el porcentaje de error permitido es $\pm 2\%$ y para el Q₁ el porcentaje de error permitido es $\pm 5\%$ según la norma técnica de la ARESEP.

Cierra la válvula de entrada de agua al sistema, se abre la bancada. Apaga en el panel de control, la bomba que inyecta agua al banco de prueba.

Consecutivamente, se realiza una clasificación de los medidores según los errores de indicación, si los errores de indicación de los medidores arrojan que se encuentran fuera de tolerancia permitida, se debe abrir para determinar la causa del mal funcionamiento y anotarlos respectivamente.

3. **Diagnóstico de medidor:** El encargado del diagnóstico del medidor procede a desarmar este y determinar de forma visual una causa asignable que justifique la razón de que este se encuentre ya sea detenido o bien arrojando un error de indicación fuera del rango permitido, posteriormente debe anotar y registrar los hallazgos. Este registro se hace de forma escrita y adicionalmente cuando el analista lo considere también se deja un registro fotográfico.
4. **Sistematización de información:** En la fase de sistematización de información se verifica que todos los datos suministrados por el analista sean correctos, completos, legibles y correspondan a cada muestra entregada. Asimismo, procede a incorporar en el sistema comercial integrado OPEN los datos que se obtuvieron de las pruebas realizadas a los medidores.

Para efectos de realizar el análisis del estado actual del LFA, se aplica la herramienta conocida como Mapa de Flujo de Valor o *Value Stream Mapping* de acuerdo con su nombre original en inglés.

Según M. Braglia, et al. (2006), para realizar este análisis se van a considerar las siguientes variables para realizar el Mapa de Flujo de Valor en su **estado actual**:

- **Número de turnos (NT):** De acuerdo con la situación actual del LFA, se consideró únicamente (1) turno.
- **Jornada laboral (JL):** La jornada laboral del LFA está comprendida entre las 06:00 horas y las 14:15 horas (equivalente a 495 minutos). Para efectos del modelo realizado no se consideran sábados ni domingos, ni horas extra. Esta se encuentra debidamente definida y reglamentada en el AyA.
- **Tiempo disponible (TD):** Este corresponde al tiempo de trabajo disponible durante la jornada de laboral, restando descansos o tiempos de comidas y suplementos. No se omite señalar, que el trabajo de laboratorio tiene condiciones específicas físicas y mentales de fatiga que deben ser consideradas adicional al tiempo suplementario estándar. Para el caso del presente análisis se toma un 17% como porcentaje para suplementos y se encuentra sustentado de acuerdo con lo establecido por la Oficina Internacional del Trabajo (1996) en su documento Introducción al estudio del trabajo, a continuación, se desglosa el detalle del cálculo en la Tabla 7:

Tabla 7 Cálculo de tiempo suplementario

Tipo de tensión	Puntos asignados
Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo	
Fuerza ejercida en promedio	0
Postura	4
Vibraciones	1
Ciclo breve	5
Ropa molesta	1
Tensión mental	
Concentración o ansiedad	5
Monotonía	6
Tensión visual	10
Ruido	2
Tensión física o mental provocada por la naturaleza o condiciones del trabajo	
Temperatura	
Humedad baja	0
Humedad mediana	0

Tipo de tensión	Puntos asignados
Humedad alta	0
Ventilación	1
Emanaciones de gases	0
Polvo	0
Suciedad	0
Presencia de agua	5
Total	35

Fuente: Elaboración propia a partir de documento Introducción al estudio del trabajo de la Oficina Internacional del Trabajo (1996).

No se omite señalar que cada rubro fue analizado a partir de la parametrización que establece el autor para cada uno de los tipos de tensión, posteriormente, este se contrapone a la Tabla de conversión de los puntos a los porcentajes de suplementos según se consigna en la página 509 del documento Introducción al estudio del trabajo publicado por Oficina Internacional del Trabajo (1996).

Para efectos de considerar los tiempos de cada actividad de proceso estos fueron extraídos y posteriormente validados a partir de un estudio de cargas de trabajo realizado por el LFA en el año 2021, en el marco del documento UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020). Dicho estudio consideró lo estipulado en la Guía para la realización de Estudios de Cargas de Trabajo en las Instituciones cubiertas por el Régimen del Servicio Civil (2016), específicamente lo indicado para el Método de Estándar Subjetivo. Este método establece la definición de los tiempos de cada actividad bajo la siguiente fórmula:

$$(1) T = (Tm + 4 Tp + TM) / 6^2$$

Donde:

T = Tiempo resultante.

Tm = Tiempo mínimo de la actividad.

Tp = Tiempo promedio de la actividad.

TM = Tiempo máximo de la actividad

² Tomado de Dirección General del Servicio Civil (2016).

Adicionalmente, este estudio arrojó una serie de actividades que ejecutan los colaboradores del LFA, las cuales son ajenas propiamente a las labores sustantivas de la calibración de medidores. Es decir, actividades relacionadas a trabajos de índole administrativo que disminuyen el tiempo disponible para la ejecución de actividades propias del proceso.

Por este motivo, se definió el concepto de Paro Programado (PP) y se incluyeron en este todas aquellas actividades que el análisis de cargas de trabajo consignó como adicionales a las del proceso de calibración de medidores. Las actividades incluidas en este rubro son las siguientes incluidas en la Tabla 8:

Tabla 8 Actividades incluidas por concepto de paros programados

Actividad	Minutos por turno
Atención de correos electrónicos, consultas mediante MS Teams, llamadas, elaboración de bitácora de actividades.	22,5 min/turno
Firma trámites internos institucionales	1,8 min/turno
Participa en reuniones	5,5 min/turno
Recibe capacitaciones y talleres	8,9 min/turno

Nota: Las actividades de frecuencia semanal, mensual se les aplicó una conversión a minutos y se prorrateó a frecuencia diaria.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020).

En resumen, el Tiempo Disponible (TD) se calcula a partir de la consideración del número de turnos y la jornada laboral establecida en el Reglamento autónomo de servicio del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2004). Seguidamente la resta del tiempo total de la jornada laboral del tiempo de alimentación y el 17% de suplementos, adicionando la resta producto del análisis del tiempo total de Paros Programados (PP).

Tabla 9 Cálculo de tiempo disponible

Descripción	Abreviatura	Unidad	Recepción	Ejecución de prueba	Diagnóstico	Sistematización
Número de turnos	NT	und	1 turno	1 turno	1 turno	1 turno
Jornada laboral	JL	min/turno	495 min/turno	495 min/turno	495 min/turno	495 min/turno
Tiempo alimentación	TA	min/turno	75 min/turno	75 min/turno	75 min/turno	75 min/turno
Tiempo suplementos	TS	min/turno	84 min/turno	84 min/turno	84 min/turno	84 min/turno
Paros Programados	PP	min/turno	103 min/turno	49 min/turno	49 min/turno	114 min/turno
Tiempo disponible	TD	seg/día	13,947 segs/día	17,211 segs/día	17,211 segs/día	13,311 segs/día

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020).

- **Capacidad de procesamiento (CP):** La variable corresponde al número de medidores que se pueden procesar en cada etapa del proceso en un turno, respecto al tiempo que tarda la actividad en ser ejecutada. Al igual que la variable anterior, se utiliza la Guía para la realización de Estudios de Cargas de Trabajo en las Instituciones cubiertas por el Régimen del Servicio Civil (2016), específicamente lo indicado para el Método de Estándar Subjetivo.

Es decir, para el caso en estudio, se toma el tiempo disponible (TD) y se divide entre el tiempo que tarda cada actividad en ser ejecutada de inicio a fin. A continuación, en la Tabla 10 se muestran los datos calculados con la información de cada actividad que constituye el proceso:

Tabla 10 Cálculo de capacidad de procesamiento

Descripción	Unidad	Recepción	Ejecución de prueba	Diagnóstico	Sistematización
Número de turnos	und	1 turno	1 turno	1 turno	1 turno
Jornada laboral	min/turno	495 min/turno	495 min/turno	495 min/turno	495 min/turno
Tiempo alimentación	min/turno	75 min/turno	75 min/turno	75 min/turno	75 min/turno
Tiempo suplementos	min/turno	84 min/turno	84 min/turno	84 min/turno	84 min/turno
Paros Programados	min/turno	103 min/turno	49 min/turno	49 min/turno	114 min/turno
Tiempo disponible	seg/día	232 min/día	287 min/día	287 min/día	222 min/día
Capacidad de procesamiento	und/turno	55	13	52	28

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020).

- **Número de equipos (NE):** En esta variable se indica el número de equipos disponibles para la realización de la actividad. En este caso únicamente la fase de Ejecución de la prueba de calibración depende de equipos especializados para la ejecución, en este caso los bancos de pruebas indicados en las tablas 2, 3 y 4, son los disponibles para esta prueba.

- **Porcentaje de funcionamiento (PF):** Corresponde al tiempo que los equipos utilizados para realizar las pruebas de calibración o los funcionarios del laboratorio están ocupados dentro del tiempo de ciclo. En este caso al existir personal que deben operar dos o más etapas del proceso, se reduce el porcentaje de funcionamiento de la etapa, se considera una de las restricciones del proceso. Para el cálculo de esta variable, se consideraron los datos históricos del LFA y el criterio de los expertos entrevistados, los cuales establecieron tiempos de ocupación del personal.

- **Capacidad real (CR):** El valor de la capacidad real de cada actividad del proceso y se obtiene a partir de la siguiente multiplicación:

$$(2) \text{ CR = CP x NE x PF }^3$$

Donde:

CR = Capacidad real

CP = Capacidad de procesamiento

NE = Número de equipos

PF = Porcentaje de funcionamiento

- **Tiempo de ciclo (TC):** Este se entiende como el tiempo que tarda el medidor en ser procesado en cada una de sus etapas de procesamiento y se obtiene a partir de la siguiente división:

$$(3) \text{ TC = TD / CP }^3$$

Donde:

TC = Tiempo de ciclo

TD = Tiempo disponible

CP = Capacidad de procesamiento

-Demanda: En la Tabla 11 se muestra el comportamiento de la demanda para el año 2021. En las Figuras 8 se muestran los datos de la demanda diaria actual de acuerdo con los datos históricos proporcionados por sobre las solicitudes recibidas durante el año 2021, se determinó que las entradas tienen un comportamiento que responde a una distribución normal, con una media de 163,231 y una desviación estándar 33,66, arrojando a través de la prueba de bondad del ajuste un valor $p = 0,085$.

³ Tomado a partir de M. Braglia (2006)

Tabla 11 Histórico de solicitudes ingresadas en el año 2021 por tipo de programa

Programa	Cantidad de solicitudes ingresadas
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	1.544
Lecturas bajas	616
Pruebas de gestión de reclamos	6.482
Diagnóstico de medidores parados	4.196
Total	12.838

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

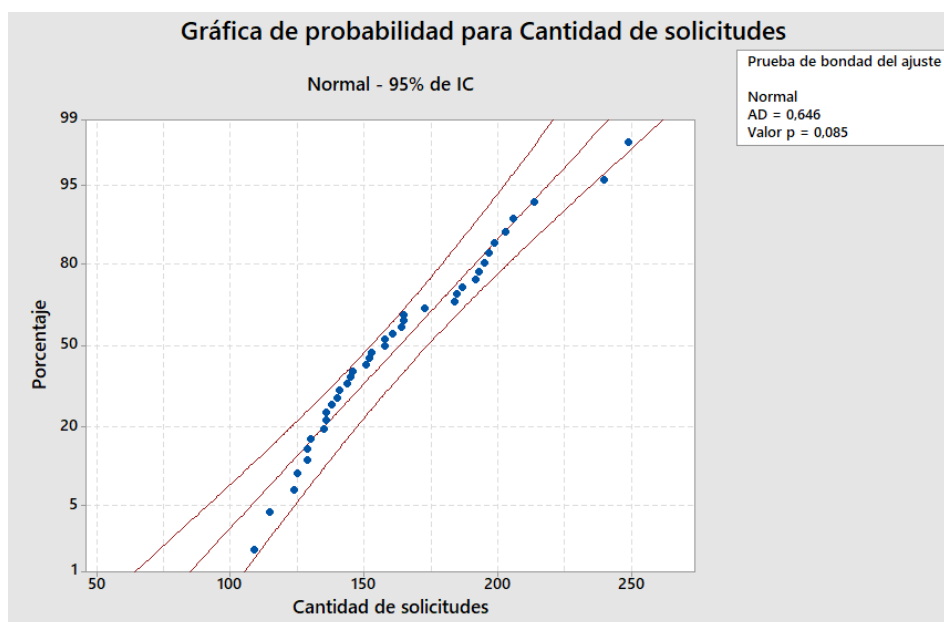


Figura 8 Gráfica de prueba de normalidad de acuerdo con la cantidad de ingresos semanales

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Asimismo, el ingreso de medidores para realización de la prueba tiene 2 principales clasificaciones. La primera de ellas se realiza de acuerdo con la naturaleza de la solicitud de la prueba (pruebas especiales, pruebas de gestión de reclamos, diagnóstico de medidores parados, AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP y lecturas bajas) y la segunda es de acuerdo con la clase

metrológica⁴ del medidor. En relación con estas dos clasificaciones y con los datos brindados de los ingresos del año 2021, en las Tablas 12 y 13 se muestran los porcentajes de comportamiento:

Tabla 12 Porcentaje de ingresos relativos por programa

Programa / Clase metrológica	B30	C15	R160	R50	R80	Total
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	5,53%	1,34%	0,16%	3,32%	1,68%	12,03%
Lecturas bajas	0,17%	0,21%	0,11%	4,11%	0,20%	4,80%
Pruebas de gestión de reclamos	27,37%	5,90%	0,32%	12,67%	4,23%	50,49%
Diagnóstico de medidores parados	12,95%	10,53%	0,24%	6,78%	2,18%	32,68%
Total	46,03%	17,98%	0,83%	26,87%	8,30%	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Tabla 13 Porcentaje de ingresos absolutos por programa

Programa / Clase metrológica	B30	C15	R160	R50	R80	Total
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	710	172	20	426	216	1544
Lecturas bajas	22	27	14	527	26	616
Pruebas de gestión de reclamos	3514	757	41	1627	543	6482
Diagnóstico de medidores parados	1663	1352	31	870	280	4196
Total	5909	2308	106	3450	1065	12838

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Para el caso de la clase metrológica es necesario tener en cuenta que, para efectos de ejecución de prueba en el banco, se requiere que el lote de medidores ingresados sea de una clase metrológica igual o bien compatible entre sí, debido a que cada clase tiene especificaciones de prueba determinadas. Lo anterior se requiere considerar con el objetivo de incorporar diferencias en los tiempos de selección de lote y el tiempo de ejecución de prueba en sus diferentes caudales. Asimismo, esta situación corresponde a una de las limitaciones para operar los bancos de pruebas en su máxima capacidad, debido a la probabilidad de que al momento de la selección del lote no

⁴ De acuerdo con lo establecido por la ARESEP (2008) “son las clases en que se clasifican los medidores de acuerdo con el caudal mínimo (q_{\min}) y el caudal de transición (qt).”

se cuente con la totalidad de medidores de una misma clase para ingresar a la prueba, afectando así el porcentaje de utilización del banco y con esto su capacidad de procesamiento diaria.

Adicionalmente, tal y como se muestra en la Figura 9 Diagrama de flujo del proceso, en el caso de los medidores parados, estos omiten la etapa de ejecución de prueba de calibración, ya que de previo se comprueba que este no reporta movimiento al momento del paso del agua, de manera que pasa del almacenamiento y custodia al diagnóstico. Mientras tanto, para el caso de los medidores que provienen de los otros 3 programas, estos realizan la ejecución de la prueba y para el caso de los medidores que arrojan un error de desviación de $\pm 20\%$ para el caso de Q1 y Q3 y $\pm 15\%$ para el caso de Q2 continúan a la fase de diagnóstico, caso contrario continúan con la sistematización sin necesidad de ser diagnosticado⁵.

Para efectos de calcular el nivel de la demanda de la fase de diagnóstico se consideró a partir de la información brindada, el porcentaje de pruebas que necesitaron en el año 2021 pasar por esta fase y sus resultados se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14 Porcentaje de medidores que requieren diagnóstico

¿Requiere ejecución de diagnóstico?	Cantidad absoluta	Cantidad relativa
Sí requiere	6.837	53,3%
No requiere	6.001	46,7%
Total	12.838	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

No obstante, tal y como se expuso en la definición del problema de investigación, de acuerdo con el requerimiento de la Norma Técnica para Medidores de ARESEP (2008), en su artículo N°49, se solicita al AyA realizar una verificación del estado metrológico del conjunto de medidores del Instituto, lo cual aumenta la demanda teórica establecida relativa a la cantidad de pruebas que el AyA requiere que sean procesadas por el LFA. La cantidad proyectada y que se utilizará para el planteamiento del escenario futuro deseado es la siguiente:

⁵ Q1 (15,6; 30; 31,25 y 32 l/h), Q2 (22,5; 25; 50; 51,2 y 120 l/h) y Q3(1500; 1600 y 2500 l/h), de acuerdo con la clase metrológica del medidor.

Tabla 15 Desglose requerimiento cantidad de pruebas de LFA

Programa	Demanda promedio		
	Anual	Mensual	Semanal
Pruebas de gestión de reclamos	7500	625	156
Diagnóstico de medidores parados	4 800	400	100
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	4 608	384	96
Lecturas bajas	9 000	750	188
Total	25 908	2 159	540

Fuente: Análisis de requerimientos del LFA UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020).

- **Tiempo de producción (También conocido como Lead Time):** Es el tiempo que tarda un medidor desde que se recibe una orden de calibración hasta que se colocan los resultados de su análisis en el sistema comercial del AyA y se obtiene a partir de la siguiente división:

$$(4) \text{ Lead time = Demanda diaria / Inventario }^6$$

- **Tiempo de proceso:** Corresponde al tiempo en el que se está realizando la calibración del medidor, es decir se encuentra propiamente en el proceso de análisis para conocer su estado metrológico, sin considerar el tiempo que el medidor está en cola esperando a ser procesado en alguna de sus diferentes etapas. También es conocido como el tiempo de Valor Agregado (VA). En este caso el VA se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de Proceso o Valor añadido} = (5) \sum \text{ de Tiempos de ciclo (TC) }^6$$

- **Velocidad de producción (También conocido como Takt Time):** Corresponde al ritmo en que idealmente se debe tardar el proceso de calibración de los medidores para cumplir con las necesidades el Instituto y se calcula como se muestra a continuación:

$$(6) \text{ Takt time = Demanda diaria / Tiempo disponible }^6$$

A continuación, se muestra el **mapeo de flujo de valor actual** realizado en el LFA:

⁶ Devanshu M. et al. (2020)

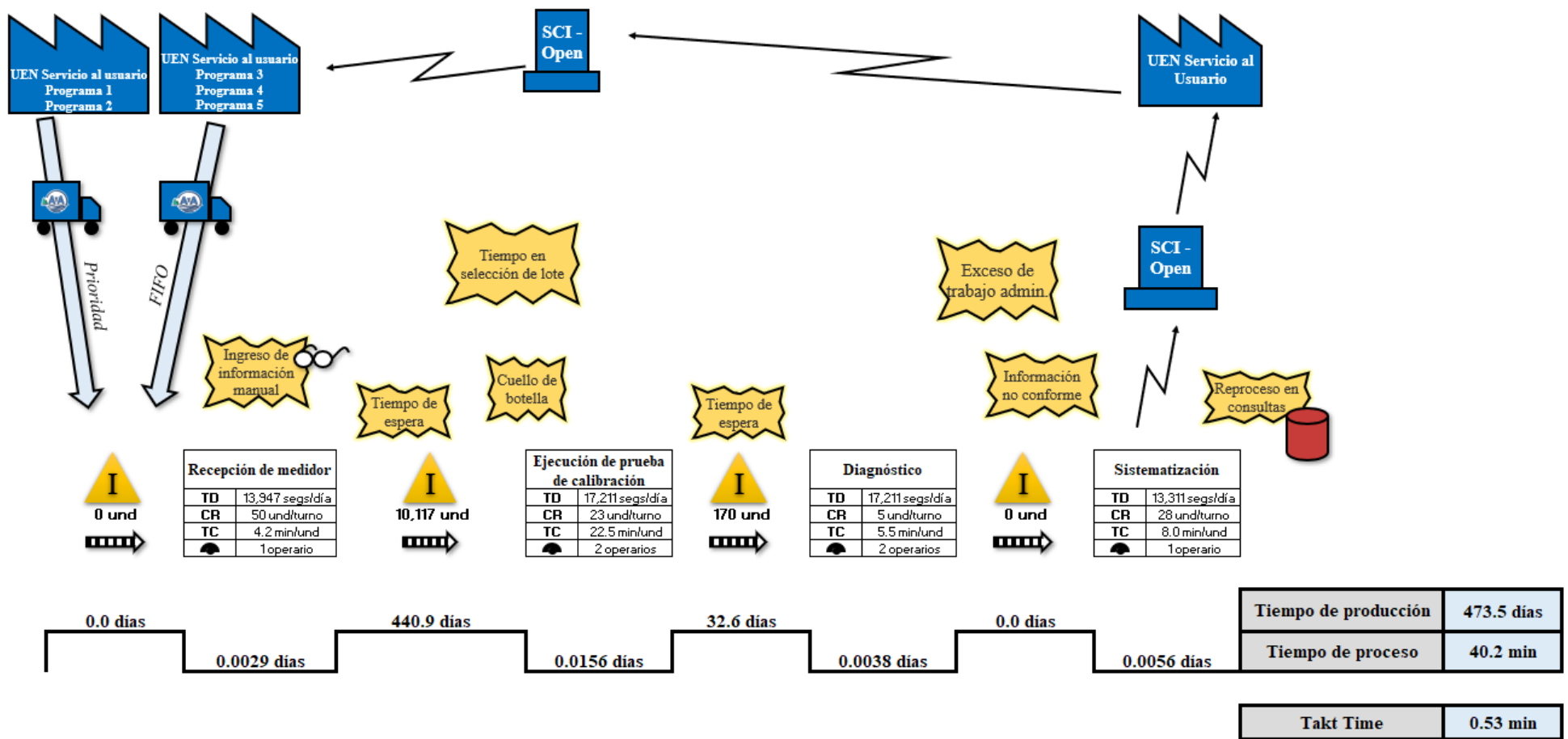


Figura 9 Mapeo de flujo de valor (VSM) - Estado actual

De acuerdo con lo diagramado e indicado en la Figura N°9, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 16 Cálculo de la demanda actual de pruebas del LFA

Programa	Demanda promedio		
	Anual	Mensual	Semanal
Pruebas de gestión de reclamos	6,482	540	135
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	1,536	128	32
Lecturas bajas	556	46	12
Total	8,574	715	179
Diagnóstico de medidores parados	4,196	350	87
		und/día	16

Nota: La demanda de pruebas que se requiere para medidores parados se consigna de forma independiente debido a que a estos no se les realiza una prueba en el banco si no únicamente una inspección.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Tabla 17 Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración

Descripción	Unidad	Recepción	Ejecución de prueba	Diagnóstico	Sistematización	Total
Inventario	Und	0 und	10,117 und	170 und	0 und	473.5 días
Lead time	días	0.0 días	440.9 días	32.6 días	0.0 días	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Tabla 18 Cálculo de tiempo de proceso

Descripción	Recepción	Ejecución de prueba ⁷	Diagnóstico	Sistematización
Tiempo de ciclo	4.2 min/und	22.5 min/und	5.5 min/und	8.0 min/und

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

Tabla 19 Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time)

Descripción	Unidad	Tiempo
Takt Time	min/und	0.53 min

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

⁷ Cálculo por unidad, total lote de 8 medidores 180 minutos

4.1.2. Requisitos técnicos y normativos aplicables

El objetivo es realizar un abordaje de los requisitos técnicos y normativos los cuales el LFA debe atender y cumplir, de manera que se tenga claridad de la propuesta de mejora a partir de la brecha en términos de gestión administrativa y capacidad operativa del LFA que se identifique.

Con base en lo que estipula la Pirámide de Kelsen⁸ o también conocido como las fuentes de derecho y su jerarquía, se elabora la Figura 10 se estructura los requisitos de mayor a menor nivel de injerencia, a saber:

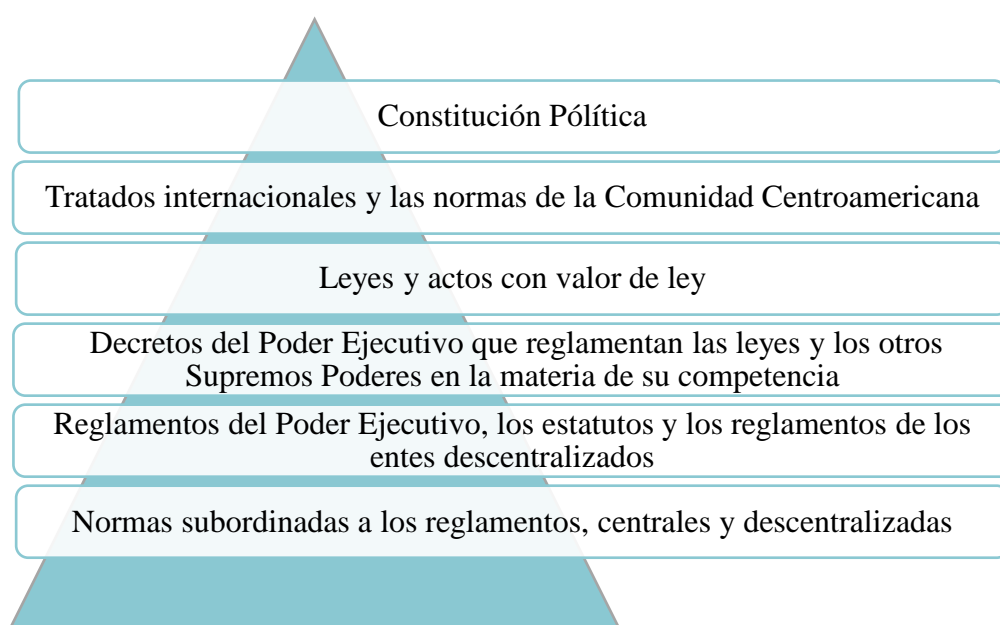


Figura 10 Jerarquía de las fuentes del ordenamiento jurídico administrativo

Fuente: Asamblea Legislativa República de Costa Rica, (1978). Última actualización 23/07/2012.

Siendo la Constitución Política de la República de Costa Rica (1949), la fuente de derecho de mayor nivel y considerando que esta, en su Artículo N°129 indica que las leyes son obligatorias y surten efectos desde el día que ellas designen o bien 10 días después de su publicación en el Diario

⁸ Su nombre proviene del jurista y filósofo austriaco, Hans Kelsen y corresponde a la jerarquía de las normas en Derecho. Para el caso de Costa Rica, la estructura de la pirámide se encuentra definida en artículo N°6 de la Ley General de la Administración Pública (1978).

Oficial La Gaceta, cualquier requisito que se identifique en los documentos con rango de ley, será catalogado como un incumplimiento legal a un requisito.

Asimismo, la Constitución Política de la República de Costa Rica (1949) establece en el Artículo N°188 que las instituciones autónomas del Estado gozan de independencia administrativa y están sujetas a la ley en materia de gobierno. Sus directores responden por su gestión. Por lo tanto, de acuerdo con lo estipulado en la cita anterior, es responsabilidad de los jefes del AyA de acuerdo con lo indicado en la Constitución Política, velar por el acatamiento al marco legal que lo rige y deberán rendir cuentas por su gestión.

Consecuentemente, se realizó un análisis documental basado en el Marco Normativo publicado por el AyA (2022) en su sitio web (www.aya.go.cr / transparencia institucional), así como jurisprudencia nacional en materia de gestión de calidad, a partir de esto se identificaron los documentos aplicables y posteriormente se complementó con la normativa técnica específica para la competencia de laboratorios en el país.

A continuación, se detalla requisitos que se logran identificar de la totalidad del universo documental (normativo y técnico) aplicable a la gestión del LFA.

✓ **Fuente: Ley Sistema Nacional para la Calidad (2002).**

Requisito aplicable (1): *Artículo N°34. Los laboratorios estatales deberán acreditarse ante el ECA, de conformidad con el reglamento respectivo.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: A fecha de estudio el LFA no se encuentra acreditado por el ECA, en alguna de las normas aplicables. No se omite señalar que de acuerdo con el Transitorio II a dicha Ley establece:

Los laboratorios oficiales, estatales o privados, que brindan servicio al Estado y hayan operado antes de la entrada en vigor de la presente Ley, deberán acreditarse ante el ECA dentro del plazo máximo de tres años y de acuerdo con el procedimiento que defina dicho Ente.

Es decir, el LFA tiene un retraso de aproximadamente 17 años, al margen de este cumplimiento normativo.

✓ **Fuente: Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (2016).**

Requisito aplicable (2): *Artículo N°82. Cobro del servicio con interposición de queja por alto consumo.*

Nivel de cumplimiento: Cumple.

Justificación: El LFA realiza pruebas de calibración a los medidores que son reclamados por alto consumo. Por lo tanto, se demuestra un cumplimiento a dicho requisito.

✓ **Fuente: Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (2016).**

Requisito aplicable (3): *Artículo N°100. Comprobación del funcionamiento del hidrómetro. 8 días naturales.*

Nivel de cumplimiento: Cumple parcialmente.

Justificación: El LFA no logra resolver la totalidad de las solicitudes de prueba de calibración en el plazo establecido en el Reglamento.

No se omite mencionar que, a fecha del estudio, el LFA no cuenta con un registro histórico de plazo medio de resolución de casos, que permita corroborar tanto si se cumple o no se cumple lo demandado por el Artículo N°100. No obstante, de acuerdo con el análisis de Mapeo de Flujo de Valor consignado en la Figura 9, es posible determinar que, dada la cantidad de inventario pendiente de procesar, compromete el cumplimiento de plazo de resolución estipulado en 8 días naturales.

✓ **Fuente: Reglamento de Prestación de los Servicios de AyA (2021).**

Requisito aplicable (4): *Artículo N°97. De las modificaciones a la facturación.*

Nivel de cumplimiento: Cumple.

Justificación: El AyA establece la posibilidad de realizar ajustes a la facturación en caso de demostrarse una inconformidad en la lectura del medidor. Para estos casos, el LFA a solicitud

del área comercial, realiza pruebas de calibración a los medidores que son reclamados por alto consumo.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (5): *Artículo 24. Muestra para pruebas o ensayos a medidores nuevos.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: Actualmente el LFA no se encuentra acreditado por lo que no le es posible realizar el muestreo de acuerdo con el tamaño del lote adquirido con el fin de verificar que los medidores adquiridos satisfacen lo establecido en esta norma técnica. Consecuentemente, el AyA debe subcontratar a un laboratorio acreditado para la realización de las pruebas que permita afirmar que el lote cumple con los criterios de aceptación establecidos en el Capítulo XII de esta misma Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008).

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (6): *Artículo 26. Certificación de la exactitud y confiabilidad*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: En primera instancia el LFA no se encuentra acreditado por lo que no es posible certificar la exactitud y confiabilidad de estos a través de un documento válido. En segunda instancia, el LFA declara no tener la capacidad de elaborar certificados para todas las pruebas, únicamente realizan esta actividad en promedio 3 veces al mes.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (7): *Artículo 36. Alcance del mantenimiento.*

Requisito aplicable (8): *Artículo 37. Mantenimiento del hidrómetro.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: Si bien el AyA cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo asociado al conjunto de medidores, el LFA no cuenta con la capacidad instalada para realizar

todas las pruebas requeridas siendo necesario aplicar un mecanismo de priorización de la realización de las pruebas provenientes de órdenes de servicio emitidas por el área comercial para la atención de reclamos de los usuarios.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (9): *Artículo 39. Remisión de programa de mantenimiento*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: Las Subgerencias operativas del AyA remiten periódicamente el programa de mantenimiento preventivo y correctivo a la ARESEP. No obstante, de acuerdo con lo indicado en el requisito N°8 anterior, este programa no se cumple en su totalidad debido a ya sea priorización de la realización de las pruebas provenientes de órdenes de servicio emitidas por el área comercial para la atención de reclamos de los usuarios o bien está sujeto a la disponibilidad de medidores nuevos para sustituir.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (10): *Artículo 43. Métodos para la verificación del funcionamiento de los Medidores.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: Se cuenta con un laboratorio, no obstante, este no se encuentra acreditado.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (11): *Artículo 44. Laboratorio-taller de medidores.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: Se cuenta con un laboratorio, no obstante, este no se encuentra acreditado. No se realizan pruebas de adquisición de medidores. No se elaboran certificados de calibración para la totalidad de pruebas que se realizan. Tampoco se reparan medidores.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (12): *Artículo 45. Competencia para brindar servicios.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA no se encuentra actualmente acreditado por el ECA, en alguna de las normas aplicables.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (13): *Artículo 46. Actividades básicas del laboratorio – taller.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA no cuenta con la capacidad instalada para realizar la totalidad de las pruebas que demanda el parque de medidores del AyA debido a lecturas bajas, medidores detenidos o dañados, entre otros. La capacidad declarada por el LFA permite atender únicamente en promedio 1320 solicitudes mensuales lo cual significa aproximadamente un 60% de las solicitudes de pruebas requeridas. Asimismo, la falta de la acreditación colabora al no cumplimiento del requisito.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (14): *Artículo 47. Registro de los laboratorios*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA no se encuentra actualmente acreditado por el ECA, en alguna de las normas aplicables. Por este motivo no es posible realizar el debido registro tal y como lo establece el artículo.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (15): *Artículo 49. Verificación del funcionamiento del conjunto de medidores.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA cuenta con capacidad instalada limitada para realizar el muestreo del conjunto de medidores de acuerdo con una muestra estadísticamente representativa, si bien el Artículo 49 no establece niveles de confianza o márgenes de error permitidos, dada la heterogeneidad del conjunto de medidores del Instituto es necesario establecer segmentaciones de la población, así como considerar otras variables de acuerdo con lo que sea el interés institucional y del regulador. Asimismo, de acuerdo con el documento UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020), en función de los recursos disponibles se priorizan las pruebas de calibración provenientes de reclamos de usuarios.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (16): *Artículo 50. Verificación en sitio del funcionamiento del hidrómetro.*

Requisito aplicable (17): *Artículo 51. Condiciones del hidrómetro de referencia.*

Requisito aplicable (18): *Artículo 52. Exactitud de la medición del hidrómetro de referencia.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA no realiza verificaciones en sitio del funcionamiento del medidor.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (19): *Artículo 53. Pruebas o ensayos de medidores.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA actualmente no cumple con la totalidad de los requisitos indicados en la Norma Técnica o bien en la Norma ISO 4064-3, tales como condiciones de infraestructura controlada para asegurar los valores de caudal necesarios, temperatura del agua, presión del agua, temperatura ambiente, humedad relativa del ambiente y presión atmosférica ambiental establecidos. Adicionalmente, condiciones de capacidad instalada para aplicación de la

repetibilidad, la cual establece la necesidad de realizar 3 repeticiones de las pruebas en sus 3 caudales (Q_1 , Q_2 y Q_3). Asimismo, requisitos asociados calibración de patrones en cumplimiento de los requisitos de trazabilidad establecidos por el ECA.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (20): *Artículo 54. Pruebas o ensayos para la adquisición de medidores.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA no se encuentra actualmente acreditado por el ECA, en alguna de las normas aplicables, por lo tanto, no se encuentra autorizado para realizar estas pruebas.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (21): *Artículo 55. Prueba o ensayo para la emisión de la certificación de la exactitud y confiabilidad de un hidrómetro.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA no emite certificado de exactitud y confiabilidad para la totalidad de las pruebas que se realizan ya que no se encuentra acreditado por lo que no es posible certificar la exactitud y confiabilidad de estos a través de un documento válido, adicionalmente, el LFA declara no tener la capacidad de elaborar certificados para todas las pruebas, únicamente realizan esta actividad en promedio 3 veces al mes.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (22): *Artículo 56. Prueba o ensayo para determinar la exactitud de medidores en operación.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA realiza pruebas de exactitud de los medidores que son parte de mantenimientos preventivos o correctivos, o bien aquellos que son a solicitud del usuario. No

obstante, se otorga un cumplimiento parcial debido a que por capacidad instalada esta prueba no se hace de acuerdo con las cantidades establecidas del conjunto de medidores.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (23): *Artículo 57. Inspección del hidrómetro.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA realiza inspección visual de los medidores que son parte de mantenimientos preventivos o correctivos, o bien aquellos que son a solicitud del usuario. No obstante, se otorga un cumplimiento parcial debido a que por capacidad instalada esta prueba no se hace de acuerdo con las cantidades establecidas del conjunto de medidores.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (24): *Artículo 58. Prueba hidrostática o de estanqueidad.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA realiza únicamente la prueba de exactitud y confiabilidad del medidor.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (25): *Artículo 59. Prueba de pérdida de carga o presión.*

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA realiza únicamente la prueba de exactitud y confiabilidad del medidor.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (26): *Artículo 60. Determinación de la curva de error o curva de exactitud en función del caudal.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA cuenta con el equipo y los recursos para realizar las pruebas de curva de error o curva de exactitud en función del caudal. No obstante, a la fecha el LFA declara tener aproximadamente 10.000 medidores en inventario pendientes de realizar la prueba de calibración, por lo cual no es posible para todos los casos determinar la curva de error o curva de exactitud en función del caudal.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (27): *Artículo 61. Prueba simplificada para la determinación de la curva de error en función del caudal.*

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA cuenta con el equipo y los recursos para realizar las pruebas de curva de error o curva de exactitud en función del caudal. No obstante, a la fecha el LFA declara tener aproximadamente 10.000 medidores en inventario pendientes de realizar la prueba de calibración, por lo cual no es posible para todos los casos determinar la curva de error o curva de exactitud en función del caudal.

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008** (2008).

Requisito aplicable (28): Artículo 63: Prueba de medición para determinar el error de consumo debido a reclamos.

Nivel de cumplimiento: Cumplimiento parcial.

Justificación: El LFA cuenta con el equipo y los recursos para realizar las pruebas de curva de error o curva de exactitud en función de 3 caudales debido a reclamos de un usuario. No obstante, a la fecha del estudio el LFA no está realizando la repetibilidad solicitada en la Norma ISO 4064, la cual establece la necesidad de realizar 3 repeticiones de las pruebas en sus 3 caudales (Q_1 , Q_2 y Q_3).

✓ **Fuente:** Norma ISO 4064-3: Medición del flujo de agua en conductos cerrados - Hidrómetro para agua potable fría. Parte 3: Equipos y métodos de ensayo.

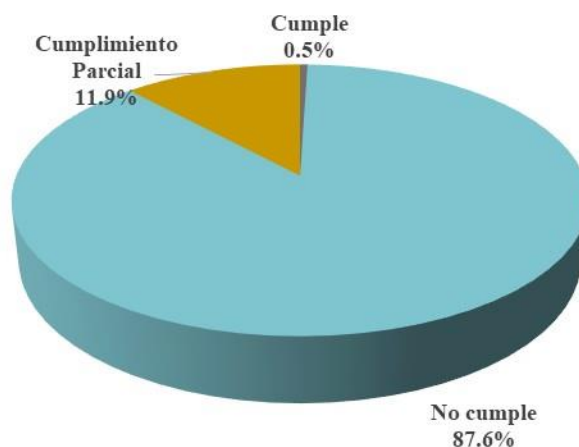
Requisito aplicable (29): Artículos aplicables a los equipos y métodos de ensayo de medidores de flujo de agua.

Nivel de cumplimiento: No cumple.

Justificación: El LFA requiere realizar mejoras de infraestructura y equipo para cumplir con la norma indicada. El LFA actualmente no cumple con la totalidad de los requisitos indicados en la Norma Técnica o bien en la Norma ISO 4064-3, tales como condiciones de infraestructura controlada para asegurar los valores de caudal necesarios, temperatura del agua, presión del agua, temperatura ambiente, humedad relativa del ambiente y presión atmosférica ambiental establecidos. Adicionalmente, condiciones de capacidad instalada para aplicación de la repetibilidad, la cual establece la necesidad de realizar 3 repeticiones de las pruebas en sus 3 caudales (Q_1 , Q_2 y Q_3). Asimismo, requisitos asociados calibración de patrones en cumplimiento de los requisitos de trazabilidad establecidos por el ECA.

✓ **Fuente:** Norma INTE/ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Objeto y campo de aplicación.

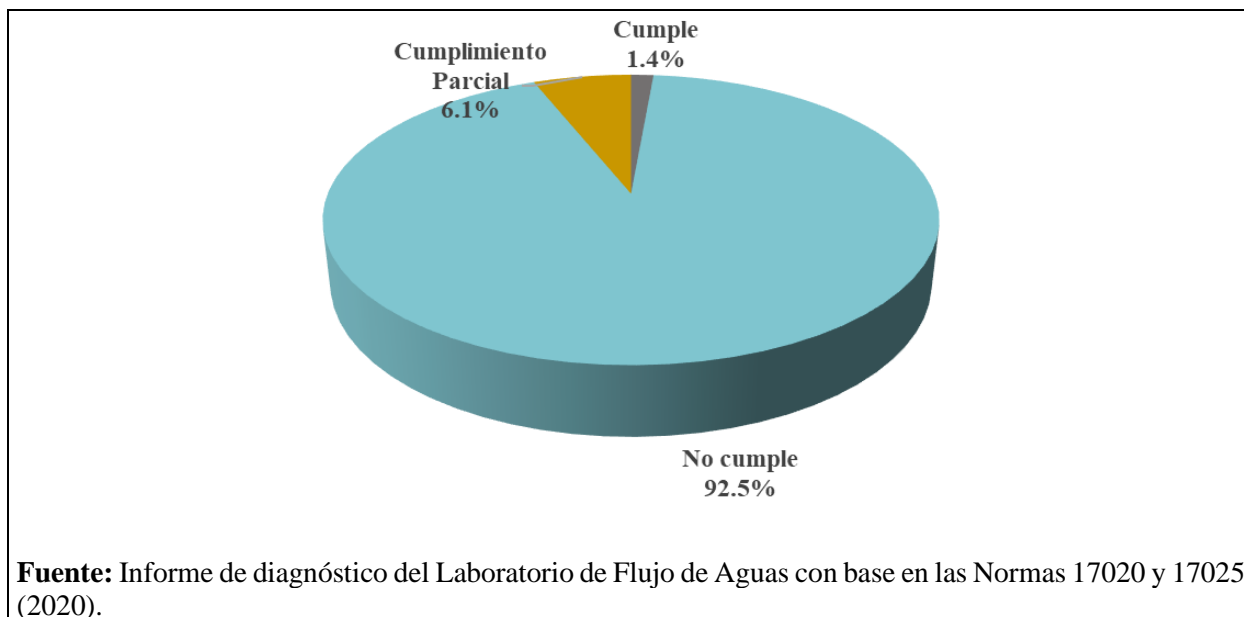
Nivel de cumplimiento: No cumple.



Fuente: Informe de diagnóstico del Laboratorio de Flujo de Aguas con base en las Normas 17020 y 17025 (2020).

✓ **Fuente:** Norma INTE/ISO/IEC 17020:2012 Evaluación de la conformidad — Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.

Nivel de cumplimiento: No cumple.



Como es posible observar a partir del análisis realizado el LFA y como se muestra en la Figura 11, se identificaron un total de 29 requisitos de acuerdo con los documentos (1 Ley, 2 Reglamentos, 2 Normas Técnicas) aplicables y vigente a la fecha de realización de la investigación. Actualmente, del total de requisitos el LFA incumple con de 12 requisitos, cumple parcialmente con 15 requisitos y cumple satisfactoriamente con 2 requisitos. Adicionalmente, se debe considerar la respectiva acreditación en las Normas INTE/ISO/IEC 17020:2012 Evaluación de la conformidad — Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección e INTE/ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Objeto y campo de aplicación, las cuales a su vez tiene requisitos en sí mismas que el LFA debe atender para efectos de alcanzar la acreditación.

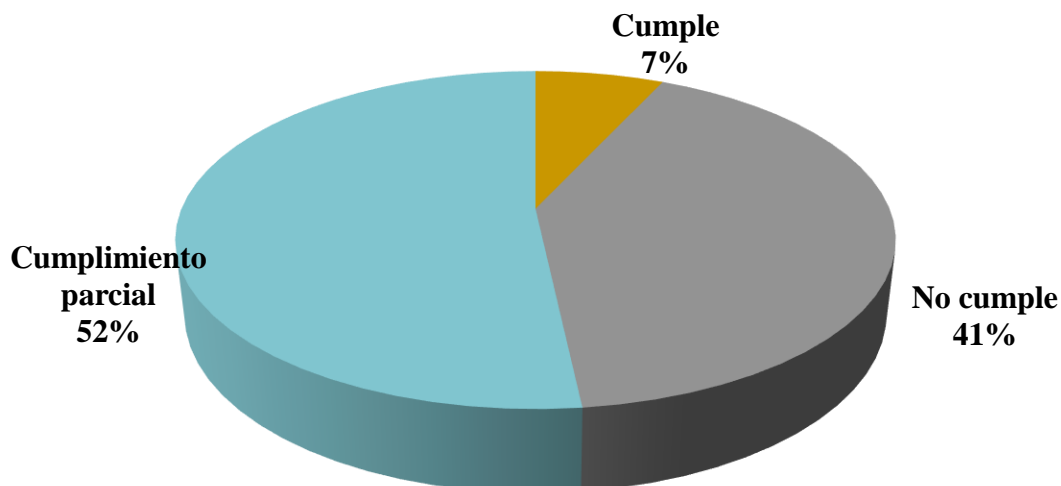


Figura 11 Resultados evaluación requisitos aplicables

En el apartado 4.2 *Propuesta de desarrollo administrativo y operativo* se planteará la alternativa de solución para alcanzar el cierre de las brechas encontradas, de manera que sea posible para el laboratorio cumplir con los 29 requisitos normativos identificados.

4.1.3. Diagnóstico de gestión del Laboratorio de Flujo de Agua

Con el fin de evaluar la gestión del Laboratorio se elaboró una herramienta basada en la Norma ISO 9004:2018 (2018). Gestión de la calidad, Calidad de una organización, Orientación para lograr el éxito sostenido.

La Norma ISO 9004:2018 (2018) permite a través de la definición de componentes clave, evaluar el grado de madurez de una organización para gestionarse y poder satisfacer las necesidades y expectativas de sus partes interesadas. Así mismo, facilita un marco de referencia para determinar las acciones pertinentes para alcanzar el éxito sostenido.

En el caso de la evaluación aplicada al LFA se aclara como aspecto metodológico que esta fue realizada bajo la perspectiva del Laboratorio como una organización independiente o un subsistema del Sistema de Gestión de Calidad de AyA, de forma tal que no hubiera sesgo en la información o se viera influenciada la evaluación por la gestión del LFA respecto al resto del AyA.

La herramienta consta de una evaluación detallada del grado de madurez de una serie de apartados que se desarrollan a continuación:

- **Partes interesadas pertinentes:** Son aquellas entidades, organizaciones, proveedores, clientes que interactúan con el quehacer institucional. Según lo define la Norma INTE/ISO 9000:2015 (2015), las partes interesadas pertinentes son:

Aquellas que generan riesgo significativo para la sostenibilidad de la organización si sus necesidades y expectativas no se cumplen. Las organizaciones definen qué resultados son necesarios para proporcionar a aquellas partes interesadas pertinentes para reducir dicho riesgo.

- **Cuestiones externas e internas:** De acuerdo con la definición de la Norma INTE/ISO 9000:2015 (2015), es clave la determinación de las cuestiones internas y externas en la organización ya que permite determinar:

Los factores que influyen en el propósito, objetivos y sostenibilidad de la organización. Considera factores internos tales como los valores, cultura, conocimiento y desempeño de la organización. También considera factores externos tales como entornos legales, tecnológicos, de competitividad, de mercados, culturales, sociales y económicos.

- **Misión, visión, valores y cultura:** Corresponde al marco filosófico que rige en la organización. Según la Norma INTE/ISO 9000:2015 (2015), es una forma en la cual la Alta Dirección expresa de forma prospectiva el propósito de la organización.

- **Liderazgo – Generalidades:** Es uno de los componentes medulares, clave de éxito, ya que de acuerdo con la definición de la Norma INTE/ISO 9000:2015 (2015), permite:

Establecer la unidad de propósito y la dirección, y crean condiciones en las que las personas se implican en el logro de los objetivos de la calidad de la organización.

- **Política y estrategia:** La política en la organización permite establecer la declaración de compromiso e intenciones de la Alta Dirección. De acuerdo con lo que indica la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), esta busca incidir en aspectos tales como:

El cumplimiento, la calidad, el medio ambiente, la energía, el empleo, la seguridad y la salud en el trabajo, la calidad de la vida laboral, la innovación, la seguridad física, la privacidad, la protección de datos y la experiencia del cliente. Las declaraciones de la política deberían incluir compromisos para satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas y para promover la mejora.

- **Objetivos:** Corresponde a todo aquel resultado esperado orientado al cumplimiento de las políticas y estrategias definidas siempre en función de la satisfacción de las necesidades y expectativas de las partes interesadas. De acuerdo con lo que establece la Norma INTE/ISO 9000:2015 (2015), los objetivos:

Los objetivos pueden referirse a diferentes disciplinas (tales como objetivos financieros, de salud y seguridad y ambientales) y se pueden aplicar en diferentes niveles (como estratégicos, para toda la organización, para el proyecto, el producto y el proceso).

- **Comunicación:** Según lo establece la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), la comunicación es una de las claves para lograr el éxito sostenido en la organización. Es necesario mantener procesos de comunicación de todos aquellos componentes esenciales en el Sistema, tales como política, estrategias, objetivos, etc. Asimismo, asegurar que esa comunicación sea efectiva y que incluya un mecanismo de realimentación de partes como mecanismo de mejora continua.
- **Gestión de los procesos – Generalidades:** Un proceso es un conjunto de actividades que persiguen obtener un resultado esperado bajo ciertos términos y condiciones de acuerdo con los requisitos establecidos por su cliente. La Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), amplía al respecto de la siguiente manera:

Las organizaciones entregan valor mediante actividades conectadas dentro de una red de procesos. Los procesos a menudo cruzan los límites de las funciones dentro de la organización. Los resultados coherentes y predecibles se consiguen de manera más eficaz y eficiente cuando la red de procesos funciona como un sistema coherente.

- **Determinación de los procesos:** La determinación de los procesos dentro de una organización permite establecer enlaces e interacciones de manera tal que sea posible proporcionar los resultados esperados a las partes. A continuación, la Figura 12 extraída de la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), representa de una mejor manera la relevancia de una adecuada gestión y determinación de procesos:

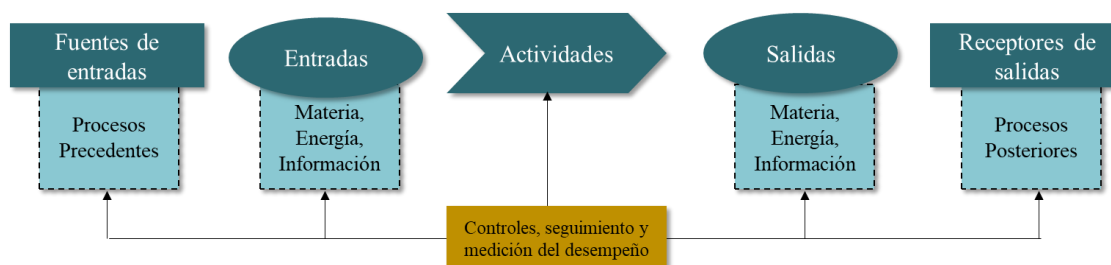


Figura 12 Elementos de un proceso individual

Fuente: Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018)

- **Responsabilidad y autoridad relativas a los procesos:** Tal y como se indicó anteriormente, el autor Edwards, R. (2018), aborda sobre la **teoría administrativa** a partir de un análisis de los 14 principios para una adecuada gestión de acuerdo con lo desarrollado por Henry Fayol. Uno de los principios es la autoridad y la jerarquía, elemento que coincide con este componente que establece la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018). Resulta clave asimismo destacar que esta norma indica lo siguiente:

La organización debería asegurarse de que se reconocen en todos los niveles de esta las responsabilidades, las autoridades y los roles de los dueños del proceso y de que las personas asociadas a los procesos individuales tienen las competencias necesarias para las tareas y actividades involucradas.

- **Gestión de los recursos – Generalidades:** No solo la disponibilidad de todos los recursos que requiere una organización para operar todos sus procesos es clave para el éxito de esta, si no asegurarse que estos se encuentren bien definidos, identificados y distribuidos, de manera tal que se haga un uso eficiente de estos. Algunos ejemplos de los recursos de acuerdo con lo establecido por la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018) son:

Los recursos financieros, las personas, el conocimiento de la organización, la tecnología, la infraestructura, como el equipo, las instalaciones, la energía y los servicios, el ambiente para los procesos de la organización, los materiales necesarios para la provisión de los productos y servicios, la información, los recursos proporcionados de forma externa, incluyendo filiales, asociaciones de negocio y alianzas, los recursos naturales, entre otros.

- **Personas:** Las personas son el recurso clave del que dispone una organización para asegurar un éxito sostenido. Según lo establece la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), contar con capital humano competente, motivado y comprometido, promover su desarrollo y establecer mecanismos para atraer personal con competencias actuales o potenciales es indispensable para una organización.
- **Conocimiento de la organización:** La gestión del conocimiento en una organización constituye a un elemento clave para potenciar los resultados esperados en sus procesos. Según lo establece la Norma INTE/ISO 9001:2015 (2015):

La organización debe determinar los conocimientos necesarios para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.

Estos conocimientos deben mantenerse y ponerse a disposición en la medida en que sea necesario.

Cuando se abordan las necesidades y tendencias cambiantes, la organización debe considerar sus conocimientos actuales y determinar cómo adquirir o acceder a los conocimientos adicionales necesarios y a las actualizaciones requeridas.

- **Tecnología:** La tecnología es un medio por el cual la organización busca nuevas y mejores formas de ejecutar sus procesos. El Alta Dirección debe promover de forma continua un enfoque proactivo de búsqueda constante de desarrollos tecnológicos de manera que sea posible tener un impacto significativo positivo en el desempeño de la organización, esto según lo establece la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018).

- **Infraestructura y ambiente de trabajo:** Es todo aquello que constituye el sistema en términos de instalaciones, equipos y servicios para el funcionamiento de todos los procesos de la organización. De acuerdo con la Norma INTE/ISO 9001:2015 (2015), la organización debe velar por determinar, proporcionar y mantener toda la infraestructura requerida para cumplir con los resultados esperados.
- **Recursos proporcionados externamente:** Es clave para una organización velar porque los recursos que son proporcionados de forma externa cumplan con las especificaciones establecidas para ese bien o servicio, de manera tal que se asegure la satisfacción de las partes. La Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), indica:

Puesto que estos recursos pueden tener impacto tanto sobre la organización como sobre sus partes interesadas, es esencial que se gestionen eficazmente sus relaciones con los proveedores externos y aliados de negocio.

- **Recursos naturales:** La Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018) incluye como parte de los componentes clave para el éxito sostenido, una adecuada gestión de los recursos naturales. Específicamente señala:

La organización debería reconocer su responsabilidad con la sociedad y debería actuar basándose en este reconocimiento. La responsabilidad incluye diversos aspectos, tales como los recursos naturales y el medio ambiente.

En términos de la gestión de los recursos, los recursos naturales consumidos por la organización en la provisión de los productos y los servicios son un tema estratégico que afecta a su éxito sostenido. La organización debería tratar la manera de determinar, obtener, mantener, proteger y usar recursos esenciales como el agua, el suelo, la energía o las materias primas.

- **Análisis y evaluación del desempeño de una organización – Generalidades:** La evaluación del desempeño es la base de cualquier organización para determinar la medida en que cumple los resultados esperados, establecer puntos de control y la mejora continua. En ese sentido la Norma INTE/ISO 9001:2015 (2015) indica la necesidad de hacer

evaluación de todos los componentes de un Sistema de Gestión desde desempeño de sus procesos, como riesgos, indicadores, desempeño de proveedores, entre otros.

- **Auditoría interna:** El establecimiento de mecanismos de evaluación de la conformidad con criterios establecidos, permite conocer el grado de apego a los estándares y a su vez constituye un punto de partida para definir posibles brechas que sean transformadas en planes de acción hacia la mejora continua. Sobre esa misma línea la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018) establece:

La auditoría interna es una herramienta eficaz para identificar problemas, no conformidades, riesgos y oportunidades, así como para hacer el seguimiento del progreso de la resolución de problemas y no conformidades identificadas previamente. La auditoría interna también se puede centrar en la identificación de buenas prácticas y en las oportunidades de mejora.

- **Mejora, aprendizaje e innovación – Generalidades:** Una organización entendida como un sistema abierto, vulnerable a cambios constantes de entorno y cambios en las necesidades y expectativas de sus partes interesadas, se ve obligada a establecer e implementar ejercicios sistemáticos de análisis y ajuste con el objetivo de responder a tales cambios, lo anterior así abordado por la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018).

Cada uno de los apartados mencionados, se desglosa detalladamente en una serie de aspectos que de forma progresiva determinan el nivel de madurez del LFA, siendo el 1 el nivel más incipiente o novato y el nivel 5 el grado óptimo esperado en una organización.

Menor nivel de madurez			Mayor nivel de madurez	
1	2	3	4	5

El objetivo que se definió para la aplicación de la evaluación es:

Identificar oportunidades de mejora en las diferentes áreas de la organización y su sistema de gestión, de manera que sea posible a partir de una autoevaluación, promover su mejora continua y la priorización de recursos.

Asimismo, la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018), establece que el objetivo de modelo de madurez deseado de toda organización es el siguiente:

Una organización que se considera madura y logra éxito sostenido en su gestión, es aquella que es capaz de realizar las siguientes actividades:

- a) comprender y satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas;
- b) hacer el seguimiento de los cambios en el contexto de la organización;
- c) identificar posibles áreas de mejora, aprendizaje e innovación;
- d) definir y desplegar políticas, estrategia y objetivos;
- e) gestionar sus procesos y sus recursos;
- f) demostrar confianza en las personas, guiándolas hacia un compromiso mayor;
- g) establecer relaciones beneficiosas con las partes interesadas, tales como proveedores externos y otros aliados de negocio.

La metodología utilizada para la aplicación de la herramienta se basó principalmente en la entrevista a expertos del LFA y en la revisión de la documentación asociada al Sistema de Gestión de Calidad actual, oficial y disponible en el Maestro Documental del AyA vigente a fecha de investigación.

Cada uno de los componentes fue analizado y contrapuesto de acuerdo con ambas fuentes mencionadas en el párrafo anterior, posteriormente se realizó una revisión con el personal experto de manera que fuera posible validar sus resultados.

De esta forma, de acuerdo con las declaraciones de los expertos, Lepiz Villalobos (2022), Gamboa Vazquez (2022), Merizalde Dobles (2022), Jiménez Cambronero (2022) y Blanco Gómez (2022) y la documentación consultada, a continuación, se detalla la evaluación de cada uno de los componentes realizados con el nivel de madurez asignado

De la Tabla 20 a la Tabla 50 se encuentra consignado cada apartado a evaluar de acuerdo con lo establecido en la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018).

Tabla 20 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 5.2 Partes interesadas pertinentes

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
5.2 Partes interesadas pertinentes	1	Se determinan las partes interesadas, incluyendo sus necesidades y expectativas, y si los riesgos y oportunidades asociados son informales o <i>ad hoc</i> .
	2	Se establecen procesos para cumplir con las necesidades de algunas partes interesadas. Las relaciones existentes con las partes interesadas se establecen de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	3	Se dispone de procesos para determinar qué partes interesadas son pertinentes. Los procesos para determinar la pertinencia de las partes interesadas incluyen consideraciones sobre aquellas que son un riesgo para el éxito sostenido si no se cumplen sus necesidades y expectativas y sobre aquellas que pueden proporcionar oportunidades para aumentar el éxito sostenido. Se identifican las necesidades y expectativas de las partes interesadas pertinentes. Se establecen procesos para cumplir las necesidades de las partes interesadas.
	4	Se establecen procesos para evaluar la pertinencia de las necesidades y expectativas de las partes interesadas pertinentes, y se usan para determinar cuáles es necesario tratar. Se tratan y se revisan las necesidades y expectativas de las partes interesadas clave, de manera tal, que en algunas de estas relaciones existentes se evidencie una mejora del desempeño, un entendimiento común de los objetivos y valores, y una estabilidad.
	5	Los procesos y las relaciones con las partes interesadas pertinentes se cumplen de acuerdo con las necesidades y expectativas pertinentes determinadas. Esto se ha realizado como parte de la comprensión de los beneficios, riesgos y oportunidades de las relaciones continuas. Las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas pertinentes se tratan, analizan, evalúan y revisan, de manera que hay un desempeño mejorado y sostenido, una comprensión común de los objetivos y valores, y una mayor estabilidad, incluyendo el reconocimiento de los beneficios derivados de las relaciones continuas.

Tabla 21 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 5.3 Cuestiones externas e internas

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
5.3 Cuestiones	1	Los procesos para determinar y tratar las cuestiones externas e internas son informales o <i>ad hoc</i> .

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
externas e internas	2	Se dispone de procesos para determinar y tratar las cuestiones. Los riesgos y oportunidades relacionados con las cuestiones identificadas se determinan de manera informal o ad hoc.
	3	Se identifican los procesos para determinar las cuestiones internas que pueden afectar a la capacidad de la organización de lograr el éxito sostenido. Se identifican los procesos para determinar las cuestiones externas que pueden afectar a la capacidad de la organización de lograr el éxito sostenido.
	4	Se determinan las cuestiones externas e internas, y tienen en consideración factores como los requisitos legales, reglamentarios y específicos del sector, la globalización, la innovación, las actividades y los procesos asociados, la estrategia y los niveles de competencia y de conocimiento de la organización. Se determinan los riesgos y oportunidades, y tienen en consideración la información sobre la situación pasada y actual de la organización. Se establecen, implementan y mantienen procesos para tratar cuestiones consideradas como riesgos para el éxito sostenido, o como oportunidades para aumentar el éxito sostenido.
	5	Se establecen, implementan y mantienen procesos para hacer el seguimiento, la revisión y la evaluación continuos de las cuestiones externas e internas, actuándose sobre las acciones que surgen de este proceso.

Tabla 22 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 6.2 Misión, visión, valores y cultura

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
6.2 Misión, visión, valores y cultura	1	Los procesos para determinar la identidad de la organización, junto con el establecimiento de la misión, la visión, los valores y la cultura, son informales o <i>ad hoc</i> .
	2	Existe una comprensión básica de la misión, la visión y los valores de la organización. La comprensión de la cultura actual, y de si es necesario cambiarla, es informal o <i>ad hoc</i> .
	3	La alta dirección está involucrada en la determinación de la misión, la visión y los valores, basándose en procesos que tienen en cuenta la definición y el mantenimiento del contexto de la organización en relación con su identidad definida. Se dispone de una comprensión de la cultura actual, junto con un proceso para considerar la necesidad de cambios en dicha cultura. Los cambios en la identidad de la organización se comunican de manera informal a las partes interesadas percibidas.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	4	<p>La cultura de la organización está alineada con su misión, su visión y sus valores.</p> <p>Se implementa y mantiene una comprensión claramente definida de la cultura actual, junto con un proceso para considerar la necesidad de cambios en dicha cultura.</p> <p>La dirección estratégica de la organización y su política están alineadas con su misión, su visión, sus valores y su cultura.</p> <p>Los cambios en cualquiera de estos elementos de identidad se comunican dentro de la organización y a sus partes interesadas, según sea apropiado.</p>
	5	<p>Se dispone de un proceso bien establecido y mantenido para que la alta dirección revise estos elementos a intervalos planificados. Esto incluye considerar las cuestiones externas e internas como parte de la verificación de la alineación entre los elementos de la identidad de la organización, su contexto, su dirección estratégica y su política.</p>

Tabla 23 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.1 Liderazgo - Generalidades

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
7.1 Liderazgo - Generalidades	1	<p>Los procesos para definir, mantener y comunicar la visión, la misión y los valores del liderazgo, y para promover un clima interno en el que las personas se involucren y comprometan con el logro de los objetivos de la organización, se llevan a cabo de manera informal o <i>ad hoc</i>.</p>
	2	<p>Se determinan los procesos clave, como aquellos relacionados con establecer la identidad de la organización, una cultura de confianza, la integridad y el trabajo en equipo, los recursos necesarios, la formación y la autoridad para actuar, asegurándose de que los atributos de comportamiento están definidos, y apoyando el desarrollo del liderazgo. Sólo se determinan algunas interrelaciones entre liderazgo y compromiso, incluyendo el mantenimiento de una estructura organizacional competitiva, manteniendo la unidad de propósito y dirección, y el refuerzo de los valores y de las expectativas.</p>
	3	<p>Se tienen en cuenta los procesos y las interacciones de las actividades relacionadas con la identidad de la organización, sus aspectos culturales, la provisión de recursos, la formación, la autoridad para actuar y los factores de comportamiento.</p> <p>Se establece una estructura organizacional competitiva y una unidad de propósito.</p> <p>Se establecen y comunican los valores y las expectativas.</p> <p>Se define el desarrollo del liderazgo.</p> <p>Se actúa sobre los procesos para mantener la cultura y promover la rendición de cuentas.</p> <p>Se incluye en la determinación de los procesos el mantenimiento de la estructura organizacional y de la unidad de propósito en relación con el</p>

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		contexto de la organización, reforzando los valores y las expectativas personalmente y/o regularmente.
	4	Se determinan sistemáticamente los procesos y sus interacciones de tal manera que las salidas y los resultados sean concisos y generen un ambiente interno en el que las personas se involucren, comprometan con el logro de los objetivos de la organización, y de manera que se fomente la comprensión y se apoye la capacidad de la organización para lograr el éxito sostenido. Al determinar los procesos se tienen en cuenta todos los factores pertinentes y sus interrelaciones.
	5	Los procesos y las interacciones del liderazgo con todos los niveles de la organización se determinan dinámicamente y se utilizan para establecer y sostener el éxito de la organización.

Tabla 24 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.2 Política y estrategia

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
7.2 Política y estrategia	1	Los procesos para determinar la política y la estrategia de la organización se llevan a cabo de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se determinan la política y la estrategia, y el marco de trabajo básico de la estrategia.
	3	Se definen los procesos y las interacciones relacionadas con la política y la estrategia, para tratar todos los aspectos, modelos y factores aplicables. Se determinan la identidad de la organización, el contexto de la organización y la perspectiva a largo plazo, un perfil competitivo y una consideración de los factores competitivos. La alta dirección revisa las decisiones sobre la política y la estrategia para la idoneidad continuada, y las cambia según se considere necesario.
	4	Se determinan sistemáticamente los procesos y sus interacciones para asegurarse de que la política y la estrategia proporcionan un marco de trabajo completo para la gestión de los procesos, para apoyar el despliegue y facilitar los cambios, así como para tener en cuenta de manera eficaz los aspectos y factores aplicables. Se determinan los procesos para mantener un modelo estandarizado o personalizado de marco de trabajo para la estrategia y la política. Estos procesos tratan y ayudan en la mitigación de riesgos, al tiempo que aprovechan las oportunidades.
	5	Se determinan dinámicamente los procesos y las relaciones entre la política y la dirección estratégica, teniendo en cuenta todos los aspectos y factores aplicables, tales como que exista un marco de trabajo completo que apoye el establecimiento, el mantenimiento y la gestión de los procesos.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		Se tratan las necesidades de todas las partes interesadas y la política y la estrategia se utilizan para gestionar el negocio de manera exhaustiva.

Tabla 25 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.3 Objetivos

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
7.3 Objetivos	1	Los procesos para determinar los objetivos de la organización se llevan a cabo de manera informal o <i>ad hoc</i> . Sólo se definen los objetivos a corto plazo.
	2	Se definen los procesos para determinar los objetivos y los objetivos muestran alguna interrelación con la política y la estrategia. Los objetivos son cuantificables, cuando sea posible, pero no se comprenden con claridad. Se definen los procesos y las interacciones de los objetivos a corto y largo plazo con la política y la estrategia, incluyendo la capacidad de demostrar liderazgo y compromiso fuera de la organización.
	3	Se dispone de procesos para definir, mantener y desplegar los objetivos, incluyendo la relación con la política y la estrategia, y se mantienen, incluyendo la necesidad de establecer objetivos claramente comprensibles y cuantificables a corto y largo plazo que además demuestran el liderazgo y el compromiso fuera de la organización. Se definen los objetivos a corto y largo plazo, y la relación con la política y la estrategia es evidente.
	4	Se determinan y mantienen dinámicamente los procesos y las relaciones entre la política, la estrategia y el liderazgo y el compromiso demostrado fuera de la organización.
	5	Los objetivos a corto y largo plazo son cuantificables, se comprenden con claridad, se despliegan y se actualizan para mantener la relación con la política y la estrategia, de manera que el liderazgo y el compromiso de la alta dirección se demuestran tanto internamente como fuera de la organización.

Tabla 26 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 7.4 Comunicación

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
7.4 Comunicación	1	Los procesos para comunicar la política, la estrategia y los objetivos se llevan a cabo de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se definen los procesos para determinar los tipos y el grado de comunicación necesarios.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	3	<p>Se definen los procesos de comunicación, que facilitan la comunicación significativa, oportuna y continua a medida de las distintas necesidades de los receptores en lo que respecta a la política, la estrategia y los objetivos pertinentes.</p> <p>Las interrelaciones de esta comunicación están claras con respecto a las distintas necesidades de los receptores y la manera en que la política, la estrategia y los objetivos pertinentes se utilizan para ayudar en el éxito sostenido de la organización.</p> <p>Se dispone de un mecanismo de retroalimentación que incorpora provisiones para tratar de manera proactiva los cambios en el contexto de la organización.</p>
	4	<p>El proceso de comunicación facilita sistemáticamente la comunicación relativa a la política, la estrategia y los objetivos a todas las partes interesadas pertinentes, apoyando el éxito sostenido de la organización, a la vez que tiene en cuenta la necesidad de desplegar la comunicación cuando se realizan cambios.</p> <p>Los métodos de comunicación muestran una relación directa con el contexto de la organización y el mecanismo de retroalimentación está bien definido y se ha desplegado eficazmente.</p>
	5	<p>Los procesos para comunicar la política, la estrategia y los objetivos son dinámicos, transmitiendo claramente las interrelaciones de la política, la estrategia y los objetivos a todos los receptores, de manera que se tengan en cuenta las distintas necesidades de cada uno.</p>

Tabla 27 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.1 Gestión de los procesos - Generalidades

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.1 Gestión de los procesos - Generalidades	1	Los procesos se gestionan de manera informal o ad hoc.
	2	Se gestionan los procesos clave, como los relacionados con la satisfacción del cliente y las operaciones relativas a los productos y servicios. La eficacia de los procesos se mide individualmente, y se actúa sobre ella. Las interacciones entre procesos no están bien gestionadas.
	3	<p>Los procesos y sus interacciones se gestionan como un sistema. Los conflictos de las interacciones entre procesos se identifican y se resuelven de manera sistemática.</p> <p>Los procesos entregan resultados predecibles.</p> <p>El desempeño de los procesos ha alcanzado al de las organizaciones promedio en el sector en el que la organización opera.</p>
	4	La gestión de procesos está integrada con el despliegue de la política, la estrategia y los objetivos de la organización.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		La eficacia y la eficiencia de los procesos y de sus interacciones se revisan y mejoran sistemáticamente. El desempeño de los procesos ha superado al de las organizaciones promedio en el sector en el que la organización opera.
	5	Se gestionan de manera proactiva todos los procesos pertinentes y sus interacciones, incluyendo los procesos contratados externamente, para asegurarse de que son eficaces y eficientes, a fin de lograr las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización. Los procesos y sus interacciones se adaptan y se optimizan al contexto de la organización. El desempeño de los procesos ha alcanzado al de las organizaciones líderes en el sector en el que la organización opera.

Tabla 28 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.2 Determinación de los procesos

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.2 Determinación de los procesos	1	Los procesos se determinan de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se determinan los procesos clave, como los relativos a la satisfacción del cliente y las operaciones relacionadas con los productos y servicios. Las interacciones entre procesos no están bien determinadas.
	3	Los procesos y sus interacciones se determinan para tratar no sólo las operaciones relacionadas con los productos y servicios, sino también la provisión de recursos y las actividades de dirección (por ejemplo, planificación, medición, análisis, mejora). Las necesidades y expectativas de las partes interesadas identificadas se utilizan como entradas para la determinación de procesos.
	4	Los procesos y sus interacciones se determinan sistemáticamente para asegurarse de que sus salidas continúan cumpliendo las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas. Se consideran todas las partes interesadas para la determinación de los procesos.
	5	Los procesos y sus interacciones se determinan y se cambian de manera flexible de acuerdo con las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización.

Tabla 29 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.3 Responsabilidad y autoridad relativas a los procesos

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.3 Responsabilidad	1	Las responsabilidades relativas a los procesos se definen de manera informal o <i>ad hoc</i> .

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
y autoridad relativas a los procesos	2	Se designa un dueño del proceso para cada proceso. No se definen las competencias requeridas para las personas asociadas con los procesos individuales.
	3	Para cada proceso, se designa un dueño del proceso que tiene definidas las responsabilidades y autoridades para establecer, mantener, controlar y mejorar el proceso. Existe una política para evitar y resolver los conflictos potenciales en la gestión de los procesos. Se definen las competencias requeridas para los dueños de los procesos.
	4	Se designa un dueño del proceso para cada proceso, con la suficiente responsabilidad, autoridad y competencia para establecer, mantener, controlar y mejorar el proceso y su interacción con otros procesos. Las competencias requeridas para las personas asociadas con procesos individuales están bien definidas y se mejoran continuamente.
	5	Los roles, autoridades y funciones de los dueños de los procesos se reconocen en toda la organización. Las responsabilidades y autoridades relativas a las interacciones entre procesos están bien definidas. Las personas asociadas con los procesos individuales tienen las competencias suficientes para las tareas y actividades involucradas.

Tabla 30 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (alineación/vinculación)

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.4 Gestionar los procesos (gestionar la alineación/vinculación entre los procesos)	1	Los procesos se alinean y vinculan de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se debate la alineación/vinculación entre los procesos, pero la principal preocupación de los directores está en los procesos individuales.
	3	La red de procesos, su secuencia y sus interacciones se visualizan en un gráfico para comprender los roles de cada proceso en el sistema y sus efectos sobre el desempeño del sistema. Los procesos y sus interacciones se gestionan como un sistema para aumentar la alineación/vinculación entre los procesos.
	4	Se determinan los criterios para las salidas de los procesos. Se evalúan y mejoran la capacidad y el desempeño de los procesos. Se evalúan los riesgos y las oportunidades asociados con los procesos, y se implementan las acciones necesarias para prevenir, detectar o mitigar los eventos indeseados. Los procesos y sus interacciones se revisan de manera regular y se toman las acciones adecuadas para su mejora para apoyar procesos sostenibles y eficaces.

	5	La capacidad y el desempeño de los procesos son suficientes para lograr de manera eficaz y eficiente el desempeño esperado por el sistema. Los equipos o comités interdisciplinarios bajo el liderazgo de la alta dirección facilitan la revisión y la mejora de los procesos.
--	---	--

Tabla 31 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (nivel de desempeño)

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.4 Gestionar los procesos (alcanzar un mayor nivel de desempeño)	1	Los procesos y sus interacciones se mejoran de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	La mejora de los procesos y de sus interacciones está vagamente relacionada con las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización.
	3	Los procesos y sus interacciones se mejoran basándose en las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización. El logro de los objetivos para la mejora de los procesos y de sus interacciones se revisa de manera regular.
	4	Los procesos y sus interacciones se mejoran sistemáticamente para lograr las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización. Se determinan los planes de acción para alcanzar los objetivos, teniendo en cuenta los recursos necesarios y su disponibilidad. Se motiva a las personas para que participen en las actividades de mejora y propongan oportunidades para la mejora en los procesos de los que están a cargo.
	5	La mejora de los procesos y de sus interacciones se gestiona dinámicamente a través de las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización. Se considera la necesidad de desarrollar o adquirir nuevas tecnologías, o de desarrollar nuevos productos y servicios o características de ellos, para añadir valor. El logro de los objetivos para la mejora, el progreso de los planes de acción, y los efectos sobre las políticas, la estrategia y los objetivos relacionados de la organización se revisan de manera regular, y se toman las acciones correctivas necesarias.

Tabla 32 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 8.4 Gestionar los procesos (mantener el nivel)

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
8.4 Gestionar los procesos	1	Los procesos y sus interacciones se operan de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se determinan procedimientos para los procesos pertinentes, pero no se respetan bien. Los dueños de los procesos no se preocupan por las desviaciones.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
(mantener el nivel alcanzado)	3	<p>Se determinan procedimientos para cada proceso, incluyendo los criterios para sus salidas y sus condiciones operacionales. Se tienen en cuenta la educación y la formación. Los directores toman las acciones correctivas necesarias cuando no se siguen los procedimientos.</p> <p>Se ponen a disposición los recursos necesarios para que las personas sigan los procedimientos.</p> <p>Se hace el seguimiento regular de los procesos para detectar desviaciones.</p>
	4	<p>Los procedimientos aseguran la conformidad de las salidas respecto a los criterios.</p> <p>Las personas tienen el conocimiento y las habilidades suficientes para seguir los procedimientos y comprender los impactos de no seguir los procedimientos.</p> <p>Se tienen en cuenta la motivación y la prevención de los errores humanos. Se determinan puntos de verificación e indicadores de desempeño relacionados para detectar desviaciones (que están principalmente causadas por cambios en las personas, el equipamiento, los métodos, los materiales, la medición y el ambiente para la operación de los procesos) y para tomar las acciones apropiadas cuando sea necesario.</p>
	5	<p>Se establece un sistema para determinar el conocimiento y las habilidades necesarias para cada proceso, evaluando el conocimiento y las habilidades de los operadores del proceso, y proporcionando cualificaciones para la operación del proceso.</p> <p>Las personas participan en el desarrollo o la revisión de los procedimientos.</p> <p>Los riesgos y las oportunidades en los procedimientos se identifican, se evalúan y se reducen, por medio de la mejora de los procedimientos. Los cambios en los procesos se aclaran y se comparten para prevenir desviaciones.</p>

Tabla 33 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.1 Gestionar los recursos - Generalidades

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.1 Gestión de los recursos - Generalidades	1	<p>Los procesos para gestionar los recursos para apoyar la operación de una organización se desempeñan de manera informal o <i>ad hoc</i>. Se determinan algunos de los procesos de gestión de recursos para apoyar el logro de los objetivos.</p>
	2	<p>Se define de manera limitada el apoyo para el uso eficaz y eficiente de los recursos.</p> <p>Se dispone de un enfoque básico para considerar los riesgos y las oportunidades, incluyendo los efectos de no tener los recursos suficientes en el plazo oportuno.</p>

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		Se determinan los procesos clave para determinar y gestionar los recursos necesarios para el logro de sus objetivos. Los usos eficientes y eficaces de los recursos no están bien definidos. Se dispone de procesos para la gestión de los recursos y de las interacciones para obtener y asignar recursos, alineados con los objetivos de la organización.
	3	Algunos procesos incluyen un enfoque para la aplicación eficaz y eficiente de los recursos. Se implementan sistemáticamente los procesos para la gestión de los recursos y de las interacciones para obtener y asignar recursos alineados con los objetivos de la organización.
	4	Se establecen controles para apoyar el uso eficaz y eficiente de los recursos en todos los procesos. La organización confirma la accesibilidad de los recursos proporcionados externamente. La organización anima a los proveedores externos a implementar mejoras en el uso eficiente y eficaz de los recursos. Se dispone de un proceso de planificación estratégica para la obtención y la asignación de los recursos, y está alineado con los objetivos de la organización a fin de lograr un desempeño eficaz y eficiente que apoye el éxito sostenido.
	5	El uso de recursos proporcionados externamente muestra una mejora continua. Hay iniciativas conjuntas con los proveedores externos para evaluar e incorporar mejoras y promover innovaciones en el uso de los recursos.

Tabla 34 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.2 Personas

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.2 Personas	1	Las personas competentes, comprometidas, empoderadas y motivadas se consideran un recurso de manera informal o <i>ad hoc</i> . El desarrollo de competencias se proporciona de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se implementan procesos para atraer personas competentes, comprometidas, empoderadas y motivadas. Los procesos para determinar, desarrollar, evaluar y mejorar los recursos son evidentes en algunos casos. Se han implementado algunas revisiones de competencias.
	3	Se aplica en todos los niveles de la organización un enfoque planificado, transparente, ético y socialmente responsable. Las revisiones y las evaluaciones de la eficacia de las acciones tomadas aseguran que las competencias personales (tanto a corto como a largo plazo) están de acuerdo con la misión, la visión y los objetivos.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	4	<p>La información, el conocimiento y la experiencia se comparten para proporcionar crecimiento personal.</p> <p>El aprendizaje, la transferencia de conocimiento y el trabajo en equipo dentro de la organización son evidentes.</p> <p>Se proporciona desarrollo de competencias para desarrollar habilidades para la creatividad y la mejora.</p> <p>Las personas son conscientes de sus competencias personales y dónde pueden realizar una mejor contribución a la mejora de la organización.</p> <p>El plan de carrera está bien desarrollado.</p>
	5	<p>Los resultados logrados por las personas competentes, comprometidas, empoderadas y motivadas se comparten y son buenos al compararlos con otras organizaciones.</p> <p>Las personas a lo largo de la organización participan en el desarrollo de nuevos procesos.</p> <p>Se reconocen las mejores prácticas.</p>

Tabla 35 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.3 Conocimiento de la organización

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.3 Conocimiento de la organización	1	<p>Los procesos para capturar el conocimiento base actual de la organización son informales o <i>ad hoc</i>.</p> <p>Los procesos para desarrollar el conocimiento de la organización son informales o <i>ad hoc</i>.</p>
	2	Se dispone de algunos procesos para mantener y proteger el conocimiento documentado de la organización.
	3	<p>Se dispone de actividades para determinar si existe conocimiento explícito o tácito, y algunas están documentadas.</p> <p>Existen procesos para identificar la información importante y asegurarse de la distribución eficaz de dicha información a lo largo de los ciclos de vida de los productos y/o servicios pertinentes.</p>
	4	<p>Existen procesos para recopilar y analizar los datos competitivos.</p> <p>Se dispone de procesos para evaluar la comprensión del personal sobre el conocimiento pertinente de la organización.</p> <p>Existen métodos para que los dueños de los procesos evalúen las competencias del uso de los procesos.</p> <p>Se dispone de métodos para determinar y comunicar los roles de los dueños de los procesos al gestionar al personal.</p>
	5	Hay procesos para recopilar y analizar datos de las partes interesadas.

Tabla 36 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.4 Tecnología

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.4 Tecnología	1	Los avances en la tecnología actual se hacen de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Algunos procesos para identificar las últimas innovaciones y desarrollos tecnológicos existen dentro de la organización o en los sectores con los que se relaciona directa o indirectamente.
	3	Se dispone de procesos para evaluar los beneficios, los riesgos y oportunidades para las innovaciones y las tecnologías emergentes identificadas las cuales apoyan la idoneidad de las estrategias para el producto y/o servicio. Se dispone de procesos para estimar el costo/los beneficios de adoptar innovaciones y/o tecnologías emergentes adecuadas. Se dispone de procesos para evaluar la comerciabilidad de las innovaciones y/o las tecnologías emergentes seleccionadas.
	4	La organización dispone del conocimiento y de la capacidad de recursos necesarios para adaptar las innovaciones y/o los cambios o avances tecnológicos. Se dispone de procesos para evaluar los riesgos y oportunidades de adoptar las innovaciones y/o los cambios o avances tecnológicos seleccionados. La organización toma medidas para mantenerse informada de las nuevas tecnologías y metodologías y de sus posibles beneficios.
	5	Se dispone de procesos para considerar las necesidades de las partes interesadas y ofrecer un conjunto de innovaciones como soluciones para cumplir las expectativas del cliente. Se hace el seguimiento y la evaluación regulares del impacto de las nuevas tecnologías y prácticas, teniendo en cuenta los efectos internos y externos, incluyendo las partes interesadas y el medio ambiente.

Tabla 37 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.5 Infraestructura y ambiente de trabajo

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.5 Infraestructura y ambiente de trabajo	1	Las necesidades de infraestructura y ambiente de trabajo se tratan de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Se dispone de algunos procesos para tratar las necesidades de infraestructura y ambiente de trabajo.
	3	Se dispone de procesos que abordan los riesgos y oportunidades aplicables y que implementan actividades para la determinación, asignación, provisión, medición o seguimiento, mejora, mantenimiento y protección de la infraestructura y del ambiente de trabajo.
	4	Se dispone de procesos que implementan técnicas avanzadas para mejorar el desempeño y asegurar la máxima eficiencia en el uso de los recursos de la infraestructura y del ambiente de trabajo.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		Estos procesos operan de manera proactiva y contribuyen al logro de los objetivos de la organización, incluyendo el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios.
	5	La manera en que se gestionan la infraestructura y el ambiente de trabajo se convierte en una contribución clave en el logro de los resultados deseados.

Tabla 38 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.6 Recursos proporcionados externamente

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.6 Recursos proporcionados externamente	1	El concepto de alianza de negocio con los proveedores externos es informal o <i>ad hoc</i> . Los proveedores externos se ven como transitorios y la organización no ve valor en desarrollar relaciones.
	2	Hay una comprensión limitada con respecto al valor de tener proveedores externos regulares que proporcionen un suministro regular.
	3	Hay una buena relación de trabajo entre las dos organizaciones, con comunicaciones regulares sobre temas relacionados con el producto o servicio relacionado.
	4	La alta dirección está comprometida a desarrollar una relación cercana con los proveedores externos, con acciones para desarrollarla al nivel de la gestión intermedia, donde se lleva a cabo la cooperación cercana. Se lleva a cabo alguna coordinación de proyecto según se corresponda con procesos específicos de la realización del producto.
	5	Ambas organizaciones aprecian plenamente el valor de la relación. Hay una interacción cercana entre el personal de la alta dirección en las dos organizaciones. Se comparte alguna información comercial sensible pertinente. Ambas organizaciones participan en proyectos de desarrollo de negocio de interés común.

Tabla 39 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.7 Recursos naturales

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
9.7 Recursos naturales	1	No se gestionan los recursos naturales. La organización utiliza los recursos naturales según lo requieren sus procesos sin considerar los impactos potenciales sobre sus productos y servicios en el futuro.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	2	La organización implementa algunas buenas prácticas en su aplicación y uso actual de los recursos naturales.
	3	La gestión de los recursos naturales está alineada dentro de la estrategia del sistema de gestión de la organización. Hay alguna evidencia de mejorar el uso actual y de minimizar el impacto potencial del uso de los recursos naturales.
	4	La organización reconoce su responsabilidad con la sociedad por la gestión de los recursos naturales. La organización ha implementado algunas de las mejores prácticas en su aplicación actual de los recursos naturales.
	5	La organización reconoce su responsabilidad con la sociedad por la gestión de los recursos naturales relacionada con el ciclo de vida de los productos y servicios. La gestión de los recursos naturales está generalizada en todas las áreas de la organización. La organización trata el uso actual y futuro de los recursos naturales requeridos por sus procesos. La organización es consciente de las nuevas tendencias y tecnologías para el uso eficiente de los recursos naturales, y en relación con las necesidades y las expectativas de las partes interesadas.

Tabla 40 Análisis y evaluación del desempeño de una organización - Generalidades

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.1 Análisis y evaluación del desempeño de una organización - Generalidades	1	La necesidad de actualizar y comprender el contexto, las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización se determina de manera informal o ad hoc.
	2	Se recopila alguna información sobre el desempeño de la organización, el estatus de sus actividades y recursos internos, los cambios en sus cuestiones externas e internas y las necesidades y expectativas de las partes interesadas, y se analiza para actualizar y comprender el contexto, las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización.
	3	Se recopila la información disponible para actualizar y comprender el contexto, las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización de manera planificada.
	4	La necesidad de actualizar y comprender el contexto, las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización se determina basándose en análisis y revisiones completos de la información disponible.
	5	Se establece un enfoque sistemático para recopilar, analizar y revisar la información disponible y para determinar la necesidad de actualizar y comprender el contexto, las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización, y para identificar las oportunidades de mejora.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		aprendizaje e innovación de las actividades de liderazgo de la organización.

Tabla 41 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.2 Indicadores de desempeño

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.2 Indicadores de desempeño	1	Sólo se utilizan los indicadores de desempeño básicos (por ejemplo, criterios financieros, entregas puntuales, número de quejas de los clientes, avisos legales, multas). Los datos no son siempre fiables.
	2	Hay un conjunto limitado de indicadores de desempeño relacionados con las políticas, la estrategia y los objetivos y los procesos principales de la organización. Los indicadores de desempeño se basan principalmente en el uso de datos internos. Las decisiones se apoyan parcialmente en indicadores clave de desempeño (KPI) medibles.
	3	Se identifica el progreso en el logro de los resultados planificados respecto a las políticas, la estrategia y los objetivos en los procesos y funciones pertinentes, y se hace su seguimiento mediante indicadores de desempeño prácticos. Al seleccionar los KPI medibles, se tienen en cuenta las necesidades y las expectativas de los clientes y de otras partes interesadas. Las decisiones se apoyan adecuadamente en KPI fiables, útiles y medibles.
	4	Se seleccionan sistemáticamente KPI medibles para hacer el seguimiento del progreso en el logro de los resultados planificados respecto a la misión, la visión, las políticas, la estrategia y los objetivos, a todos los niveles y en todos los procesos y funciones pertinentes en la organización, para recopilar y proporcionar la información necesaria para las evaluaciones del desempeño y la toma de decisiones eficaz. Los KPI medibles proporcionan información que es precisa, fiable y útil, a fin de implementar planes de acción cuando el desempeño no es conforme con los objetivos, o para mejorar e innovar la eficiencia y la eficacia de un proceso.
	5	Se ha establecido un proceso para hacer el seguimiento del progreso en el logro de los resultados planificados y tomar decisiones usando KPI medibles. Los KPI medibles contribuyen a buenas decisiones estratégicas y tácticas. Al seleccionar los KPI medibles, se tiene en consideración la información relativa a los riesgos y oportunidades.

Tabla 42 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.3 Análisis del desempeño

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.3 Análisis del desempeño	1	El desempeño de la organización se analiza de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Hay un análisis limitado del desempeño de la organización. Se utilizan algunas herramientas estadísticas básicas.
	3	Se analiza el desempeño de la organización para identificar temas y oportunidades potenciales. El amplio uso de herramientas estadísticas apoya un proceso de análisis sistemático.
	4	Se analiza el desempeño de la organización para: <ul style="list-style-type: none"> - identificar recursos insuficientes; - identificar competencias y conocimiento de la organización insuficientes o ineficaces y comportamientos inapropiados; - determinar las necesidades de nuevo conocimiento de la organización; - identificar los procesos y actividades que muestran un desempeño destacado y que podrían usarse como modelo para mejorar otros procesos. La eficacia del proceso de análisis se aumenta compartiendo los resultados del análisis con las partes interesadas.
	5	El desempeño de la organización se analiza completamente para identificar fortalezas potenciales a fomentar con respecto a las actividades de liderazgo de la organización, así como debilidades en los roles y actividades de liderazgo de la organización, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> - el establecimiento y la comunicación de la política; - la gestión de los procesos; - la gestión de los recursos; - la mejora, el aprendizaje y la innovación. Para el análisis, se utiliza un marco de trabajo claro para demostrar las interrelaciones entre sus roles y actividades de liderazgo y sus efectos sobre el desempeño de la organización.

Tabla 43 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.4 Evaluación del desempeño

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.4 Evaluación del desempeño	1	El desempeño de la organización se evalúa de manera informal o <i>ad hoc</i> .
	2	Existe evaluación limitada del desempeño de la organización. La alta dirección apoya la identificación y difusión de buenas prácticas. Se evalúan y comparan algunos productos de los competidores clave.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	3	<p>Los resultados logrados sobre el desempeño de la organización se evalúan frente a los objetivos aplicables.</p> <p>El desempeño de la organización se evalúa desde el punto de vista de las necesidades y expectativas de los clientes.</p> <p>El desempeño de la organización se evalúa usando comparaciones con estudios comparativos con las mejores prácticas establecidos o acordados.</p>
	4	<p>Cuando no se alcanzan los objetivos, se investigan las causas con una revisión apropiada del despliegue de las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización y la gestión de los recursos de la organización.</p> <p>Los resultados de la evaluación se comprenden completamente, y la resolución de las brechas identificadas se prioriza basándose en sus impactos sobre las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización.</p> <p>La mejora lograda en el desempeño de la organización se evalúa desde una perspectiva a largo plazo.</p> <p>El desempeño de la organización se evalúa desde el punto de vista de las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas.</p>
	5	<p>Los estudios comparativos con las mejores prácticas se utilizan sistemáticamente como una herramienta para identificar oportunidades de mejora, aprendizaje e innovación.</p> <p>Las entidades externas solicitan frecuentemente a la organización ser un aliado de negocio que participe como referencia en estudios comparativos con las mejores prácticas.</p>

Tabla 44 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.5 Auditoría interna

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.5 Auditoría interna	1	<p>Las auditorías internas se llevan a cabo de manera reactiva en respuesta a problemas, quejas de los clientes, etc.</p> <p>Los datos recopilados se utilizan principalmente para resolver problemas con los productos y servicios.</p>
	2	<p>Se realizan auditorías internas de los procesos clave de manera regular.</p> <p>Los datos recopilados se utilizan sistemáticamente para revisar la gestión de los procesos.</p> <p>Los datos recopilados se empiezan a utilizar de una manera preventiva.</p>
	3	<p>Las auditorías internas se realizan de manera coherente, por personal competente que no está involucrado en la actividad que se examina, de acuerdo con un plan de auditoría.</p>

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		La auditoría interna identifica los problemas, las no conformidades y los riesgos, además de hacer el seguimiento del progreso en el cierre de los problemas, las no conformidades y los riesgos identificados previamente.
	4	Los problemas, las no conformidades y los riesgos identificados se analizan exhaustivamente para determinar debilidades en el sistema de gestión. La auditoría interna se centra en la identificación de buenas prácticas (que pueden tenerse en cuenta para utilizarse en otras áreas de la organización) así como en las oportunidades de mejora.
	5	Se establece un proceso para la revisión de todos los informes de auditoría interna a fin de identificar tendencias que puedan requerir acciones correctivas en toda la organización u oportunidades para la mejora. La organización involucra a otras partes interesadas en sus auditorías, a fin de ayudar a identificar oportunidades adicionales para la mejora.

Tabla 45 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.6 Autoevaluación

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.6 Autoevaluación	1	La autoevaluación no está implementada.
	2	La autoevaluación es limitada, informal o <i>ad hoc</i> .
	3	La autoevaluación se realiza de manera coherente, y los resultados se utilizan para determinar la madurez de la organización y para mejorar su desempeño global.
	4	La autoevaluación se utiliza para determinar las fortalezas y debilidades de la organización, así como sus mejores prácticas, tanto a nivel general como a nivel de los procesos individuales. La autoevaluación ayuda a la organización a priorizar, planificar e implementar mejoras y/o innovaciones.
	5	La organización realiza autoevaluaciones a todos los niveles. Los elementos de un sistema de gestión se comprenden completamente, basándose en las relaciones entre los elementos y sus impactos sobre la misión, la visión, los valores y la cultura de la organización. Los resultados de la autoevaluación se comunican a las personas pertinentes en la organización y se utilizan para compartir la comprensión sobre la organización y su dirección futura.

Tabla 46 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 10.7 Revisión

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
10.7 Revisión	1	Hay un enfoque <i>ad hoc</i> para las revisiones. Cuando se realiza una revisión, a menudo es de manera reactiva.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
	2	Se realizan revisiones para evaluar el progreso en el logro de las políticas, la estrategia y los objetivos, y para evaluar el desempeño del sistema de gestión. Durante las revisiones se evalúan los proyectos y las acciones de mejora pertinentes, a fin de evaluar el progreso con respecto a sus planes y objetivos.
	3	Se llevan a cabo revisiones sistemáticas a intervalos planificados y periódicos de los KPI medibles y de los objetivos relacionados, para permitir determinar las tendencias, así como para evaluar el progreso de la organización hacia el logro de sus políticas, su estrategia y sus objetivos. Cuando se identifican tendencias adversas, se actúa sobre ellas. Las revisiones permiten la toma de decisiones basadas en evidencias.
	4	La información resultante de la medición del desempeño, de los estudios comparativos con las mejores prácticas, de los análisis y evaluaciones, de las auditorías internas y de las autoevaluaciones se revisa completamente para identificar oportunidades para la mejora, el aprendizaje y la innovación, así como para identificar cualquier necesidad de adaptar las políticas, la estrategia y los objetivos de la organización. Las salidas de las revisiones se comparten con las partes interesadas, como una manera de facilitar la colaboración y el aprendizaje.
	5	Se utilizan revisiones sistemáticas para identificar las oportunidades para la mejora, el aprendizaje y la innovación de las actividades de liderazgo de la organización.

Tabla 47 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.1 Mejora, aprendizaje e innovación - Generalidades

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
11.1 Mejora, aprendizaje e innovación - Generalidades	1	Las actividades de mejora se realizan de manera informal o ad hoc.
	2	Se dispone de procesos básicos de mejora, incluyendo correcciones y acciones correctivas, basados en las quejas de las partes interesadas.
	3	Los esfuerzos de mejora, aprendizaje e innovación pueden demostrarse en la mayoría de los productos y algunos procesos clave.
	4	Se implementan procesos para hacer el seguimiento continuado de las cuestiones externas e internas que podrían conducir a mejoras, aprendizaje e innovación, que están alineados con las metas estratégicas.
	5	La mejora, el aprendizaje y la innovación están integrados como actividades rutinarias a lo largo de toda la organización y son evidentes en las relaciones con las partes interesadas.

Tabla 48 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.2 Mejora

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
11.2 Mejora	1	Las actividades de mejora se realizan de manera informal o <i>ad hoc</i> . Se proporcionan los recursos necesarios para lograr la mejora.
	2	Se proporcionan objetivos para la mejora de productos o servicios y procesos. Se aplica de manera coherente un enfoque estructurado.
	3	El foco de los procesos de mejora está alineado con la estrategia y los objetivos, y la alta dirección está visiblemente involucrada en las actividades de mejora. Se dispone de esquemas para empoderar a los equipos y a los individuos para generar estratégicamente mejoras pertinentes. Los procesos de mejora continua incluyen a las partes interesantes pertinentes.
	4	Las mejoras y la innovación tienen como resultado el aprendizaje y mejoras adicionales.
	5	El foco de la mejora del desempeño es la capacidad sostenida para aprender, cambiar y lograr el éxito a largo plazo.

Tabla 49 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.3 Aprendizaje

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
11.3 Aprendizaje	1	Se aprenden algunas lecciones como resultado de las quejas. El aprendizaje es a nivel individual, sin que se comparta el conocimiento.
	2	El aprendizaje se genera de manera reactiva del análisis sistemático de los problemas y de otra información. Existen procesos para compartir la información y el conocimiento, pero todavía de manera reactiva.
	3	La alta dirección apoya iniciativas para el aprendizaje y lidera con el ejemplo. Existen actividades planificadas, eventos y foros para compartir la información. Se implementan procesos para determinar las brechas de conocimiento y para proporcionar los recursos necesarios para que suceda el aprendizaje. Se dispone de sistemas para reconocer los resultados positivos de las sugerencias y de las lecciones aprendidas.
	4	El aprendizaje se toma en consideración en la estrategia y en las políticas. El aprendizaje se reconoce como un tema clave. La alta dirección estimula la formación de redes, la conectividad y la interactividad para compartir conocimiento.
	5	La capacidad de aprendizaje de la organización integra la competencia personal y la competencia global de la organización. El aprendizaje es fundamental para los procesos de mejora y de innovación.

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
		La cultura de la organización permite asumir riesgos y aprender de los errores. Existen compromisos externos para el propósito del aprendizaje.

Tabla 50 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 11.4 Innovación

Apartado	Nivel de madurez	
	Nivel	Elemento
11.4 Innovación	1	Existe una innovación limitada. Se introducen nuevos productos y servicios sin planificar el proceso de innovación.
	2	Las actividades de innovación están basadas en datos relacionados con las necesidades y expectativas de las partes interesadas.
	3	Los procesos de innovación para los nuevos productos y servicios son capaces de identificar los cambios en las cuestiones externas e internas, a fin de planificar las innovaciones. Se tienen en consideración los riesgos asociados con las innovaciones planificadas. La organización apoya las iniciativas de innovación con los recursos necesarios.
	4	Las innovaciones se priorizan, con una consideración equilibrada entre la urgencia, la disponibilidad de recursos y la estrategia de la organización. Los proveedores externos y los aliados de negocio están involucrados en los procesos de innovación. La eficacia y la eficiencia de los procesos de innovación se evalúa regularmente como parte del proceso de aprendizaje. La innovación se utiliza para mejorar la manera en que la organización opera.
	5	Las actividades de innovación anticipan los posibles cambios en el contexto de la organización. Se desarrollan planes de prevención para evitar o minimizar los riesgos identificados que acompañan a las actividades de innovación. La innovación se aplica en todos los niveles, mediante cambios en la tecnología, los procesos, la organización, el sistema de gestión, y el modelo de negocio de la organización.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la herramienta a la gestión actual del LFA. Cabe resaltar que para efectos de visualización de la Figura 13 se agruparon los subapartados en común y se calculó un promedio de las evaluaciones individuales de manera que fuera posible obtener un desempeño global por cada eje.

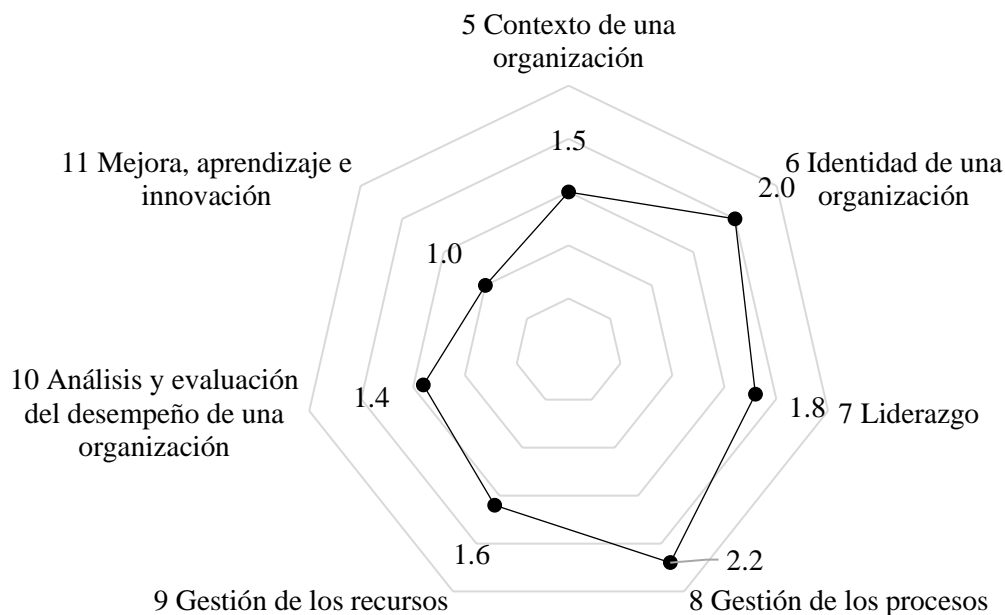


Figura 13 Resultado evaluación nivel de madurez ISO 9004:2018

Tal y como se observa, de forma general los resultados oscilan entre el 1 y el 2,2 de acuerdo con la escala de madurez (de 1 a 5). Respecto a la identidad de la organización, liderazgo y gestión por procesos, se identifica un mayor nivel de madurez, mientras que por su lado la gestión de los recursos, el análisis y evaluación del desempeño y la mejora e innovación, se presenta un nivel mínimo de madurez.

4.1.4. Factores operativos y administrativos con potencial de mejora

Una vez analizados los componentes operativos y administrativos relativos a la gestión del LFA y en función de los requisitos identificados, se procede a señalar los factores operativos y administrativos que se evidenciaron en la revisión realizada y se consideran las causas de la brecha que actualmente el laboratorio tiene respecto a lo que el AyA requiere de este.

Factores operativos:

- La capacidad limitada de procesamiento de pruebas del LFA, reflejada en capacidad real de 12.838 anual en el año 2021 versus 25.908 de demanda real proyectada (ver Tabla 11 y 15), ocasiona una acumulación de inventario, obligando al LFA a programar la priorización de las pruebas de los reclamos de usuarios, dejando en niveles inferiores de prioridad el cumplimiento a los requerimientos de ARESEP y otros como el control preventivo y correctivo del parque de medidores, lo que está actualmente ocasionando el incumplimiento con el ente regulador.
- Existe una serie de tareas manuales tales como el ingreso de información del medidor al registro de Excel, durante la actividad de recepción de la muestra y la gestión de los registros fotográficos, durante la sistematización de información, que no solo provoca un aumento en los tiempos de procesamiento si no que significan un riesgo de errores en digitación de la información.
- Se identificó un exceso de trabajo administrativo o según se denominó paros programados (reuniones de personal, atención de correo electrónico, firma de trámites administrativos), que reduce considerablemente el tiempo disponible del proceso para la ejecución de pruebas. Evidencia de esto es lo indicado en la Tabla 8, donde en promedio un colaborador del LFA invierte 40 minutos diarios de su jornada laboral en estas labores.
- El análisis realizado permitió determinar cuellos de botella en actividades de ejecución de prueba de calibración y diagnóstico principalmente, esto limita la labor del LFA a una cantidad de pruebas aproximada de 25-30 unidades por turno. Lo anterior es posible afirmarlo a partir de los resultados mostrados en la Figura 9, en la cual se evidencia una

acumulación de inventario de 10.117 pruebas esperando por la ejecución de la prueba de calibración y 170 medidores en espera de ser diagnosticados.

- La selección del lote para calibración constituye un factor de retraso en los tiempos de inicio de las pruebas. De acuerdo con análisis y observación realizada, toma en promedio al analista un tiempo entre 5 a 10 minutos la selección del lote, debido a la restricción de probar únicamente medidores de la misma clase metrológica, ocasiona que se invierta un importante porcentaje de tiempo en esta identificación.
- La distancia entre la bodega de disposición de medidores y el LFA es aproximadamente de 200 metros. Asimismo, la estación de trabajo para la sistematización se encuentra en cuartos diferentes en los que se realiza la calibración, esto genera dificultad para la comunicación entre los analistas y sistematizadores, provocando un desperdicio relacionado al transporte ocasionado por tiempo entre desplazamientos.
- El hecho de que la información sea digitada de forma manual en diferentes fases del proceso y sumando la dificultad de lectura de la información de los medidores (estado físico, suciedad, pantalla borrosa, etc), provoca errores de procesamiento por información incorrecta, retrasos y reprocesos.

Factores administrativos:

- Se identificó una oportunidad de mejora en acciones relacionadas a la de determinación de necesidades y expectativas de sus partes interesadas. Asimismo, se realizan análisis de contexto de forma *ad hoc* o de manera informal. De acuerdo con el planteamiento de nivel de madurez, se requiere un enfoque sistemático que permita conocer y comprender el entorno y su contexto. (**Apartado 5 Contexto de una organización-ISO 9004**)
- A través de la aplicación de la herramienta de nivel de madurez basada en la Norma ISO 9004:2018 (2018) y de acuerdo con lo indicado en la Tabla N°22, se determina potencial de crecimiento (puntuación actual 3) en la planificación estratégica en función de la visión, misión, valores y los objetivos del LFA y respecto a lo definido a largo plazo para el AyA como organización. (**Apartado 6 Identidad de una organización-ISO 9004**).

- Hay una definición de liderazgo, no obstante, se identifica una oportunidad de mejorar en el tema de definición de objetivos en conjunto con diferentes partes interesadas y sus funcionarios, la implementación de gestión visual dentro del LFA para conocer el cumplimiento de metas se considera una de las oportunidades de mejora en el área del liderazgo. (**Apartado 7 Liderazgo-ISO 9004**).
- Se comprueba un avance en la definición de procesos, su documentación y seguimiento, sin embargo, se debe mejorar en los aspectos relacionados a la definición de interacciones entre los procesos internos y los procesos externos al LFA. También se considera requerido una mejora en lo relacionado a la medición y control de los procesos, evaluando sus resultados, incorporando métricas de desempeño, aprovechando la información disponible para realizar ejercicios de análisis de datos y realimentación del proceso. (**Apartado 8 Gestión de procesos-ISO 9004**).
- Es una de las limitaciones comprobadas lo relacionado a la gestión y asignación de los recursos requeridos para la operación del LFA, respecto a lo que la institución y la normativa demanda. (**Apartado 9 Gestión de los recursos-ISO 9004**).
- Se identifica una brecha en el área de conocimiento y competencias del personal, dando un énfasis en los funcionarios que ejecutan las pruebas de calibración, ya que se encuentra actualmente enfrentando un proceso de recambio generacional que requiere de especial atención y transferencia de conocimientos. (**Apartado 9 Gestión de los recursos-ISO 9004**).
- Respecto a la tecnología se determina que, si bien se han realizado esfuerzos importantes en incorporar el uso de herramientas tecnológicas al proceso como por ejemplo la reciente digitalización de los resultados de las pruebas realizadas en el Banco, se considera no ha respondido al ritmo que demanda el proceso. Se considera limitante actualmente la falta de un Sistema de Gestión de la Información del Laboratorio (LIMS = Laboratory Information Management System). (**Apartado 9 Gestión de los recursos-ISO 9004**).
- La infraestructura es uno de los elementos con identificación de oportunidades de mejora. Actualmente el espacio dispuesto no permita la ampliación de su capacidad, así mismo, se

determinan para los procesos de almacenamiento y disposición, desperdicios relacionados a los desplazamientos. De la misma manera, la capacidad actual permite cubrir de forma satisfactoria las necesidades en la región GAM, no obstante, se determina requerimiento de mejora en la cobertura de los sistemas periféricos. (**Apartado 9 Gestión de los recursos-ISO 9004**).

- En atención a las actividades relativas a las adquisiciones se considera la limitante de la normativa rígida que actualmente regula las compras en el AyA y específicamente el LFA. Se considera una limitante los tiempos de respuesta, en mayor medida para casos en donde se compromete la adecuada operación de algún equipo por falta de algún repuesto o insumo. (**Apartado 9 Gestión de los recursos-ISO 9004**).
- Otro de los hallazgos limitantes está relacionado a la cultura orientada a la innovación y a la mejora continua diaria y cotidiana. Se identifica la implementación de mejoras incrementales, no obstante, debido al grado de inventario acumulado de pruebas, se requiere la propuesta de mejoras e innovación de tipo adaptativa y visionaria. (**Apartado 11 Mejora, aprendizaje e innovación-ISO 9004**).

4.2. Propuesta de desarrollo administrativo y operativo

4.2.1. Análisis de mejora de proceso en el Laboratorio de Flujo de Agua

Una vez identificados los factores que limitan operativa y administrativamente la labor del LFA, se procede a continuación a presentar un listado de las mejoras que se propone implementar para efectos de dar cumplimiento a los requerimientos identificados en el apartado 4.1.2. de Requisitos técnicos y normativos aplicables.

Adicionalmente, en este apartado se realiza un análisis comparativo que permita además validar las mejoras propuestas a partir de experiencias homólogas de otros sistemas que tengan características similares a las del LFA.

Tabla 51 Análisis de factores operativos que limitan la gestión del LFA y comparativo con mejores prácticas

Factor limitante	Propuesta
La demanda de pruebas supera la capacidad actual de procesamiento del LFA.	Establecer mecanismos alternos para reducir la cantidad de requerimiento de pruebas que ingresan al LFA.
El tiempo disponible de los operadores se ve afectado por las actividades administrativas.	Reducir al mínimo la cantidad de paros programados (atención de correos electrónicos, llamadas, consultas, reuniones)
El tiempo de ejecución actual de las actividades limita el aumento de la velocidad de procesamiento de pruebas de calibración.	Aumentar la capacidad de procesamiento en las actividades de ejecución de pruebas, diagnóstico y sistematización.
El número de equipos disponibles insuficiente.	Aumentar la cantidad de equipos disponibles para realizar pruebas.
Alto niveles de pruebas (inventario) en proceso.	Establecer un plan remedial para la ejecución de las pruebas o bien una estrategia de condonación del pendiente y desechar.
Existen actividades o tareas que agregan poco valor o no agregan valor en el proceso de ejecución de pruebas.	Realizar un análisis de valor de las actividades del proceso y eliminar los desperdicios que sean identificados.

Tabla 52 Análisis de factores administrativos que limitan la gestión del LFA y comparativo con mejores prácticas

Factor limitante	Propuesta
La comprensión de necesidades y expectativas de las partes interesadas y el contexto del LFA no se realiza de forma sistemática.	Implementar un procedimiento para la identificación, seguimiento y evaluación periódica de los requisitos y expectativas de las partes interesadas.
El LFA no cuenta con una identificación clara de misión, visión ni valores definidos. Asimismo, el LFA no se encuentra declarado como unidad organizacional independiente dentro de la estructura de AyA.	-Implementar un procedimiento para la definición de la misión, visión y valores del LFA y su revisión y actualización periódica. -Incorporar al LFA como una unidad Organizacional independiente en el Organigrama del AyA.
La línea entre los objetivos del ápice estratégico y la operación del LFA no se encuentra definida de forma clara.	Identificar y visibilizar a todos los colaboradores la forma en que la operación del LFA colabora al cumplimiento de los objetivos estratégicos organizacionales.
El LFA no establece objetivos específicos cuantificables para su funcionamiento.	Establecer objetivos claros y medibles y comunicarlos a todos los funcionarios del LFA.

Factor limitante	Propuesta
Se realiza una gestión por procesos, no obstante, el desempeño del proceso no responde a las necesidades institucionales. No se revisa de forma sistemática la eficiencia y eficacia del LFA y su mejora en la productividad.	Establecer metas que respondan a las necesidades institucionales e indicadores de eficiencia y productividad del LFA.
No se identifican procedimientos para la planificación y la mejora del LFA.	Establecer un procedimiento para la planificación del trabajo del LFA, la medición del desempeño y la mejora.
El LFA presenta limitaciones en la gestión de los recursos. Se comprueban retrasos en la contratación de personal, esto provocado por las limitaciones actuales que presenta el proceso de Reclutamiento y Selección de Personal del Instituto. Lo anterior se sustenta en el hecho que de acuerdo con lo indicado en el documento UEN Investigación y Desarrollo 2021-106-116 (2021) se solicitaba el nombramiento de 3 plazas vacantes y a fecha de la investigación dichas plazas no habían sido ocupadas (1 año de retraso).	<ul style="list-style-type: none"> -Establecer un plan de acción para la contratación de personal en las plazas vacantes. -Realizar un análisis de posibles funcionarios destacados en otras dependencias interesados, con capacidad y conocimiento para trabajar en el LFA.
No se identifican procesos de desarrollo profesional dentro del LFA, esto provocado por las limitaciones actuales que presenta el proceso de Desarrollo Humano del Instituto.	Establecer para cada uno de los puestos un plan de desarrollo profesional o técnico, según corresponda.
Se comprueba limitación del LFA a nivel tecnológico. Esto se evidencia ya que existe un sistema en donde únicamente se consultan las solicitudes y se ingresan los resultados de las pruebas. Para el resto gestión se utilizan archivos de Excel utilizados únicamente para el registro de información.	Implementar un sistema para la gestión del laboratorio. Principalmente la trazabilidad de la realización de la prueba desde la solicitud hasta la resolución de la prueba.
Se identifica que la planificación y gestión de las compras limitan la dinámica del LFA, sobre todo cuando se requiere de una adquisición extraordinaria o ante una emergencia. De acuerdo con la información brindada por el entrevistado Jiménez Cambroner (2022), en el mes de diciembre	Implementar en el marco de la legalidad, un procedimiento de compras por emergencia o imprevisibles.

Factor limitante	Propuesta
2021 una de las bombas de agua del banco de pruebas Aquaworks, sufrió un desperfecto y para finales del mes de enero 2022 esta situación no había sido subsanada.	
Para el año 2021 el presupuesto del LFA fue de ₡21,536,678.71 (Fuente: SAP) y su ejecución alcanzó los ₡13,944,898.02 (Fuente: SAP), es decir un 64%, sobre lo planificado. De lo anterior alrededor de 8 millones de colones fueron destinados a equipo o insumos de laboratorio, no obstante, estas adquisiciones no han logrado enfocarse sobre el aumento de la capacidad de proceso o reducción de tiempos de proceso.	Elaborar un presupuesto en función de una estrategia de crecimiento y desarrollo del LFA.

De esta forma, de acuerdo con lo indicado en las Tablas 51 y 52, a continuación, en el siguiente apartado se desarrollará la propuesta que permita incorporar todas las propuestas planteadas y analizados.

4.2.2. Planteamiento de alternativa de solución

A continuación, se desarrolla la propuesta de solución para efectos de alcanzar el cierre de la brecha que presenta actualmente el LFA respecto a los requisitos que establece ARESEP, como entre regulador de los servicios que brinda el AyA.

a. Desarrollo operativo

Para efectos de lograr un desarrollo para el **componente operativo**, se aclara que este tiene un alcance el cual se circunscribe específicamente a la mejora del proceso y las capacidades de LFA, para atender a todas las solicitudes de pruebas de calibración que demanda la institución de acuerdo con la competencia de este.

i. Establecer mecanismos alternos para reducir la cantidad de requerimiento de pruebas que ingresan al LFA.

Tabla 53 Demanda teórica de realización de pruebas de calibración

Programa	Demanda promedio		
	Anual	Mensual	Semanal
Pruebas de gestión de reclamos	7500	625	156
Diagnóstico de medidores parados	4 800	400	100
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	4 608	384	96
Lecturas bajas	9 000	750	188
Total	25 908	2 159	540

Fuente: UEN-ID-2020-00489 desarrollado por la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA (2020).

Respecto a esta demanda mostrada en la Tabla 53, se necesita determinar la medida en que es posible impactar la cantidad de pruebas requeridas.

Para el caso de las Pruebas de gestión de reclamos de acuerdo con la declaración de los expertos entrevistados, un 30% de las pruebas provenientes del área comercial por un reclamo de usuario no proceden, por lo que se propone emitir una Directriz institucional que incluya los parámetros bajo los cuales se debe solicitar una prueba de calibración al medidor, acompañado de capacitaciones y ajustes a los procedimientos de solicitud de pruebas de calibración para reducir al máximo la incidencia de pruebas no procedentes.

Adicionalmente, se cuenta con la demanda en el rubro de Diagnóstico de medidores parados, los cuales actualmente entran al laboratorio para que se realice una verificación ex post de su estado y determinar una causa asignable de la razón por la cual dejó de medir. En este sentido, se identifica una actividad que no agrega valor propiamente a la gestión del LFA, ya que su razón de ser son

las pruebas de calibración para establecer una relación entre el valor mostrado por el instrumento de medición y un valor verdadero.

Respecto a las solicitudes que ingresan para efectos de la verificación del estado del parque de medidores, el cual es un requerimiento por parte de la ARESEP, se propone implementar un sistema de verificación del estado metrológico a través de una prueba *in situ* o en sitio por medio de un medidor de referencia o portátil, el cual está permitido por parte del regulador y estipulado en los Artículos N°43, N°50 y N°51 de la Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008).

A continuación, se presentan opciones de los modelos disponible en el mercado propuestos para la verificación en sitio:



Figura 14 Medidor de flujo híbrido ultrasónico Costo aproximado \$11.000



Figura 15 Medidor de flujo de agua ultrasónico. Costo aproximado \$400

El costo asociado aproximado a estos equipos de acuerdo con el estudio de mercado realizado es variable de acuerdo con la tecnología que se decida adquirir y el método de la prueba. La propuesta incluye la adquisición de 6 equipos para dotar a un equipo a cada región (GAM, Brunca, Central Oeste, Pacífico Central, Huetar Caribe y Chorotega), y los precios pueden variar desde los \$400 hasta los \$15.000.

A nivel comparativo la propuesta indicada en la Figura 14 tiene la ventaja de que no requiere retirar el medidor que se encuentra instalado, esto favorece una serie de condiciones como por ejemplo evitar al máximo la manipulación del medidor, así como ejecución de la prueba in situ en un menor tiempo. La principal desventaja es que requiere de un nivel de especialización mayor para su operación, lo que requeriría invertir mayor cantidad de recursos en la capacitación o bien personal más especializado. Adicionalmente su costo es mayor.

Por su lado, el medidor indicado en la Figura 15 tiene un costo más accesible lo que permite mayor accesibilidad desde el punto de vista presupuestario.

Se propone la designación de un funcionario por región, este puede ser parte de la cuadrilla de mantenimiento o bien un funcionario designado para este fin, de manera tal que, con un plan de trabajo específico, muestree anualmente y sea posible realizar la verificación del estado del parque de medidores del AyA, tal y como lo solicita la ARESEP.

Para el caso de los medidores que presentan un requerimiento de prueba de calibración por motivo de una “lectura baja”, se propone establecer una política de desecho y sustitución de oficio para aquellos casos cuya lectura actual sea mayor 2500 m^3 , esto debido a que en función del Acuerdo de la Junta Directiva AN-2002-148, la estimación de vida útil de estos ronda los 3000 m^3 , lo que significaría un costo de oportunidad muy alto al retirar el medidor del campo, invertir recursos en realización de pruebas de calibración y estanqueidad y que en caso de superar dichas pruebas su vida útil remanente sea únicamente 500 m^3 .

De esta forma, con la implementación de estos ajustes la demanda se reduce 36% de cantidad de solicitudes estimadas anualmente, el detalle se estima de la siguiente manera:

Tabla 54 Demanda ajustada de realización de pruebas de calibración

Programa	Demanda promedio		
	Anual	Mensual	Semanal
Pruebas de gestión de reclamos	5 250	438	109
Diagnóstico de medidores parados	0	0	0
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	0	0	0
Lecturas bajas	9 000	750	188
Total	14 250	1 188	297

ii. **Reducir al mínimo la cantidad de paros programados (atención de correos electrónicos, llamadas, consultas, reuniones)**

En el análisis realizado se determinó que existen actividades que no corresponden al flujo principal de realización de pruebas de laboratorio, a saber:

- Atención de correos electrónicos.
- Atención de llamadas.
- Atención de consultas por medios alternos. Ejemplo: La plataforma institucional para intercambio de mensajería instantánea Microsoft Teams.
- Reuniones de personal.
- Firma de trámites internos institucionales.
- Elaboración de bitácora de trabajo.
- En el caso del rol del *receptor* adicionalmente dispone de medidores para desecho, también reacondiciona medidores que hayan arrojado una prueba de calibración satisfactoria y despacha los medidores reacondicionados a la bodega para que sean colocados nuevamente en campo.
- En el caso del sistematizador adicionalmente debe administrar las evidencias fotográficas de las calibraciones y realizar consultas a los analistas sobre resultados de las pruebas.

La propuesta de mejora para este factor radica en la disminución de estos paros programados en un 10% de manera tal que el personal destacado para la realización de las pruebas aumento su tiempo disponible y evite en alguna medida la salida del proceso debido a otras actividades que no están agregando valor.

iii. Aumentar la capacidad de procesamiento en las actividades que conforman el proceso.

Respecto al aumento de la capacidad de procesamiento de las diferentes actividades del proceso es una medida que se impacta de diferentes formas. A continuación, se establecen las acciones para el aumento de la capacidad en cada una de las etapas del flujo de proceso del LFA.

Para esta propuesta se realiza un análisis de valor agregado a cada una de las actividades del proceso y determinar la posibilidad de reducir el tiempo de ciclo. A continuación, se presentan las propuestas de mejora a las actividades de proceso de manera que sea posible impactar en el aumento de su capacidad.

Tabla 55 Propuesta para mejora de capacidad de procesamiento

Etapas de proceso	Mejora propuesta	Recursos requeridos	Costo⁹
Recepción de muestras	Incorporar uso de etiquetado y lectores láser para información del medidor. Permite agilizar el manejo de información, mejorar la trazabilidad y confiabilidad de la información, reduciendo el riesgo de ingreso de datos con errores.	Software para creación e impresión de códigos de barras.	\$1.000 anual (6 licencias)
		Impresora de etiquetas.	\$3.000 pago único (6 impresoras)
		Equipo lector de código de barras.	\$600 pago único (6 lectores láser)
Almacenamiento y custodia de muestras	Incorporar una clasificación por clase metrológica, limpiar y agrupar de acuerdo con capacidad de banco de pruebas, de esta manera el analista disminuye el tiempo de set up o preparación para la prueba.	No requiere recursos adicionales, únicamente ajuste en método de trabajo.	No aplica.

⁹ Costo estimado a partir de estudio de mercado realizado marzo 2022.

Etapa de proceso	Mejora propuesta	Recursos requeridos	Costo ⁹
Sistematización	Incorporar un formulario de automatización de la gestión de fotografías	Requiere de la programación de una herramienta en alguna de las plataformas disponibles en Office 365. Aproximadamente 100 horas del ingeniero programador.	\$10.000 pago único

La propuesta incluye la utilización durante todo el proceso de alguna de las herramientas disponibles en la Institución tales como Power Apps y ArcGIS Survey123. Ambas son herramientas de captura de datos a través de formularios y sistematización de los estos, que a su vez se pueden integrar a Excel o Power BI, de manera tal que haga viable todas las propuestas incluidas en este proyecto y a costos mínimos o nulos.

En adición a las mejoras propuestas anteriormente, el Artículo N°58 de la Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008), establece la necesidad de ejecutar además de la prueba de calibración una prueba hidrostática o de estanqueidad. Por este motivo la alternativa de mejora incluye la adaptación del proceso para incorporar una actividad adicional relativa a la prueba de presión hidrostática.



Figura 16 Bomba de prueba hidrostática. Costo aproximado \$300

iv. Aumentar la cantidad de equipos disponibles para realizar pruebas.

De acuerdo con la propuesta indicada en el inciso anterior (inciso iii), existe una alternativa que incluye la adquisición de un banco de pruebas de calibración adicional, de manera tal que esto permita realizar mayor cantidad de pruebas por turno. No obstante, el hecho de adquirir un equipo adicional no solo tiene implicaciones a nivel presupuestario si no que significaría dotar al LFA de un analista más para la operación del equipo.

En caso de que se seleccione la opción para adquirir un banco de pruebas adicional, se debe considerar la limitante del espacio físico actual, por lo tanto, se incorpora un croquis que incluye la distribución del LFA para efectos de considerar la necesidad de la readecuación de la infraestructura y se realiza una propuesta de distribución en la Figura 17.

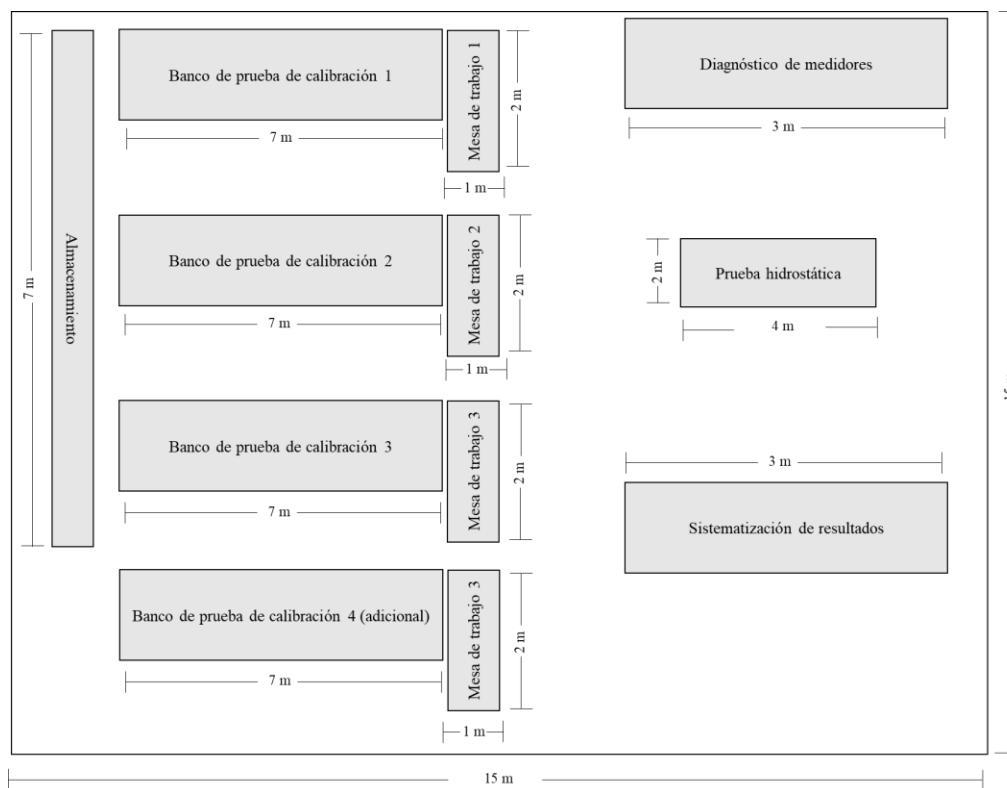


Figura 17 Propuesta croquis distribución de LFA, con incorporación de banco de pruebas adicional

Por lo tanto, esta propuesta de aumento de cantidad de equipos disponible se mantiene como una alternativa, no obstante, debe considerarse como la última de las opciones, para efectos de lograr el procesamiento de todas las pruebas requeridas y demandadas por el AyA.

- v. **Establecer un plan remedial para la ejecución de las pruebas o bien una estrategia de condonación del pendiente y desechar.**

Actualmente el LFA tiene un pendiente de aproximadamente 10.000 unidades sin ser analizadas, esto sucedió debido a la falta de capacidad de procesamiento se establecieron prioridades para la atención de solicitudes de pruebas de la siguiente forma:

Prioridad 1

- Programa 1: Pruebas especiales, aquellas que son solicitadas por casos específicos, provenientes de los niveles gerenciales o bien Contraloría de Servicios.
- Programa 2: Pruebas volumétricas, aquellas que son solicitadas por usuarios inconformes de la veracidad de la lectura y facturación de su servicio.

Prioridad 2

- Programa 3: Diagnóstico de medidores parados, corresponde a los medidores que se retiran del campo y su contador se encuentra detenido.
- Programa 4: AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP, es aquel que responde al requerimiento del ente regulador relacionado a la verificación del estado metrológico del parque de medidores.
- Programa 5: Lecturas bajas, es el que se requiere debido a la identificación de la reincidencia de lecturas bajas en el contador.

Por este motivo, el LFA ante la limitación de capacidad ha dado prioridad a los programas 1 y 2 tal como se indicó, provocando esta situación no solo un incumplimiento con la realización de las pruebas si no una acumulación de pendiente.

Esta situación se complejiza una vez que este medidor sin probar está expuesto por un cierto tiempo (más de 1 año en promedio) en una bodega en condiciones no controladas, lo cual altera su estado original de arribo al LFA y esto ocasiona un resultado de una prueba que no es confiable.

La propuesta busca ya sea establecer un plan remedial para que estos medidores sean probados en tiempos extraordinarios y determinar si existiese algún equipo con vida útil remanente o bien realizar un convenio específico dentro de la legalidad correspondiente y disponer este grupo de medidores para desecho.

vi. Realizar un análisis de valor de las actividades del proceso y eliminar los desperdicios que sean identificados.

De acuerdo con lo indicado en el inciso iii) se establecieron las propuestas de las actividades que durante las visitas realizadas al LFA se determinaron con un margen (entre un 5% y 10%) de mejora, de manera que sea posible mitigar o reducir los desperdicios identificados, especialmente con la inclusión de tecnología en las actividades, no solo para aumentar la capacidad y aprovechamiento del tiempo disponible, si no que a su vez promueve una gestión del riesgo en términos de evitar errores en la digitación y colaborar con la trazabilidad.

El costo total de implementación de las acciones anteriormente descritas se muestra en la Tabla 56 resumen a continuación:

Tabla 56 Resumen de costos propuesta de aumento de capacidad del LFA

Ítem	Costo unitario	Clasificación	Cantidad	Costo total
Alternativa 1				
Descripción: Incluye la incorporación de las mejoras a las actividades del proceso + la ampliación a la modalidad de jornada de trabajo a 2 turnos + 1 analista adicional exclusivo para ejecución de prueba hidrostática y diagnóstico de medidores.				
Equipo portátil de comprobación de estado metrológico del medidor.	\$ 400 (opción de menor precio)	Inversión	6	\$ 2.400
Software para creación e impresión de códigos de barras.	\$ 1.000	Inversión	1	\$ 1.000
Impresora de etiquetas.	\$ 500	Inversión	6	\$ 3.000
Equipo lector de código de barras.	\$ 100	Inversión	6	\$ 600
Analista de laboratorio.	\$ 1.200	Gasto fijo mensual	5	\$ 6.000
Bomba eléctrica para prueba de presión hidrostática.	\$300	Inversión	3	\$900
Servicios profesionales en programación.	\$ 100	Inversión	100	\$ 10.000
Total inversión				\$17.900
Total aumento de costo fijo mensual				\$6.000
Alternativa 2				
Descripción: Incluye la incorporación de las mejoras a las actividades del proceso + la ampliación a la modalidad de jornada de trabajo a 3 turnos + la adquisición de 1 banco de pruebas adicional.				
Banco de pruebas semi-automático.	\$ 182.000	Inversión	1	\$182.000
Analista de laboratorio.	\$ 1.200	Gasto fijo mensual	11	\$ 13.200
Remodelación y mejoras en infraestructura	\$150.000	Inversión	1	\$150.000
Total inversión				\$332.000
Total aumento de costo fijo mensual				\$13.000

b. Desarrollo administrativo

Respecto a la propuesta de mejora para el **componente administrativo**, esta consiste específicamente en la mejora en la gestión de LFA, para atender a los requerimientos técnicos y normativos que demanda la institución de acuerdo con la competencia de este.

i. Implementar un procedimiento para la identificación, seguimiento y evaluación periódica de los requisitos y expectativas de las partes interesadas.

Uno de los elementos clave en cualquier sistema de gestión, es la identificación, análisis y evaluación del cumplimiento de los requisitos de todas las partes interesadas a un proceso, esto de acuerdo con indicado la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018). En este caso al no identificarse un ejercicio sistemático por parte del LFA para esto a continuación se propone un diagrama de flujo general para el cumplimiento periódico a esta necesidad y lograr el cierre de esta brecha identificada.

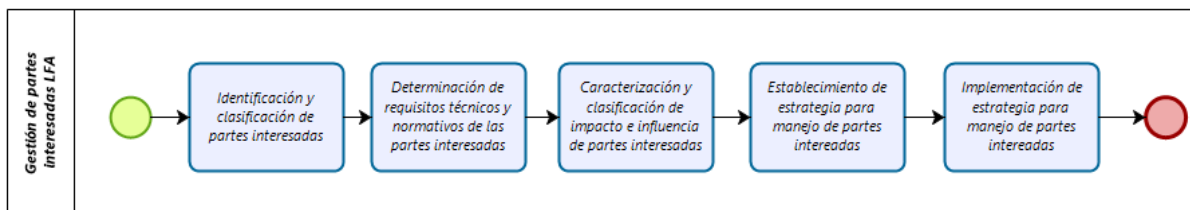
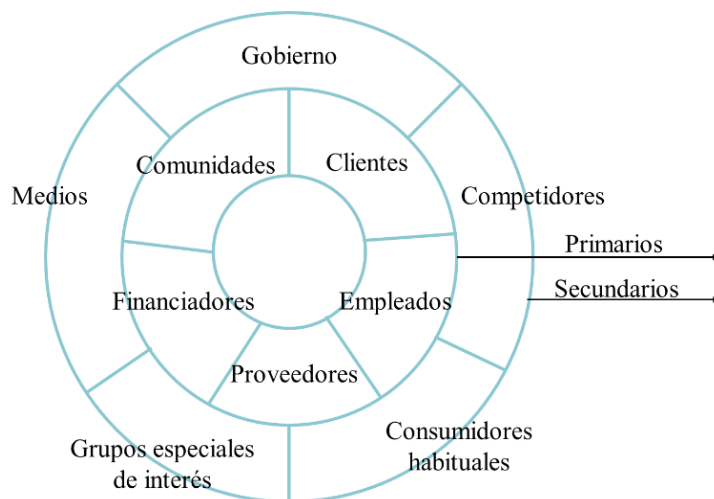


Figura 18 Diagrama de flujo para gestión de partes interesadas LFA

Para la adecuada implementación de las actividades propuestas en el diagrama de flujo de la Figura 18, se proponen tener en cuenta como mínimo las siguientes premisas:

Para la **identificación y clasificación de las partes interesadas** se propone el uso previo de herramientas estructuradas tales como el FODA, la cual permite analizar las Fortalezas y Debilidades internas del LFA y las Oportunidades y Amenazas. Asimismo, es posible anteceder al análisis de partes interesadas la aplicación uso de otras herramientas como el PESTEL que incluye un análisis orientado alrededor de los factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos (Ambientales) y Legales. Posteriormente proceder con una identificación de partes interesadas a través de un grupo experto y con el contexto elaborado con el fin de asociar las diferentes partes interesadas asociadas a esos factores y robustecer el ejercicio.

Para efectos de una identificación sistemática se propone utilizar el enfoque propuesto por Freeman, Harrison & Wicks (2008), mostrado en la Figura N°19:



Fuente: Freeman, Harrison & Wicks (2008)

Figura 19 Modelo para la identificación de partes interesadas

- Respecto a la **determinación de las expectativas y necesidades** que posteriormente se convierten en los requisitos del LFA para satisfacer a sus partes interesadas se propone la implementación de herramientas tales como entrevistas, grupos focales, encuestas u la aplicación de otro instrumento de captación de información.
- Consecuentemente, para efectos de realizar una adecuada **caracterización y clasificación de las partes interesadas**, se propone el uso de la herramienta Matriz de Influencia – Impacto, la cual que permiten comprender mejor el grado de involucramiento de las partes interesadas y con esto orientar las estrategias para su manejo adecuado.

Para lo que corresponde a la definición de necesidades y expectativas, así como su debida caracterización, clasificación y tratamiento, se propone la aplicación de la herramienta definida por Esty, D. and Winston, A. (2009), la cual se muestra a continuación:

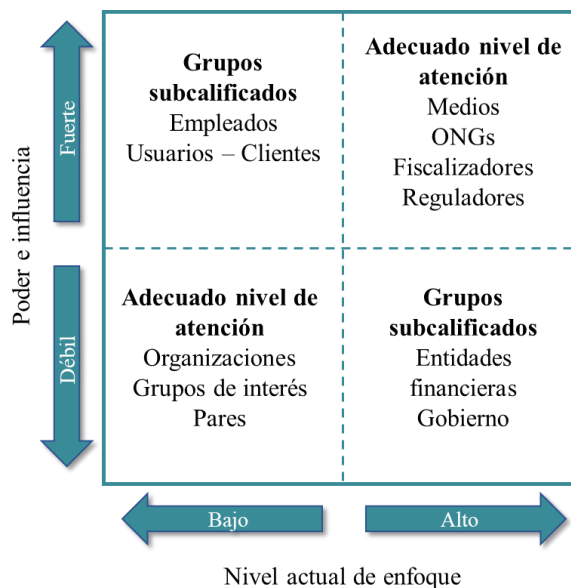


Figura 20 Mapeo de influencia de partes interesadas

Fuente: Esty, D. and Winston, A. (2009)

A través de esta herramienta es posible estructurar las diferentes partes interesadas y clasificarlas de acuerdo con su poder e influencia y el nivel de enfoque o compromiso que estas representan. Una vez se tenga este mapeo se procede con la definición de evaluación del nivel de compromiso con la organización, en este caso el LFA.

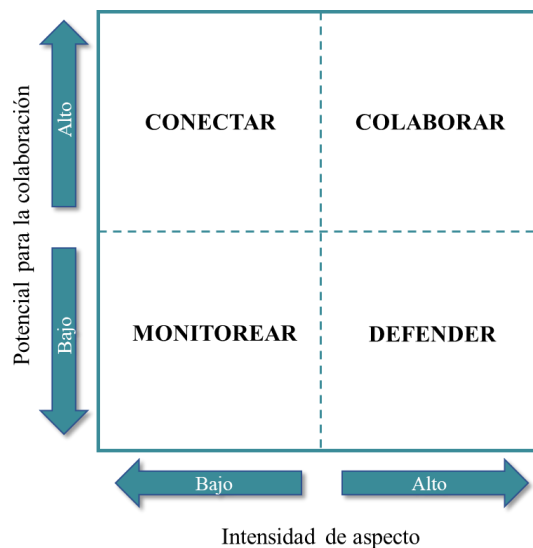


Figura 21 Mapeo de evaluación de compromiso de partes interesadas

Fuente: Esty, D. and Winston, A. (2009)

- Finalmente, no se omite mencionar que las actividades propuestas en el diagrama de flujo deben ser aplicadas de forma sistemática, debidamente documentada y debe existir evidencia de su adecuada aplicación, seguimiento y evaluación periódica, de acuerdo con los requerimientos y la dinámica del laboratorio.

ii. Implementar un procedimiento para la definición de la misión, visión y valores del LFA y su revisión y actualización periódica.

De acuerdo con las funciones básicas de la administración y en función de la teoría desarrollada por Fayol, la planificación es la una de las acciones que se deben desarrollar con el objetivo de tener claridad el estado deseado y con esto enfocar los recursos. En ese sentido se propone la implementación de un procedimiento para efectos de establecer de forma sistemática un ejercicio periódico de definición, revisión y actualización de la misión, visión y valores del LFA.

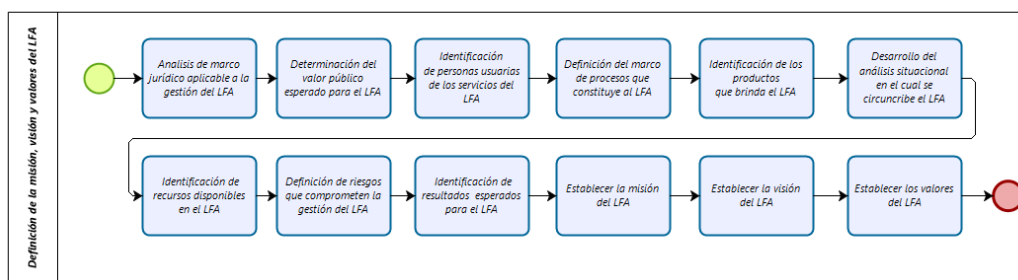


Figura 22 Diagrama de flujo para definición de misión, visión y valores del LFA

Para la implementación de las actividades propuestas en el diagrama de flujo se proponen tener en cuenta como mínimo las siguientes premisas:

- Para efectos de realizar una **identificación del contexto estratégico** como punto de partida para la definición del marco filosófico del LFA y de acuerdo con lo establecido por MIDEPLAN (2018) se propone inicialmente la comprensión del marco jurídico que rige al laboratorio, el cual ya ha sido definido en el apartado 4.2.1. Requisitos técnicos y normativos aplicables de este documento. Posteriormente, tener claridad del valor público esperado para el LFA y el valor que genera para el AyA y todas sus personas usuarias. Así mismo, como se indicó anteriormente contar con un FODA o PESTEL para efectos de conocer el contexto sobre el cual se encuentra inmersa la organización.

- Otro de los elementos que se requiere considerar es el análisis situacional del estado actúa y otros componentes involucrados tales como recursos, riesgos o resultados esperados, así establecido por MIDEPLAN (2018) para la identificación de una misión, visión, valores y objetivos estratégicos.
- Finalmente se debe considerar de acuerdo con los lineamientos de MIDEPLAN (2014), la misión debe ser una declaración concisa sobre la razón de ser o el propósito del LFA, mientras que la visión corresponde a declaración que enuncia lo que la organización desea ser en el futuro. Asimismo, respecto a los valores MIDEPLAN (2014) indica que son convicciones profundas de los seres humanos que determinan su manera de ser y orientan su conducta.

iii. Incorporar al LFA como una unidad Organizacional independiente en el Organigrama del AyA.

La propuesta permite que el LFA cuente con una estructura independiente, imparcial y oficialmente declarada dentro del marco organizacional. Asimismo, tener la definición de relaciones, sus operaciones técnicas y actividades de apoyo, facilita la transparencia y consistencia en la ejecución del proceso de las pruebas de calibración. Lo anterior así declarado en diferentes documentos, incluyendo el diagnóstico (2020) realizado al LFA con base en las Normas 17025 y 17020.

En ese sentido y de acuerdo con los recursos existentes en el LFA se propone la siguiente estructura:

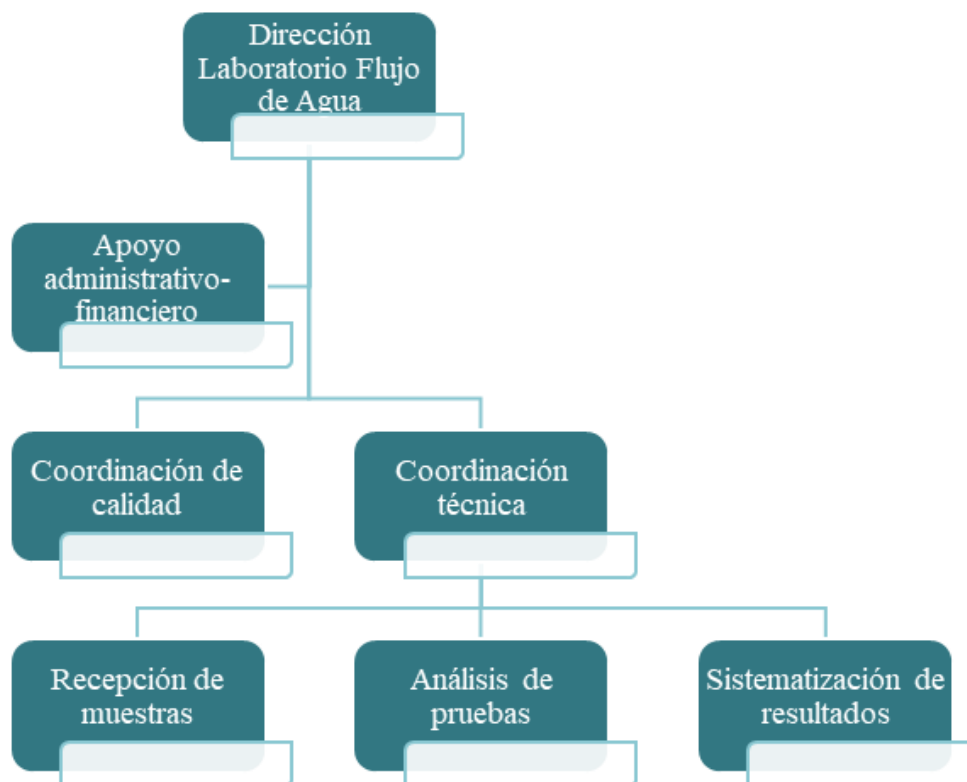


Figura 23 Organigrama propuesto LFA

Fuente: Elaboración propia, a partir de declaraciones de entrevistados.

No se omite señalar que actualmente el LFA es parte de una Unidad organizacional denominada UEN de Investigación y Desarrollo, lo cual no es conveniente para efectos de la independencia organizativa y de jerarquía sugerida para este tipo de organismos, es decir, eventuales conflictos de interés o imparcialidad.

Asimismo, es necesario considerar que el LFA le brinda servicios mayoritariamente al área comercial por lo que resulta oportuno determinar la ubicación actual del laboratorio y colocarlo en un área jerárquicamente competente.

iv. Identificar y visibilizar a todos los colaboradores la forma en que la operación del LFA colabora al cumplimiento de los objetivos estratégicos organizacionales.

Como una de las premisas básicas para alcanzar el compromiso de los colaboradores es lograr un involucramiento de manera tal que se tome conciencia del impacto de su trabajo en los objetivos estratégicos. Esto así declarado tanto en los principios de Teoría Administrativa desarrollada por

Henry Fayol, específicamente en lo correspondiente a la “unidad de dirección”, la “centralización” y la “subordinación del interés institucional”.

Adicionalmente, la Norma ISO 9004 (2018), establece la importancia de la comunicación de todos los elementos clave dentro del sistema, incluyendo la comunicación y comprensión de los objetivos, inclusive define dentro de la métrica un rubro para evaluar la medida en que se comunican, se comprenden y se concientiza sobre estos objetivos.

En ese sentido, se requiere no solo realizar una comunicación clara por parte ya sea de la figura de Director del LFA o bien inclusive de la Administración Superior, respecto a los resultados esperados de la gestión del LFA. Asimismo, se debe establecer una definición de los niveles de los objetivos y como su trabajo colabora para alcanzarlos si no que se propone una implementación de uso de gestión visual para efectos de mantener actualizado en tiempo real una serie de indicadores clave de desempeño y la forma en que estos indicadores colaboran con los objetivos del AyA. Se propone uso de herramientas como Tableau o Power BI.

A continuación, en la Figura 24 se exponen algunos ejemplos de gestión visual a nivel de manejo de indicadores:

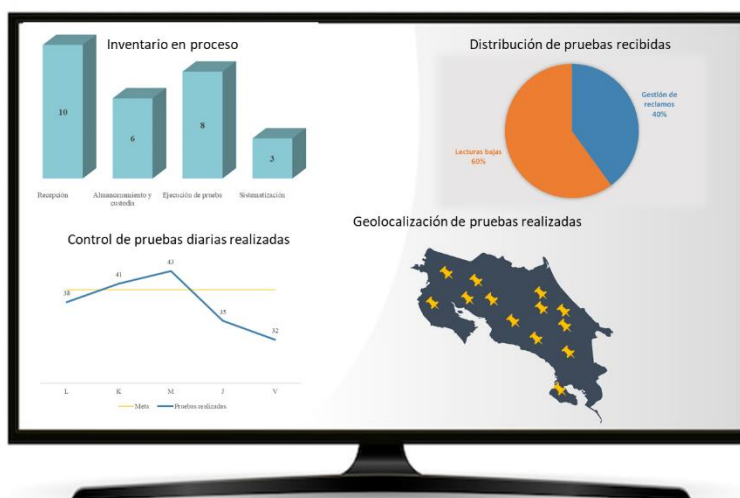


Figura 24 Propuesta de tablero de indicadores, gestión visual

La implementación de la gestión visual en la dinámica del trabajo en el mismo punto donde es ejecutado el proceso es fundamental y clave ya que facilita una rápida y sencilla comprensión del trabajo que está siendo realizado y su estado de avance, además permite una adecuada articulación

y conocimiento de los colaboradores del trabajo de cada uno y de qué forma aportan sus objetivos individuales y estos en el proceso para conseguir los resultados esperados.

Lo anterior se sustenta en la Teoría Administrativa desarrollada por Henry Fayol, específicamente en las funciones que se consideran como parte del acto de administrar el autor Edwards, R. (2018) indica que el ciclo incluye desde la planificación, organización, dirección, control y evaluación. Identificar, conocer y determinar el avance de los indicadores por parte de todos los colaboradores del proceso de calibración de medidores en el LFA, es justamente parte del control y evaluación que indica el autor como parte de las funciones básicas dentro de la administración.

v. Establecer objetivos claros y medibles y comunicarlos a todos los funcionarios del LFA.

Como propuesta de mejora se incluye una definición clara y medible de los objetivos del proceso de ejecución de pruebas de calibración en el LFA. Para lo anterior se propone un conjunto de indicadores que incluya incorpore mediciones de en las diferentes actividades del proceso, inclusive en etapas previas de entrada o salida del proceso de calibración de manera que sea posible determinar posibles causas en disconformidades de las pruebas. La propuesta de algunos de los indicadores que se consideran oportunos se muestra a continuación en la Tabla 57:

Tabla 57 Propuesta de indicadores de LFA

Indicador	Fórmula de cálculo
Porcentaje de muestras recibidas no conformes.	$(\text{Muestras recibidas conformes} / \text{total de muestras recibidas}) * 100$
Nivel de satisfacción de las partes interesadas.	$(\text{Número de partes interesadas satisfechas} / \text{Total de partes interesadas}) * 100$
Porcentaje de defectos en pruebas realizadas.	$(\text{Total de pruebas realizadas defectuosas} / \text{Total de pruebas realizadas}) * 100$
Tasa de salida de resultados de pruebas (tiempo).	Fecha de registro de resultado de prueba de calibración al medidor - Fecha de ingreso de medidor al LFA
Proporción de pruebas procesadas por analista.	$(\text{Número de pruebas realizadas} / \text{Total de pruebas realizadas por el LFA}) * 100$
Porcentaje del personal que cumple con las competencias definidas para el puesto.	$(\text{Personal que cumple con las competencias definidas para el puesto} / \text{Total de personal}) * 100$
Grado de cumplimiento de condiciones ambientales requeridas para ejecución de pruebas.	$(\text{Condiciones ambientales cumplidas} / \text{Total de condiciones establecidas por las normas técnicas}) * 100$
Calibración de equipos realizada	$(\text{Equipos con certificado de calibración vigente} / \text{Total de equipos sujetos a calibración}) * 100$
Atención de quejas o reclamos por trabajos no conformes	$(\text{Quejas recibidas por trabajo no conforme} / \text{Total de pruebas realizadas}) * 100$

Fuente: Elaboración propia

Se propone que a partir de esta propuesta de indicadores el LFA considere una implementación progresiva de los mismos, generando condiciones a nivel de manejo de la información y sistematización, con el fin de que el cálculo y seguimiento de estos no corresponda un esfuerzo adicional si no una actividad generadora de valor al laboratorio.

Asimismo, el establecimiento de las metas asociadas a cada uno de los indicadores debe responder no solo a los requerimientos normativos y técnicos aplicables si no adicionalmente a las necesidades institucionales e indicadores de eficiencia y productividad del LFA.

vi. Establecer un procedimiento para la planificación del trabajo del LFA, la medición del desempeño y la mejora.

Una de las brechas identificadas fue la carencia de planificación del trabajo basado en mecanismos sistemáticos ya sean cualitativos o cuantitativos. Por este motivo se propone la implementación de un procedimiento para la planificación del trabajo del LFA, como se muestra a continuación en la Figura N°30.

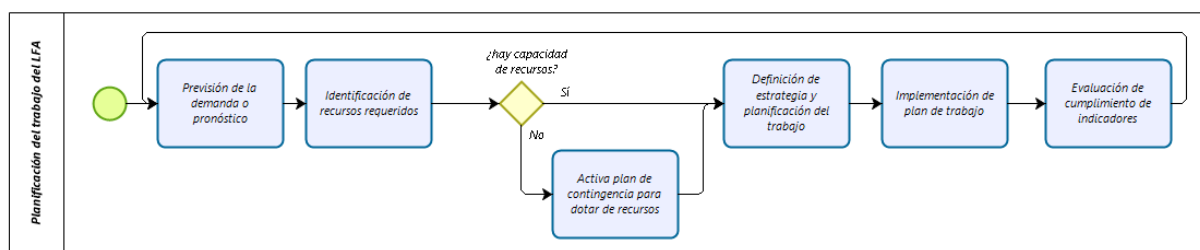


Figura 25 Diagrama de flujo para la Planificación del trabajo del LFA

Respecto a la previsión de la demanda o bien el pronóstico de la esta, se sugiere la implementación de alguno de los métodos ya sea cualitativo como Delphi¹⁰ o Juicio de Experto, o bien idealmente un método cuantitativo apoyado en datos estadísticos tales como Promedio Simple, Promedio Móvil, Suavización Exponencial en casos de serie de tiempo o bien en casos de tipo causal tales como la Regresión Simple o Regresión Múltiple.

Para el caso del LFA que actualmente no cuenta con información de históricos con la calidad (consolidación de información, consistencia) requerida para la corrida de datos bajo un método cuantitativo, se recomienda iniciar con un método cualitativo, el cual, aunque su confiabilidad en menor es una opción para iniciar con los pronósticos.

Las estrategias pueden variar desde la maniobra del recurso para la nivelación de la capacidad como por ejemplo habilitar horas extra o jornada extraordinaria, o bien el apoyo con personal adicional polifuncional, la estrategia dependerá de la magnitud de la demanda.

¹⁰ Proceso mediante el cual se definen escenarios futuros a través de un consenso de un grupo de expertos.

- vii. Establecer un plan de acción para la contratación de personal en las plazas vacantes y realizar un análisis de posibles funcionarios destacados en otras dependencias interesados, con capacidad y conocimiento para trabajar en el LFA.**

Resulta inminente la necesidad de reforzar con más personal el LFA en las actividades que se demostró una restricción en el proceso. Debido a la realidad institucional y a la imposibilidad o dificultad de la aprobación de nuevas plazas, se recomienda en primera instancia un plan de acción para el nombramiento de las plazas vacantes y que estas sean ubicadas prioritariamente en la actividad de Ejecución de prueba, es decir como *analista*. Seguidamente en caso de que se amplíe la capacidad de procesamiento de la Ejecución de la prueba, se requiere reforzar la actividad de Sistematización, de lo contrario se estaría trasladando un cuello de botella a la siguiente actividad.

- viii. Establecer para cada uno de los puestos un plan de desarrollo profesional o técnico, según corresponda.**

De acuerdo con lo establecido en 7.2 Competencia de la norma INTE/ISO 9001 (2015) y en el apartado 6.2 Personal de la norma INTE/ISO/IEC 17025 (2017) y además en la Tabla 34 N° Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.2 Personas y Tabla N°35 Evaluación detallada nivel de madurez apartado 9.3 Conocimiento de la organización, se requiere atender la necesidad de que el LFA establezca de forma específica los conocimientos requeridos para cada uno de los puestos y establezca el cierre de brechas en caso de determinar si existen funcionarios con algún grado de incumplimiento.

La propuesta incluye realizar una actualización al manual de puestos y cargos del AyA, de manera que se incluyan las competencias requeridas, ya que actualmente el Manual vigente establece funciones y responsabilidades genéricas para todos los puestos del nivel operativo del Instituto, sin diferencia si estos están en la operación o mantenimiento de sistema de agua o bien en este caso como analistas de laboratorio. Se propone solicitar una diferenciación de este cargo y con esto asegurar que el puesto incluye los requerimientos a nivel de formación académica, técnica y experiencia que demanda la posición.

- ix. Implementar en el marco de la legalidad, mecanismos para agilizar las adquisiciones.**

Debido a la dinámica de trabajo del LFA, si bien no se utilizan reactivos o insumos químicos para las pruebas como puede ser el caso de otros laboratorios, si se depende exclusivamente de la disponibilidad de los equipos en un 100% para realizar las pruebas de calibración. En ese sentido, establecer en primera instancia el listado de equipos, materiales o productos críticos es fundamental para en función de eso establecer estrategias de abastecimiento que no comprometan el funcionamiento del LFA y por ende el cumplimiento de sus indicadores y la satisfacción de todas sus partes interesadas.

Una vez se defina este listado, corresponde tener identificadas y sistematizadas las especificaciones de los equipos, de manera tal que el proceso de la adquisición fluya de la forma más ágil posible, siempre teniendo en cuenta la continuidad del servicio que presta el LFA.

La propuesta incluye una evaluación sistemática de los proveedores. Es claro que de acuerdo con el marco normativo nacional la Ley de Contratación Administrativa (1996) establecen principios que se deben respetar de acuerdo con la igualdad de trato y la libre competencia, no obstante, es necesario identificar mecanismos que se aseguren que el proveedor cumple con los resultados esperados y satisface las necesidades del LFA de forma oportuna.

Finalmente, es necesario establecer una estrategia dentro del marco de la legalidad que permita la compra ágil, en tiempo y forma. Si bien existe un mecanismo de adquisición por emergencia, de acuerdo con la naturaleza del LFA se propone la gestión de contratos por demanda, de forma tal que se disminuya el tiempo de entrega al mínimo posible. Asimismo, identificar ciertos equipos críticos y establecer el costo beneficio de contar con equipos disponibles (repuestos) en bodega, para efectos de asegurar un servicio ininterrumpido.

Se propone la aplicación de la siguiente herramienta indicada en la Figura N°6 con el objetivo de definir una acción específica para cada uno de los productos, equipos o servicios que requiere ser contratado por el LFA para su operación:

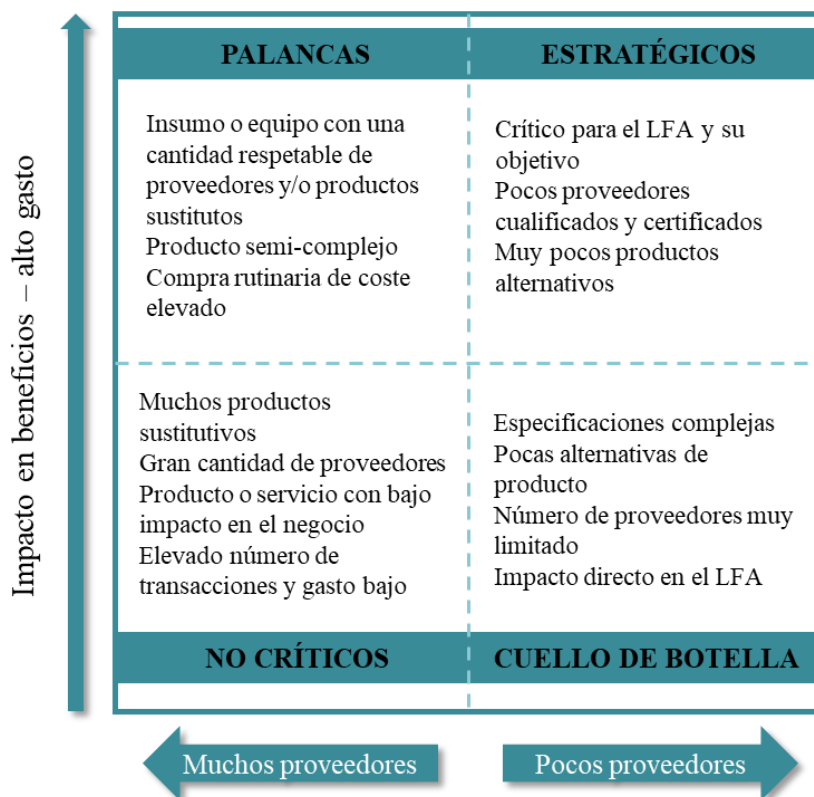


Figura 26 Matriz para definición de estrategia en compras - impacto en los beneficios y el riesgo en el suministro

Fuente: Elaboración propia basado en Kraljic, P (1983).

x. Elaborar un presupuesto en función de una estrategia de crecimiento y desarrollo del LFA.

La propuesta radica en un análisis de corto, mediano y largo plazo, orientado por la visión definida para el LFA y establecer estrategias de modernización y crecimiento para el LFA, el cual ha ido adaptándose a las diferentes necesidades de la institución.

Es clave hacer del conocimiento a la Administración Superior incluyendo el máximo órgano la Junta Directiva, las necesidades del LFA y la importancia del apoyo y aprobación de una estrategia presupuestaria para el desarrollo operativo y administrativo del LFA, que incluya las iniciativas planteadas de forma específica en este documento.

En la Figura 27 de acuerdo con el análisis previo analizado se propone un desglose de componentes los cuales deben ser considerados los ejes medulares de dicha estrategia y sobre los cuales se debe priorizar su planificación presupuestaria:



Figura 27 Propuesta de ejes estratégicos LFA

Fuente: Elaboración propia.

xi. Acreditación en normas aplicables ya sea INTE/ISO/IEC 17025 (2017) e INTE/ISO/IEC 17020 (2012)

Finalmente, no se omite mencionar que una necesidad clave para el cumplimiento del LFA con los requisitos técnicos y normativos es contar con la acreditación en las normas aplicables ya sea INTE/ISO/IEC 17025 (2017) e INTE/ISO/IEC 17020 (2012).

Por esta razón, es necesario que para concluir con el acatamiento de todos los requisitos identificados en el apartado 4.1.2 Requisitos técnicos y normativos de acuerdo con lo indicado en la Tabla N°19, el laboratorio se encuentre acreditado ante el Ente Costarricense para la Acreditación.

4.3. Validación de alternativa de solución

El apartado a continuación permite determinar la validez de la alternativa de solución desde la perspectiva técnica, operativa y financiera.

La validación se realiza a partir de 4 principales instrumentos, a saber:

1. **Análisis de comprobación de cumplimiento de requisitos técnicos y normativos.** Esto es un análisis de orden cualitativo que permite conocer la forma en que la propuesta responde a cada uno de los requisitos identificados durante la etapa de diagnóstico son atendidos con la propuesta planteada.
2. **Análisis comparativo de modelo de madurez estado actual vs estado futuro.** Este análisis permitirá conocer el grado en que aumenta la puntuación obtenida por el LFA, en un escenario en el cual se implementen todas las propuestas planteadas en este estudio.
3. **Mapeo de Flujo de Valor – Estado Futuro (se incluyen 2 alternativas).** Esta es una herramienta objetiva cuantitativa que permite a partir de la inclusión de datos numéricos conocer un comportamiento de capacidad esperado para un proceso. Se incluyen los resultados del planteamiento de 2 alternativas de solución.
4. **Consulta grupo experto (grupo focal) sobre validez de la propuesta.** El cuarto de los mecanismos mediante el cual se valida la propuesta es a través del sometimiento de esta a un panel de expertos por medio del cual se les expuso la situación actual y las propuestas de desarrollo administrativo y operativo y experto consultado responde las siguientes preguntas:
 - a. ¿Considera usted que la propuesta planteada es viable técnicamente?
 - b. ¿Considera usted que la propuesta planteada es viable financieramente?
 - c. ¿Considera usted que la propuesta planteada permite resolver el problema identificado?

4.3.1. Cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos

El primero de ellos corresponde a la valoración del cumplimiento de los requisitos legales aplicables al LFA y establecer la medida en que estos cumplen con la implementación de la mejora. A continuación, se exponen de forma sistemática el marco regulador y normativo aplicable a la gestión del LFA y se realiza un análisis de comprobación que permita validar de qué forma la propuesta de mejora atiende a lo demandado.

Una serie de requisitos establecidos para el LFA están relacionados a la acreditación de este ante el ECA. La propuesta de mejora contiene, específicamente en su apartado 4.2.2 del inciso i al xi, una serie de mejoras que son requeridas y complementarias a lo estipulado por la Norma y que su implementación permitiría cerrar la brecha para su acreditación. De esta forma es posible dar cumplimiento a los siguientes requisitos:

- ✓ **Fuente: Ley Sistema Nacional para la Calidad (2002).**

Requisito aplicable: *Artículo N°34. Los laboratorios estatales deberán acreditarse ante el ECA, de conformidad con el reglamento respectivo.*

- ✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008).**

Requisito aplicable: *Artículo 24. Muestra para pruebas o ensayos a medidores nuevos.*

Artículo 26. Certificación de la exactitud y confiabilidad.

Artículo 43. Métodos para la verificación del funcionamiento de los Medidores.

Artículo 44. Laboratorio-taller de medidores.

Artículo 45. Competencia para brindar servicios.

Artículo 47. Registro de los laboratorios.

Artículo 53. Pruebas o ensayos de medidores.

Artículo 54. Pruebas o ensayos para la adquisición de medidores.

Artículo 55. Prueba o ensayo para la emisión de la certificación de la exactitud y confiabilidad de un hidrómetro.

Artículo 56. Prueba o ensayo para determinar la exactitud de medidores en operación.

Artículo 57. Inspección del hidrómetro.

Asimismo, se disponen de otros requisitos que están asociados a cantidad de pruebas de calibración que debe ejecutar el LFA y que actualmente no tienen la capacidad operativa para realizar. El cumplimiento se alcanza de acuerdo con lo establecido en el apartado 4.2.2 → Figura N°17 o bien 4.2.2 → Figura N°18. En ambas alternativas de mejora operativa, el LFA logra resolver las no solo atender la totalidad de pruebas demandadas si no, además que están pruebas de calibración sean realizadas en menos de 8 días naturales.

✓ **Fuente: Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (2016).**

Requisito aplicable: *Artículo 82. Cobro del servicio con interposición de queja por alto consumo.*

Artículo N°100. Comprobación del funcionamiento del hidrómetro. 8 días naturales.

✓ **Fuente: Reglamento de Prestación de los Servicios de AyA (2021).**

Requisito aplicable: *Artículo N°97. De las modificaciones a la facturación.*

✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008).**

Requisito aplicable: *Artículo 36. Alcance del mantenimiento.*

Artículo 37. Mantenimiento del hidrómetro.

Artículo 39. Remisión de programa de mantenimiento.

Artículo 46. Actividades básicas del laboratorio – taller.

Artículo 49. Verificación del funcionamiento del conjunto de medidores.

Artículo 56. Prueba o ensayo para determinar la exactitud de medidores en operación.

Artículo 57. Inspección del hidrómetro.

Artículo 58: Prueba hidrostática o de estanqueidad.

✓ **Fuente: INTE/ISO 4064-1. Medidores de agua para agua potable fría y agua caliente. Parte 1. Requisitos metrológicos y técnicos. (2015).**

Requisito aplicable: *Apartado N°7.2.4 Repetibilidad.*

La propuesta de mejora incorpora la implementación de pruebas de calibración en sitio, a su vez incorpora una metodología de funcionamiento y las propuestas de los equipos a utilizar. Lo anterior permite dar respuesta a los siguientes requerimientos:

- ✓ **Fuente: Norma Técnica: Medidores para el Servicio de Acueducto. AR-HSA-2008 (2008).**

Requisito aplicable: *Artículo 50. Verificación en sitio del funcionamiento del hidrómetro.*

Artículo 51. Condiciones del hidrómetro de referencia.

Artículo 52. Exactitud de la medición del hidrómetro de referencia.

De esta forma es posible corroborar como con la implementación de la propuesta de mejora al LFA es posible atender en un 93,1% los requisitos legales y normativos, de manera tal que sea conforme a lo demandado por la ARESEP, ente regulador del servicio de prestación de agua potable y saneamiento. El restante 6,9% se responden obteniendo la acreditación del LFA lo cual está excluido del alcance de este estudio.

4.3.2. Comportamiento del modelo de madurez después de la implementación de las mejoras planteadas

El segundo elemento es la aplicación del instrumento basado en la Norma ISO 9004:2018. Gestión de la calidad, Calidad de una organización, Orientación para lograr el éxito sostenido. La validación consiste en determinar la medida en que con la aplicación de las mejoras propuestas es posible mejorar la calificación obtenida.

Puntualmente se retoman a continuación las mejoras propuestas desde la perspectiva administrativa y de gestión del LFA de forma tal que sea posible comparar el antes y después de la aplicación de la herramienta para conocer la mejoría en el nivel de madurez:

- a. Implementación de un procedimiento para la identificación, seguimiento y evaluación periódica de los requisitos y expectativas de las partes interesadas.
- b. Implementación de un procedimiento para la definición de la misión, visión y valores del LFA y su revisión y actualización periódica.

- c.** Incorporación del LFA como Unidad Organizacional independiente en el Organigrama del AyA.
- d.** Identificar y visibilizar a todos los colaboradores la forma en que la operación del LFA colabora al cumplimiento de los objetivos estratégicos organizacionales.
- e.** Establecer objetivos claros y medibles y comunicarlos a todos los funcionarios del LFA.
- f.** Establecer un procedimiento para la planificación del trabajo del LFA, la medición del desempeño y la mejora.
- g.** Establecer un plan de acción para la contratación de personal en las plazas vacantes y realizar un análisis de posibles funcionarios destacados en otras dependencias interesados, con capacidad y conocimiento para trabajar en el LFA.
- h.** Establecer para cada uno de los puestos un plan de desarrollo profesional o técnico, según corresponda.
- i.** Implementar en el marco de la legalidad, mecanismos para agilizar las adquisiciones.
- j.** Elaborar un presupuesto en función de una estrategia de crecimiento y desarrollo del LFA.
- k.** Acreditación en normas aplicables ya sea INTE/ISO/IEC 17025 (2017) e INTE/ISO/IEC 17020 (2012).

De esta forma y con la implementación de estas propuestas se evidencia la mejoría en la puntuación del modelo de madurez de la siguiente manera:

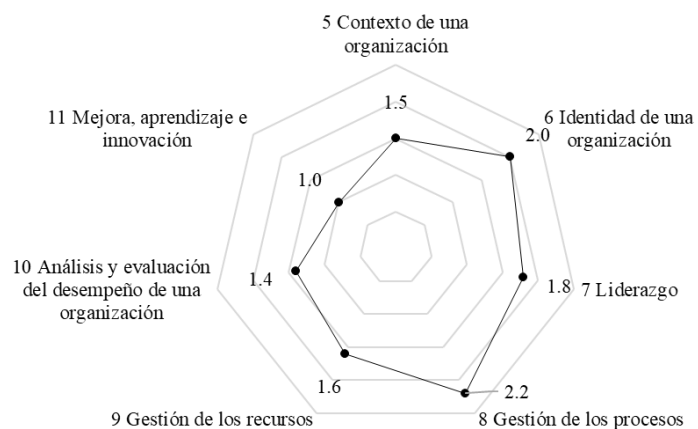


Figura 28 Evaluación antes de la implementación de las mejoras administrativas

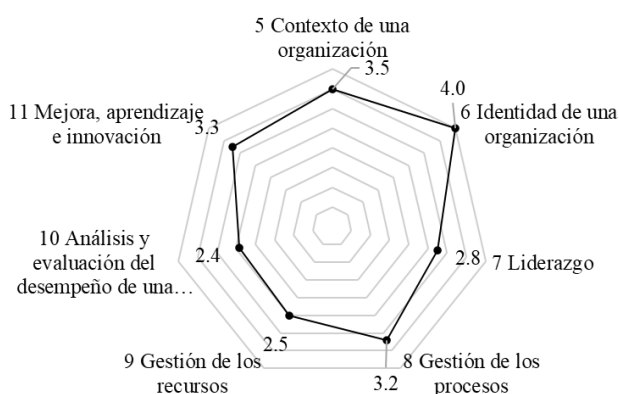


Figura 29 Evaluación después de la implementación de las mejoras administrativas

Respecto a la versión evaluada de acuerdo con el estado actual del LFA se obtiene la siguiente Tabla N°32, la cual muestra el comparativo entre el estado actual evaluado y el estado futuro esperado con la implementación de la propuesta de mejora.

Tabla 58 Comparativo de modelo de madurez estado actual vs estado futuro

Apartado evaluado	Estado actual	Estado futuro	Porcentaje de crecimiento
5 Contexto de una organización	1,5	3,5	133%
6 Identidad de una organización	2	4,0	100%

Apartado evaluado	Estado actual	Estado futuro	Porcentaje de crecimiento
7 liderazgo	1,8	2,8	53%
8 Gestión de los procesos	2,2	3,2	45%
9 Gestión de los recursos	1,6	2,5	56%
10 Análisis y evaluación del desempeño de una organización	1,4	2,4	73%
11 Mejora, aprendizaje e innovación	1	3,3	225%

4.3.3. Mapeo de Flujo de Valor Estado Futuro

El tercero corresponde al análisis del comportamiento de los nuevos datos arrojados en el Mapeo de Flujo de Valor en su Estado Futuro, es decir, a partir de la implementación de las mejoras planteadas. En las Figuras 30 y 31 se muestra el diagrama de acuerdo con el estado futuro en función de la mejora planteada.

De esta forma es posible validar que las mejoras planteadas a nivel operativo permiten mejorar la condición actual del LFA y el aumento de su capacidad de manera tal que sea posible atender a los requerimientos de la ARESEP.

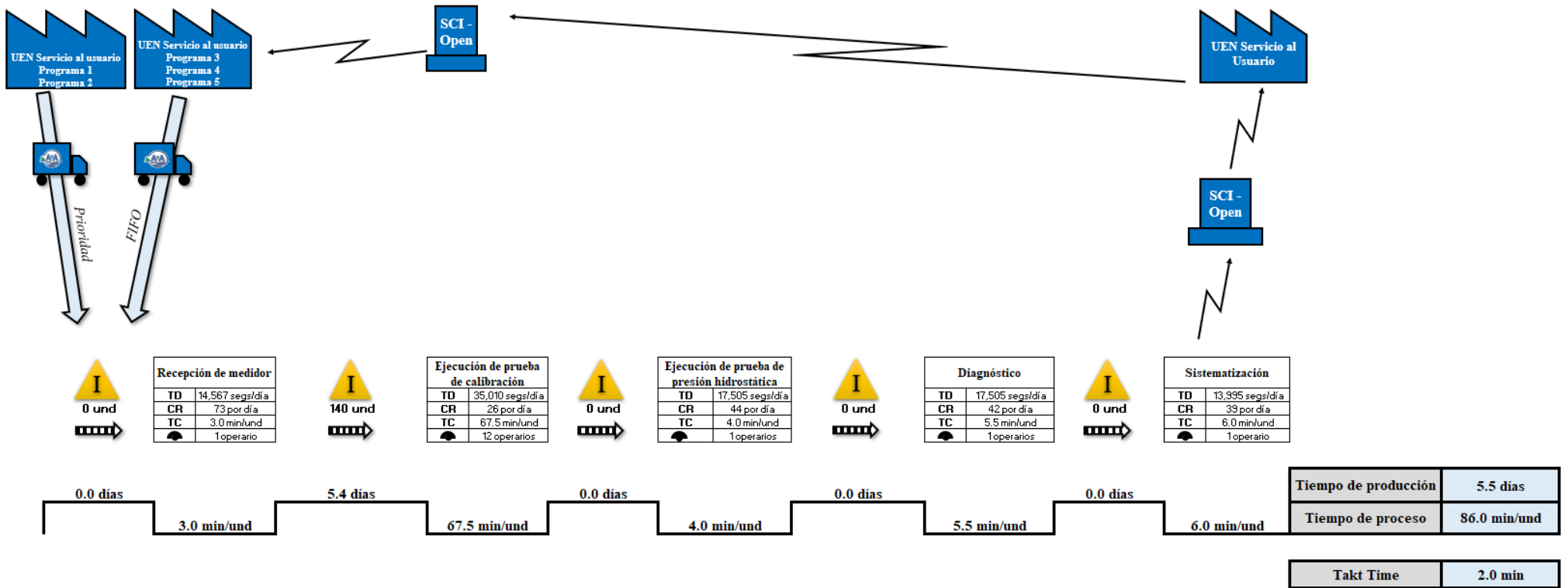


Figura 30 Mapeo de flujo de valor (VSM) – Estado Futuro alternativa 1

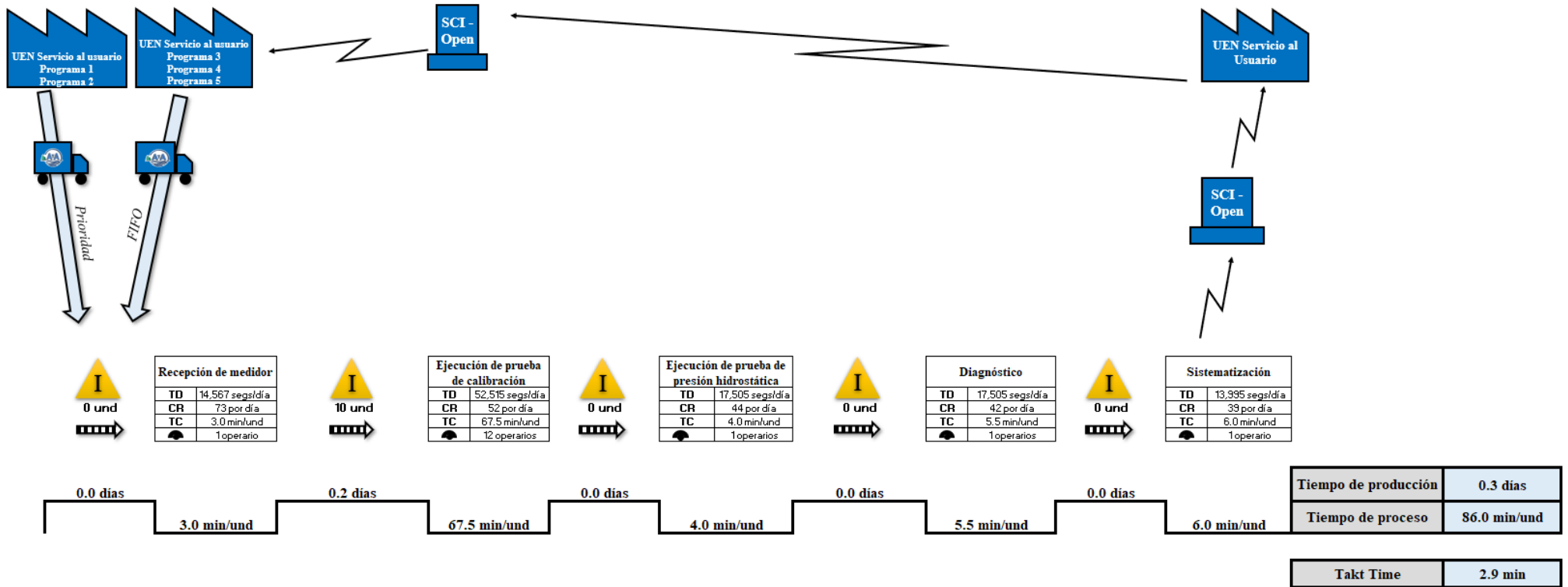


Figura 31 Mapeo de flujo de valor (VSM) – Estado Futuro alternativa 2

Tabla 59 Cálculo de la demanda proyectada de pruebas del LFA con mejora propuesta

Programa	Demanda promedio		
	Anual	Mensual	Semanal
Pruebas de gestión de reclamos	5,250	438	109
Diagnóstico de medidores parados	0	0	0
AR-HSA-2008 Art 49 ARESEP	0	0	0
Lecturas bajas	9,000	750	188
Total	14,250	1,188	297

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA. Base de datos LFA, histórico de solicitudes recibidas año 2021.

Esta mejora logra reducir la demanda de pruebas de 25.908 a 14.250 es decir se alcanza una reducción de un 44% aproximadamente.

Tabla 60 Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración – Alternativa 1

Descripción	Recepción	Prueba de Calibración	Diagnóstico	Prueba de hidrostática	Sistematización	Total
Inventario	0 und	140 und	0 und	0 und	0 und	2.7 días
Lead time	0.0 días	2.7 días	0.00 días	0.00 días	0.00 días	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

La mejora en los niveles de pruebas esperando a ser procesadas disminuye en un 98% aproximadamente y el tiempo de producción pasa de 316.8 días a 2.7 días naturales, lo que lo coloca dentro de los 8 días del plazo de resolución que establece el Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (2016).

Tabla 61 Cálculo de tiempo de entrega de resultado de prueba de calibración – Alternativa 2

Descripción	Recepción	Prueba de Calibración	Diagnóstico	Prueba de hidrostática	Sistematización	Total
Inventario	0 und	10 und	0 und	0 und	0 und	0.2 días
Lead time	0.0 días	0.19 días	0.00 días	0.00 días	0.00 días	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

La mejora en los niveles de pruebas esperando a ser procesadas disminuye en un 99% aproximadamente y el tiempo de producción pasa de 316.8 días a 0.2 días naturales, lo que lo coloca el tiempo de respuesta en

menos de 1 día, es decir el resultado de las pruebas se resolverían el mismo día que ingresan o bien máximo al día siguiente hábil.

Tabla 62 Cálculo de tiempo de proceso

Descripción	Recepción	Ejecución de prueba	Prueba de hidrostática	Diagnóstico	Sistematización
Tiempo de ciclo	4 min/und	67.5 min/und	1.3 min/und	5.5 min/und	6 min/und

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

Para el tiempo de ciclo del proceso se identifica una disminución del tiempo de la actividad de recepción y de la sistematización con las mejoras propuestas. No se omite aclarar que se visualiza un comportamiento de aumento de tiempo de la actividad de ejecución de la prueba debido a que la Norma ISO 4064 establece un requisito de repetibilidad de las pruebas que actualmente no se realiza y debe incorporarse y considerarse en los tiempos de proceso.

Tabla 63 Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time) – Alternativa 1

Descripción	Unidad	Tiempo
Takt Time	min/und	2 min

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

El comportamiento de velocidad de ejecución de prueba o Takt Time muestra un comportamiento en su estado futuro, alcanzando un tiempo de 4.2 min, lo cual es viable dentro de las condiciones planteadas.

Tabla 64 Cálculo de velocidad de ejecución de pruebas actual (Takt time) – Alternativa 2

Descripción	Unidad	Tiempo
Takt Time	min/und	2.9 min

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el LFA.

El comportamiento de velocidad de ejecución de prueba o Takt Time muestra un comportamiento en su estado futuro, alcanzando un tiempo de 87.5 min.

4.3.4. Criterio del panel de expertos respecto a la viabilidad y eficacia de la propuesta planteada

El cuarto de los mecanismos mediante el cual se valida la propuesta es a través del sometimiento de esta a un panel de expertos por medio del cual se les expuso la situación actual y las propuestas de desarrollo administrativo y operativo y cada una de las personas expertas consultadas respondió las siguientes preguntas:

1. ¿Considera usted que la propuesta planteada es viable técnicamente?
2. ¿Considera usted que la propuesta planteada es viable financieramente?
3. ¿Considera usted que la propuesta planteada permite resolver el problema identificado?

A continuación, se muestran en las Figuras 32, 33 y 34 los resultados que se obtuvieron en el proceso de consulta experta.

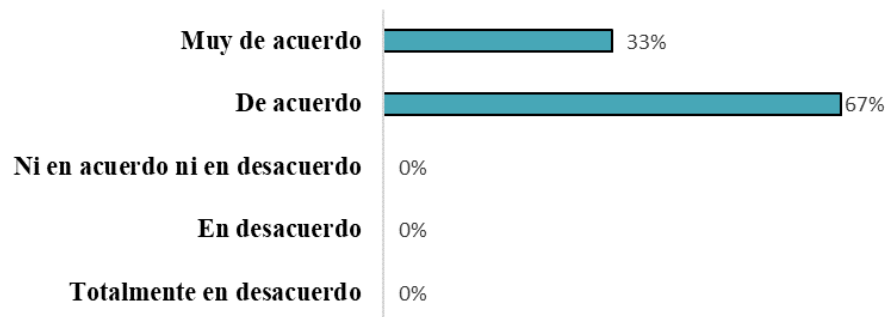


Figura 32 Resultados a la pregunta de validación 1.
¿Considera usted que la propuesta planteada es viable técnicamente?

Respecto a la pregunta *¿Considera usted que la propuesta planteada es viable técnicamente?* el 33% de los expertos expresaron estar **Muy de acuerdo** y el 67% indicaron estar **De acuerdo**, lo cual rectifica la validez de la propuesta respecto a las propuestas de mejora desde una perspectiva técnica.

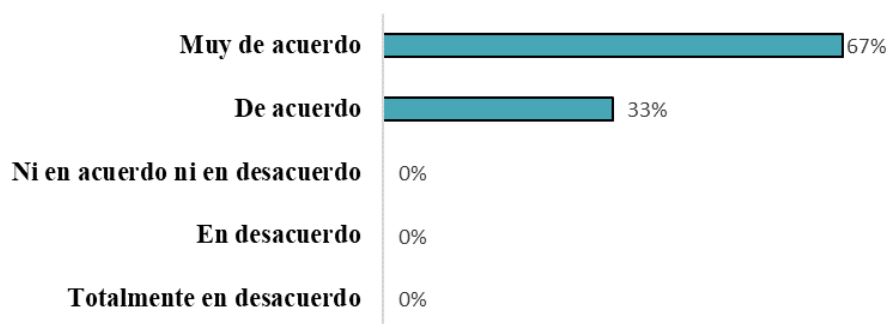


Figura 33 Resultados a la pregunta de validación 2.
¿Considera usted que la propuesta planteada es viable financieramente?

Respecto a la pregunta *¿Considera usted que la propuesta planteada es viable financieramente?* el 67% de los expertos expresaron estar **Muy de acuerdo** y el 33% indicaron estar **De acuerdo**,

lo cual rectifica la validez de la propuesta respecto a los costos asociados a la propuesta de mejora a la gestión operativa y administrativa del LFA.

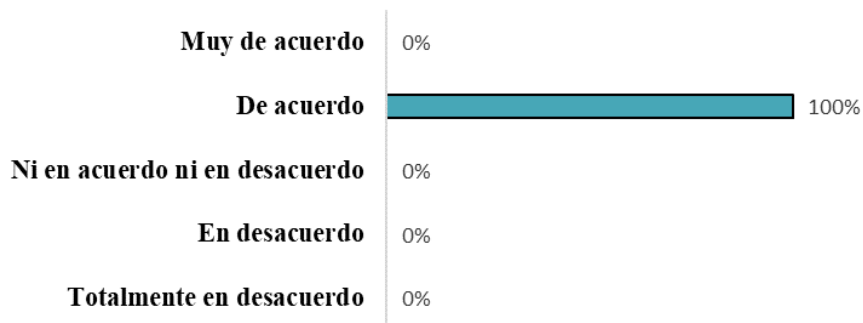


Figura 34 Resultados a la pregunta de validación 3.
 ¿Considera usted que la propuesta planteada permite resolver el problema identificado?

Respecto a la pregunta *¿Considera usted que la propuesta planteada permite resolver el problema identificado?* el 100% de los expertos expresaron estar De acuerdo, lo cual rectifica la validez de la propuesta respecto al diseño de la propuesta de mejora.

En conclusión, la validación realizada a partir de la consulta a expertos resultó positiva tanto respecto a la conceptualización técnica, como a la inversión requerida.

Capítulo V. Discusión, lecciones aprendidas y aportes a la academia

El capítulo a continuación confronta los resultados de la investigación respecto al problema planteado, apoyándose en el marco teórico conceptual y contextual, de forma tal que sea posible demostrar la validez de la propuesta y además de implicaciones y limitaciones del proyecto.

5.1.Discusión

Retomando el problema identificado, la investigación se concentra en determinar de qué forma es posible desarrollar administrativa y operativamente el Laboratorio de Flujo de Agua de AyA en la realización de las pruebas de calibración de los medidores para lograr el debido cumplimiento de los requerimientos técnicos y normativos establecidos por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP).

5.1.1. Análisis de resultados del diagnóstico

En términos de capacidad operativa del LFA para la atención de solicitudes de pruebas de calibración de medidores, durante la fase de diagnóstico se logra identificar que la cantidad de pruebas requeridas para satisfacer la demanda actual de pruebas de calibración de medidores de agua es de 25.908 pruebas anuales. El LFA realizó en el 2021 de acuerdo con su capacidad un total de 12.838. Es decir, existe un 50% de demanda de pruebas de calibración insatisfecha.

El análisis del proceso realizado al proceso permitió determinar que con la capacidad actual y para la demanda dada, el tiempo de producción del proceso es de 316.8 días y el tiempo de proceso de 40.2 minutos. Lo anterior obliga al LFA a priorizar las pruebas cuyo resultado es urgente para el usuario y acumular las pruebas restantes, ocasionando altos niveles de inventario en proceso (10.000 aproximadamente).

Asimismo, basado en el estudio y análisis al marco regulador aplicable, fue posible determinar que del total de requerimientos legales y técnicos (29), el LFA presenta un cumplimiento del 7% de los requisitos, un cumplimiento parcial de 52% y un 41% de incumplimiento de requerimientos.

Respecto al estado actual desde una perspectiva administrativa, se realizó la evaluación basada en la herramienta INTE/ISO 9004:2018 (2018), la cual tenía por objetivo identificar oportunidades

de mejora en las diferentes áreas de la organización y su sistema de gestión, de manera que sea posible a partir de una autoevaluación, promover su mejora continua y la priorización de recursos.

Los resultados obtenidos a partir de esta evaluación permitieron determinar que el nivel de madurez del sistema de gestión del LFA se encuentra actualmente en un nivel medio-bajo, alcanzando una puntuación de 12 sobre los 35 puntos posibles de la metodología.

5.1.2. Propuesta de diseño para el desarrollo administrativo y operativo del LFA

De acuerdo con los hallazgos identificados y señalados durante la fase de diagnóstico, se establecieron una serie de mejoras que permiten cerrar la brecha respecto a la gestión operativa y administrativa del LFA.

Inicialmente para atender el desfase del 50% entre capacidad instalada del LFA y cantidad de pruebas requeridas se propone impactar en primera instancia la demanda de pruebas de calibración. Lo anterior se propone resolver a partir de la implementación de pruebas de calibración *in situ* (esto para atender las pruebas solicitadas en el Artículo N°49 de la Norma Técnica ARESEP). Además, se propone la eliminación de pruebas de diagnóstico a medidores que ya se encuentran detenidos, es decir que estos medidores no ingresen al LFA y se establezcan mecanismos de desecho desde las áreas operativas - comerciales.

Adicionalmente, con el fin de depurar las solicitudes de pruebas de calibración de medidores por motivo de reclamos de un usuario se propone establecer una directriz institucional que incluya los parámetros bajo los cuales se debe solicitar una prueba de calibración al medidor, acompañado de capacitaciones y ajustes a los procedimientos de solicitud de pruebas de calibración para reducir al máximo la incidencia de pruebas no procedentes.

Con la implementación de las mejoras mencionadas anteriormente es posible disminuir la demanda de pruebas en el LFA pasando de 25.908 a 14.250. Es decir, un 44% de reducción de la demanda original requerida.

Una vez que se logró establecer la estrategia de reducción de la demanda, se procedió a analizar el proceso de pruebas de calibración, con el fin de identificar los posibles desperdicios, actividades que no agregan valor o bien aquellas que pueden ser ejecutadas en un menor tiempo. En ese sentido

se propone para la actividad del proceso de recepción de los medidores para ser analizados, incorporar el uso de etiquetado de los medidores al ingresar al LFA, esto permite agilizar y disminuir los tiempos de ejecución de las diferentes actividades del proceso. Asimismo, evitar errores de digitación y reproceso.

Acompañado a la mejora anterior, se propone implementar un mecanismo de automatización de la gestión de información y de fotografías, esto permite reducir los tiempos del proceso asociados a la sistematización y compilación de evidencias.

Asimismo, con el fin de aumentar la capacidad del proceso se propone implementar un modelo de trabajo por turnos, de acuerdo con la normativa institucional. Esto permite aumentar la capacidad de la actividad que debe ser ejecutada en el banco de pruebas de calibración, el cual actualmente presenta una restricción, también denominado, cuello de botella.

En adición, retomando lo señalado por Fonjuno (2012), el equipamiento que se requiera incorporar como parte de las mejoras operativas al LFA debe estar planificado de forma sistemática, así como implementado, controlado, monitoreado y evaluado, de forma tal que no existan riesgos asociados a una inadecuada administración o gestión del equipamiento. Lo indicado anteriormente permite fortalecer los planes de calibración y mantenimiento de equipos.

Adicionalmente, desde la perspectiva administrativa, se propone implementar procedimientos de gestión de partes interesadas y planificación del trabajo, así como la oficialización de una estructura organizacional del LFA.

Respecto al componente de evaluación del desempeño y mejora continua se propone implementar gestión visual: cumplimiento de indicadores y estadísticas del proceso en tiempo real y establecer un tablero de indicadores de gestión y de resultado, no solo que permita conocer el rendimiento de LFA si no promover el compromiso de sus colaboradores.

Es clave de forma complementaria incorporar a la propuesta de mejora el elaborar e implementar una estrategia para contratación de personal y desarrollo de sus competencias, lo cual permitirá contar con la cantidad de personal que demanda el LFA en tiempo y forma.

Respecto a la gestión de las compras, se propone el desarrollo un mecanismo de contrato por demanda de insumos y equipo del Laboratorio, lo cual permite asegurar la continuidad de la operación del este y evitar retrasos por salida de operación de los equipos. Lo anterior basado en una análisis y clasificación previa de todos los insumos y equipo que son requeridos en el LFA, para establecer acciones específicas acorde a la realidad de cada uno de ellos, por ejemplo, aquellos en los cuales existe una alta oferta de mercado y son de menor costo, o bien aquellos que son críticos para la operación, etc.

Lo indicado anteriormente permite ratificar la posición del autor Parikh & Joshi (2005), el cual realiza un énfasis en la necesidad de clasificar las diferentes adquisiciones que requiere el LFA y a partir de esa clasificación establecer estrategias específicas de acuerdo con el nivel de complejidad, costo, especificidad, disponibilidad en el mercado, etc.

Asimismo, respecto a las tecnologías de la información, tanto la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018) como el autor Paul P. Tallon (2018), fortalecen el concepto y la necesidad de procurar un desarrollo tecnológico acorde al entorno y las necesidades del LFA, de manera tal que sea posible asegurar tanto herramientas que interactuando generen valor en los procesos como conectividad entre sí.

Rana & Sharma (2019) destaca la relevancia del desarrollo del Capital Humano en 3 ejes principales: desarrollo personal, desarrollo de equipos y desarrollo organizacional. Al respecto la propuesta de mejora propone un enfoque tripartito, en el cual sea posible dar respuesta a la propuesta del autor de forma integral. Asimismo, se visualiza como un reto la realidad organizacional actual, la cual permea hacia la cultura del LFA y esto puedo influirlo tanto positiva como negativamente.

También se destaca que tanto la OMS (2012) en su guía para la gestión de laboratorios como el autor Raymond Edwards (2018), destacan la necesidad de contar con una estructura organizativa definida, clara y comunicada a toso los niveles, esto como parte de los principios de teoría administrativa de Henry Fayol, sobre la importancia de establecer niveles jerárquicos de toma de decisión y de mando así como sus roles y responsabilidades.

No se omite señalar que la propuesta incluye el desarrollo de capacidades al LFA desde la perspectiva de evaluación del desempeño en el cumplimiento de objetivos y metas. En este sentido tanto la tanto la Norma INTE/ISO 9004:2018 (2018) como el autor Wes Martz (2013), establecen un abordaje robusto respecto a la relevancia de la evaluación dentro de una organización y al respecto el autor hace énfasis en establecer modelos de evaluación específicos ya sea a partir de resultados, procesos, evaluación de control, etc.

Consecuentemente, la incorporación de estas mejoras permitirá al LFA obtener la acreditación INTE/ISO/IEC 17025 o 17020, requisito de la legislación nacional y normativa técnica, el cual el LFA debe cumplir.

5.1.3. Validez de la propuesta

Lo indicado anteriormente permite disminuir el tiempo de ejecución de las pruebas pasando de 316.8 días a 2.7 (Alternativa 1) días naturales, es decir se genera una mejora en el tiempo de ejecución de la prueba en un 98% y de 316.8 días a 0.2 días naturales (Alternativa 2) es decir se genera una mejora en el tiempo de ejecución de la prueba en un 99%.

Los costos totales de la Alternativa 1 es de un total de \$17.900 de inversión y \$6.000 de aumento en costos fijo de salarios para el personal adicional que opera el segundo turno.

Los costos totales de la Alternativa 2 es de un total de \$332.000 de inversión y \$13.000 de aumento en costos fijo de salarios para el personal adicional que opera el segundo turno.

Respecto al estado futuro desde una perspectiva administrativa, una vez aplicadas estas mejoras, se aplicó nuevamente la evaluación basada en la herramienta INTE/ISO 9004:2018 (2018), la cual dio por resultado una puntuación de 22 sobre los 35 puntos posibles de la metodología, alcanzando un crecimiento importante de 10 puntos en la calificación.

Finalmente, la validación de la propuesta realizada por el grupo de expertos (contraparte institucional), permitió demostrar que la propuesta es factible tanto técnica como financieramente y resuelve el problema inicialmente planteado.

5.2. Lecciones aprendidas

Las principales lecciones aprendidas asociadas al desarrollo de este proyecto estuvieron asociadas a la relevancia de contar con información confiable para efectos de aplicaciones metodológicas y análisis de datos para la elaboración de propuestas y tomas de decisión.

Asimismo, se destaca como lección aprendida la necesidad de considerar durante todo el proceso de investigación y desarrollo la experiencia y conocimiento de la contraparte, como un insumo clave de información para el planteamiento de la propuesta y asegurar que esta se encuentre alineada no solo a la necesidad de la organización si no también sea viable técnicamente.

Finalmente, el aprendizaje también se orientó a la necesidad de tener claridad sobre el alcance de la propuesta y sus implicaciones con el objetivo de contar con un marco teórico robusto que soporte el diagnóstico y diseño del proyecto y que este planteamiento lejos de ser rígido y definitivo, puede ser un proceso iterativo que se perfeccione durante la ejecución de las demás fases del proyecto.

5.3. Aportes y beneficios esperados de la investigación

El proyecto desarrollado le provee al AyA una propuesta de desarrollo para que sea posible dar cumplimiento técnico y normativo según lo estipulado por el ente regulador (ARESEP).

Adicionalmente la mejora administrativa y operativa en el LFA es genera un impacto colectivo a todos los usuarios del país, ya que asegura una mayor confiabilidad metrológica de las mediciones de consumo y por ende de la facturación. Asimismo, dota al AyA de un mecanismo seguro que certifique que los cobros se realizan de manera conforme y no compromete la sostenibilidad financiera del Instituto, a través de medidores que sub registran y provoquen grandes cantidades de Agua No Contabilizada (ANC).

Desde el punto de vista de la academia, con la realización de esta investigación, se demuestra el compromiso que tiene la Universidad de Costa Rica con el país a través del fomento al conocimiento aplicado en la mejora de los procesos del AyA, siendo esta una institución pública y mayor operador del suministro de agua potable del país, clave para el bienestar, salud y desarrollo nacional.

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- i. El diagnóstico permitió determinar que el LFA no cuenta con la capacidad actual para el procesamiento de la cantidad de pruebas que son requeridas a nivel técnico y normativo. Asimismo, que cuenta con una serie de tareas manuales que no solo retrasan la ejecución de las actividades si no que son fuente de riesgo de errores materiales involuntarios o de reprocesos.
- ii. En adición, el análisis derivado del diagnóstico arrojó una limitante de los tiempos disponibles de los analistas del laboratorio debido a la dedicación de un 20% de la jornada a actividades de orden administrativo.
- iii. Se determina la necesidad de replantear el criterio que define los medidores que ingresan al LFA (detenidos, lecturas bajas, muestreo de estado metrológico del conjunto de medidores), de forma tal que sea acorde a las necesidades institucionales y el potencial de aumento de capacidad de procesamiento del LFA.
- iv. Suprimir el ingreso al LFA de los medidores que ya se encuentran detenidos, no solo permite liberar la demanda de pruebas de calibración, si no que permite contar con un programa de sustitución de estos más ágil, el cual no dependa de la capacidad del LFA para la realización de pruebas o inspecciones.
- v. Respecto al diseño de la propuesta se concluye la necesidad reducir la cantidad de pruebas que ingresan al LFA. Esto es posible implementando una serie de medidas, tales como la eliminación de ingreso de medidores que se encuentran parados así como realizando verificaciones en sitio con bancos de prueba portátiles.
- vi. Aunado a lo indicado en el punto anterior, además se concluye que la ubicación organizacional actual del LFA no es la idónea, ya que bajo un estricto apego a enfoque por procesos este debe tener mayor cercanía e interacción con los procesos operativos comerciales, que propiamente con la investigación y desarrollo, en su ubicación actual.

- vii. Existe una dependencia del LFA hacia los procesos de apoyo tales como Compras, Reclutamiento y Selección de Personal, Tecnologías de Información, que en la actualidad están limitando un desarrollo más acelerado de este.
- viii. Respecto a la validación del proyecto se concluye que el proyecto es viable tanto técnica como financieramente y que este permite resolver el problema inicialmente planteado.
- ix. Es clave de éxito considerar el criterio experto de todas las partes involucradas durante el proceso, de manera tal que la propuesta incluya una perspectiva no solo integral si no que viable técnica y financieramente.
- x. Durante el estudio realizado fue posible concluir que el LFA es considerado como un proceso operativo de apoyo, limitando mayormente la prestación de sus servicios hacia el área comercial, no obstante, este no se visualiza como un proceso clave o estratégico para el aumento de ingresos y reducción del Agua No Contabilizada del AyA.
- xi. Fue posible identificar que existe el compromiso e interés por parte de los colaboradores y tomadores de decisión asociados al LFA, no obstante, se encuentran atendiendo durante tiempo completo y tiempo extraordinario el trabajo que apunta a la misión de este, sin embargo, tienen poco o nulo margen para gestionar acciones orientadas a la visión, es decir, para lograr un desarrollo efectivo y sustantivo.

6.2. Recomendaciones

- i. Elaborar un documento técnico soportado en la presente propuesta, para que, de acuerdo con el procedimiento institucional establecido para el desecho de material, se proceda con la eliminación de los 10.000 medidores que se encuentran en inventario acumulado en bodega y que ya no tienen condiciones para ser reinstalados en campo.
- ii. Solicitar la actualización de la información documentada del proceso *COM-73 Servicios al usuario* asociada al Sistema de Gestión de la Calidad institucional, para efectos de asegurar que los funcionarios de las plataformas de servicios remiten la solicitud de prueba de calibración solo cuando esta sea exclusivamente necesario y no comprometan la capacidad del LFA.

- iii. Procurar la inclusión en la próxima planificación presupuestaria, los recursos para la adquisición de los bancos de pruebas de calibración remoto, y coordinar la respectiva capacitación a los funcionarios de campo que realizaran las pruebas.
- iv. A partir de los diagramas de flujo propuestos, elaborar los procedimientos de acuerdo con los lineamientos del Sistema de Gestión de la Calidad institucional, relativos a la gestión de partes interesadas, planificación del trabajo y creación de misión, visión y valores del LFA.
- v. Incorporar las mejoras a nivel de gestión de información necesarias para efectos de implementar la medición de los indicadores incluidos en esta propuesta.
- vi. Concientizar no solo a lo interno del LFA si no a los diferentes niveles de la institución, sobre de la importancia de la gestión del LFA en términos de sostenibilidad financiera y reducción de Agua No Contabilizada.
- vii. Asegurar la existencia de procedimientos asociados a la gestión de información y mantenimiento actualizados de las bases de datos del LFA.
- viii. Valorar la pertinencia del manejo del sistema de gestión del LFA como parte de un sistema integrado adscrito al sistema de gestión de la calidad institucional amparado a la Norma INTE/ISO 9001:2015.
- ix. Elaborar y presentar a la Administración Superior del Instituto la propuesta de reorganización para efectos de ubicar el LFA como parte de la estructura del área operativa-comercial.
- x. Adicionalmente se recomienda, a partir del trabajo de una comisión técnica especializada, revisar la vigencia y actualizar lo estipulado en el acuerdo de Junta Directiva AN-2002-148, el cual dictamina una serie de argumentos para la determinación de la vida útil de los medidores (3000 m³ 0 7 años en funcionamiento). Lo anterior permitiría un mayor conocimiento y caracterización del parque de medidores y con esto establecer una planificación estratégica más robusta para el LFA, en función de las necesidades institucionales.

- xi. Finalmente, se recomienda a la contraparte institucional, siendo que las alternativas no son excluyentes, realizar las gestiones para implementar la Alternativa 1 y posteriormente de una forma progresiva realizar la adquisición del Banco de Pruebas adicional y valorar la implementación de operaciones a 3 turnos.

Bibliografía

- AGMBP Ingenieros Consultores S.A. (2020). Informe de diagnóstico del Laboratorio de Flujo de Aguas con base en las Normas 17020 y 17025.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (14 de Abril de 1961). Ley No. 2726 Ley Constitutiva Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados. San José.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (02 de Mayo de 1978). Ley N° 6227 Ley General de la Administración Pública. San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (5 de Septiembre de 1996). Ley 7593 de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). San José, San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (18 de Setiembre de 2001). Ley de la Administración Financiera de la República y Presupuestos Públicos N°8131. San José, San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (1 de Mayo de 1996). Ley de Contratación Administrativa N°7494. San José, San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (21 de Mayo de 2002). Ley N° 8279 Sistema Nacional para la Calidad. San José, Costa Rica.
- Asamblea Nacional Constituyente. (8 de Noviembre de 1949). Constitución Política República de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (14 de Octubre de 2008). Norma Técnica Medidores para el servicio de acueducto AR-HSA-2008. San José, San José, Costa Rica.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (12 de Abril de 2016). Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes. San José, Costa Rica.

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2004). Reglamento Autónomo de Servicios. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2021). Manual de Organización Funcional. San José.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2020). UEN-ID-2020-00489 Requerimientos diagnóstico LFA. San José.
- Bureau International des Poids et Mesures. (2012). International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM). París, Francia.
- Cambronero, J. J. (27 de Enero de 2022). Gestión LFA. (M. G. Vallejo Astúa, Entrevistador)
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2004). A quality management system model for health care; approved guideline—second edition. CLSI.
- CONARE. (2021). Informe del Estado de la Nación 2020.
- Covaleski, M. A. (2003). Budgeting research: Three theoretical perspectives and criteria for selective integration. *Journal of Management Accounting Research*, 3-49.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2021). Análisis de los requerimientos del Laboratorio de Flujo de Agua para la aplicación del muestreo para verificación del funcionamiento de medidores a nivel país.
- Devanshu Mudgal, Emanuele Pagone, Konstantinos Salonitis. (2020). Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing. *Procedia CIRP*, 826-831.
- Dirección General del Servicio Civil. (2016). Guía para la realización de Estudios de Cargas de Trabajo en las Instituciones cubiertas por el Régimen del Servicio Civil. San José, Costa Rica.
- Dobles, J. M. (27 de Enero de 2022). Gestión LFA. (M. G. Vallejo Astúa, Entrevistador)

- Edwards, R. (2018). An Elaboration of the Administrative Theory of the 14 Principles of Management by Henri Fayol. *International Journal for Empirical Education and Research*, 41-52.
- Elmaghraby, S. E. (1991). Manufacturing Capacity and its Measurement: A Critical Evaluation. *Computers & Operations Research*, 615-627.
- ESPH y UNA. (2020). Programa de Investigación Aplicada para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en un Clima Cambiante (PRIAGIRH).
- Esty, D. and Winston, A. (2009). *Green to Gold: How Smart Companies Use Environmental Strategy to Innovate, Create Value, and Build Competitive Advantage*. UK.
- Gómez, G. B. (27 de Enero de 2022). Gestión LFA. (M. G. Vallejo Astúa, Entrevistador)
- Grochau, I. C. (2018). Motivations, benefits and challenges on ISO/IEC 17025 accreditation of higher education institution laboratories. *Accred Qual Assur*, 183–188.
- Inês Hexsel Grochau, C. S. (2017). Current American landscape in laboratory accreditation according to ISO/IEC 17025. *Accreditation and Quality Assurance*, 57–62.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados AyA. (9 de Febrero de 2021). Reglamento de Prestación de los Servicios de AyA. San José.
- International Organization for Standardization. (2014). ISO 4064-5:2014 Medición de Fluidos. Medidores de agua para agua fría y agua Caliente. Parte 5: Requisitos de instalación. Requisitos.
- International Organization for Standardization. (2012). INTE/ISO/IEC 17020 Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015 Quality Management Systems - Requirements. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 9004 Gestión de la calidad — Calidad de una organización — Orientación para lograr el éxito sostenido.

- International Organization for Standardization. (2017). ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Juran, J. M. (2001). Manual de calidad. España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing Must Become Supply Management. *Harvard Business Review*.
- M. Braglia, G. C. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 3929–3952.
- Martha S. Feldman, B. T. (2003). Reconceptualizing Organizational Routines as a Source of Flexibility and Change. *Administrative Science Quarterly*, 94-118.
- Martz, W. (2013). Evaluating Organizational Performance: Rational, Natural, and Open System Models. *American Journal of Evaluation*, 385-401.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2014). Glosario de términos de planificación, presupuesto y evaluación.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2018). Orientaciones básicas para la formulación y seguimiento del Plan Estratégico Institucional PEI.
- Parikh, M. A., & Joshi, K. (2005). Purchasing process transformation: restructuring for small purchases. *International Journal of Operations & Production Management*, 1042-1061.
- Paul P. Tallon, M. Q. (2018). Information technology and the search for organizational agility: A systematic review with future research possibilities. *Journal of Strategic Information Systems*, 218-237.
- Peter N Fonjongo, Y. K. (2012). Laboratory equipment maintenance: A critical bottleneck for strengthening health systems in sub-Saharan Africa? *Journal of Public Health Policy*, 34-45.
- R. Edward Freeman, J. S. (2008). Managing for Stakeholders Survival, Reputation, and Success.
- Rana, G., & Sharma, R. (2019). Emerging human resource management practices in Industry 4.0. *Strategic HR Review*, 176-181.

- Ranängen, H. (2015). Stakeholder management in reality: Moving from conceptual frameworks to operational strategies and interactions. *Sustainable Production and Consumption*, 21-33.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2015). Medidores de agua para agua potable fría y agua caliente. Parte 1. Requisitos metrológicos y técnicos.
- Ronald Moen, N. C. (2006). Evolution of the PDCA cycle.
- Schroeder, R. G. (2011). *Administración de Operaciones*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- International Organization for Standardization. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*.
- Stefan Morana, J. K. (2019). Designing Process Guidance Systems. *Journal of the Association for Information Systems*, 499-535.
- Syed Talib Hussain, S. L. (2018). Kurt Lewin's change model: A critical review of the role of leadership and employee involvement in organizational change. *Journal of Innovation & Knowledge*, 123-127.
- Tozan, Ö. Ş. (2010). Process capability and six sigma methodology including fuzzy and lean approaches. In *Products and services; from R&D to final solutions*. IntechOpen.
- Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra.
- UNDP. (2010). *Public Procurement Capacity Development Guide*. NY, USA.
- Vazquez, A. G. (27 de Enero de 2022). *Gestión LFA*. (M. G. Vallejo Astúa, Entrevistador)
- Villalobos, Y. L. (27 de Enero de 2022). *Gestión LFA*. (M. G. Vallejo Astúa, Entrevistador)
- World Health Organization. (2012). *Laboratory Assessment Tool*.
- World Health Organization. (2016). *Laboratory Quality Management System*. Genova: World Health Organization.

Anexos

**Anexo 1: Procedimiento: Verificación del estado de la micro medición (VEM),
Código: GTE-106-04-P**



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Procedimiento: Verificación del estado de la micromedición (VEM)

Código: GTE-106-04-P



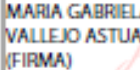

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)			Página 2 de 14
Macroproceso: Gestión Técnica	Proceso: Investigación y Desarrollo	Subproceso: Verificación del Estado de la micromedición	Código: GTE-106-04-P	N° de Versión: 01
Elaborado por: <small>Firmado digitalmente por YALONETH VANESSA LIPSZ VILLALBA (FIRMA) Fecha: 2021.09.24 07:48:31 -06:00</small>	Revisado por:  <small>Firmado digitalmente por JORGE GUILLERMO MERALES DE COBLES (FIRMA) Fecha: 2021.09.27 09:54:34 -06:00</small>	Aprobado por:  <small>Firmado digitalmente por MARIA GABRIELA VALLEJO ASTUA (FIRMA) Fecha: 2021.09.24 07:48:31 -06:00</small>	Rige a partir de: 30/09/2021	

Tabla de contenido

1. Objetivo	3
2. Alcance	3
3. Abreviaturas	3
4. Terminología	4
5. Responsables	6
6. Referencias	7
7. Descripción del procedimiento	8
8. Diagrama de Flujo.....	13
9. Control de cambios	14

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 3 de 14
	Código: GTE-108-04-P	N° de Versión: 01

1. Objetivo

Verificar el estado de los medidores de agua potable a nivel nacional, de cumplimiento a la Norma Técnica: Hidrómetros para el servicio de acueducto AR-HSA-2008 y los reglamentos: "Reglamento para la prestación de servicios de AyA", "Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes de la ARESEP".

2. Alcance

Aplica para todos los medidores de agua entregados al Laboratorio de Flujo de Agua (LFA) de la Dirección de Desarrollo Tecnológico (DT) por parte de las dependencias interesadas del AyA, hasta la resolución de las órdenes de servicio (O/S) en el "Sistema Comercial Integrado OPEN".

3. Abreviaturas

3.1 Art 49: Artículo 49 de la norma ARESEP.

3.2 ARESEP: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos.

3.3 AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.


3.4 DT: Dirección de Desarrollo Tecnológico.

3.5 HP: Hidrómetro parado

3.6 LB: Lectura baja

3.7 LFA: Laboratorio de Flujo de Agua.

3.8 NIS: Número de identificación del servicio.

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 4 de 14
	Código: GTE-106-04-P	N° de Versión: 01

3.9 O/S: Ordenes de servicio.

3.10 PE: Prueba especial.

3.11 PV: Prueba volumétrica.

3.12 SCI OPEN: Sistema Comercial Integrado OPEN.

4. Terminología

4.1 Calibración: Conjunto de operaciones que establece la relación entre los valores indicados en el proceso de medición y las magnitudes establecidas por un patrón con las respectivas incertidumbres asociadas.

4.2 Clase metrológica: Clasificación de los medidores en función a los caudales de trabajo.

4.3 Certificado: Documento que constata la eficiencia operativa de los medidores analizados.

4.4 Daño físico: Cualquier daño físico causado al medidor sea por condiciones presentadas en el campo, manipulación, condiciones de operación y/o intencionalmente.

4.5 Diámetro nominal: Designación alfanumérica del tamaño del medidor.

4.6 Documento externo: Son los que la organización debe considerar para el desarrollo de este procedimiento tales como, leyes, decretos, reglamentos, normas, especificaciones y códigos, etc.



4.7 Documento interno: Son los que la organización debe considerar para el desarrollo de este procedimiento y que no son elaborados a lo interno de la organización, tales como, reglamentos, normas, especificaciones, etc.

4.8 Formulario: Documento utilizado para registrar los datos que se requieren por los procesos.

4.9 Hidrómetro parado: Son todos aquellos medidores que no registran consumo con el paso de un fluido.

4.10 Inspección: Examen de un producto, proceso, servicio, instalación o diseño y determinación de su conformidad con requisitos específicos o, sobre la base de un juicio profesional, con requisitos generales (INTE ISO 17020).


4.11 Lectura: Valor del volumen real del medidor en metros cúbicos.

4.12 Lecturas bajas: Son los medidores sustituidos que cumpla con este requerimiento:

Cuadro 1. Volumen máximo acumulado

Mantenimiento de Medidores (lectura baja)	
Diametro Nominal (DN)	Lectura Maxima (m ³)
DN15	2 500
DN20	6 000
DN25	16 000
DN40	24 000
DN50	25 000
DN80	115 000
DN100	200 000
DN150	1 100 000

Referencia: Laboratorio de Flujo de agua

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 6 de 14
	Código: GTE-106-04-P	Nº de Versión: 01

4.13 Medidor: Dispositivo o instrumento para la medición del volumen agua que lo atraviesa.

4.14 Número de identificación del servicio: Código que contiene 7 dígitos (NIS).

4.15 Numero de orden de servicio: Código consecutivo de 8 dígitos con el cual se controla la emisión de órdenes de servicio.

4.16 Número de medidor: Elemento de identificación del dispositivo o instrumento del usuario.

4.17 Procedimiento: Forma especificada de llevar a cabo una actividad o un proceso.

4.18 Prueba especial: Pruebas que se le realiza a un medidor de agua según los requerimientos especiales del cliente.


4.19 Prueba volumétrica: Prueba que se realiza al medidor de agua con el fin de verificar el registro correcto de volumen de agua.

4.20 Sistema de medición: Comprende todo el sistema de micro medición incluyendo los accesorios y el medidor de agua.

4.21 Tolerancia permitida: rango porcentual que indica que el medidor se encuentra trabajando en condiciones permisibles.

5. Responsables

5.1 Receptor de la muestra: se encarga de recibir, revisar, seleccionar y anotar observaciones sobre las muestras que ingresan a diario al LFA, toda esta información la debe canalizar mediante el sistema interno creado para tal labor.

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 7 de 14
	Código: GTE-106-04-P	N° de Versión: 01

5.2 Analista del laboratorio: tiene como responsabilidad, la ejecución de los ensayos y calibraciones a los medidores, analizar los resultados y examinar las causas asignables a los resultados emitidos.

5.3 Sistematizador de datos: es el responsable de digitar, actualizar e interpretar todas las pruebas de los medidores ejecutadas en el LFA en el sistema OPEN-SCI.

5.4 Coordinador de calidad: es el responsable de la correcta ejecución y utilización de los procedimientos e instructivos necesarios para garantizar la correcta ejecución de todas las labores del LFA, brinda apoyo en las labores técnicas y de normativa.

5.5 Coordinador técnico: es el responsable de la correcta ejecución de las actividades técnicas del laboratorio, quien deberá garantizar que los ensayos, calibraciones e inspecciones cumplan con los requerimientos normativos.

5.6 Director: es el responsable de velar por el cumplimiento de los objetivos y alcances del LFA.

6. Referencias


6.1 Documento externo: Norma técnica: Hidrómetros para el servicio de acueducto, AR-HSA-2008.

6.2 Documento externo: Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes de la ARESEP, AR-PSAYA-2015.

6.3 Documento interno: Reglamento para la prestación de servicios de AyA.

6.4 Formulario GTE-106-04-F1 entrega de medidores.

6.5 Formulario GTE-106-04-F2 calibraciones (digital).

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 8 de 14
	Código: GTE-106-04-P	Nº de Versión: 01

6.6 Formulario GTE-106-04-F3: ingreso de muestras por mantenimiento (digital).

6.7 Formulario GTE-106-04-F4: ingreso de muestras por reclamo (digital).

6.8 Formulario GTE-106-04-F5 certificado de calibración.

6.9 Formulario GTE-106-04-F6: despacho de medidores a bodega.

6.10 Formulario GTE-106-04-F7 boletín informativo.

6.11 Instructivo de trabajo GTE-106-04-I1 selección, mantenimiento y despacho de medidores.

6.12 Instructivo de trabajo GTE-106-04-I2 ejecución de calibraciones para medidores.

6.13 Instructivo de trabajo GTE-106-04-I3 entrega de formulario de medidores.

6.14 Instructivo de trabajo GTE-106-04-I4 Aplicación del programa de verificación del funcionamiento del conjunto de hidrómetros domiciliarios.

7. Descripción del procedimiento

El subproceso contiene las siguientes fases y actividades:

7.1 Recibe la solicitud

El receptor encargado recibe la solicitud de trabajo mediante el formulario **GTE-106-04-F1**, verificando que los datos indicados en el mismo sean legibles. Para el caso de las pruebas PE, se recibe la solicitud por medio de un memorando.



7.2 Ingresar medidor

El receptor encargado debe hacer una inspección visual del medidor entregado para determinar la correspondencia con la solicitud y hace la verificación inicial de funcionamiento (gira el indicador).

7.3 Verifica que los datos sean correctos

El receptor encargado debe verificar que todos los datos proporcionados en el formulario de entrega **GTE-106-04-F1** sean los correctos y que coincidan con el medidor de agua.

7.4 Devuelve solicitud

En caso de que el receptor verifique que existe un error en los datos de la **GTE-106-04-F1** versus la muestra entregada (medidor), se procede a devolver tanto el formulario como el medidor para que los encargados de la entrega realicen las revisiones y correcciones pertinentes y vuelva a realizar la entrega de la solicitud.

7.5 Decide según orden de servicio

En caso de que el receptor identifique todos los datos como correctos y no se encuentre ningún error o anomalía, debe hacer la selección verificando el tipo de muestra que está ingresando, por lo que se debe seleccionar según sea el caso: HP (pasa al punto 7.6), medidores catalogados como LB, PV, Art 49 (pasa al punto 7.11), medidores PE (pasa al punto 7.1).

7.6 Verifica si el medidor registra



El receptor debe utilizar la manguera de aire comprimido para determinar con exactitud si el medidor entregado se encuentra “parado” o no.

7.7 Devuelve solicitud

En caso de que el receptor verifique que el medidor entregado no cumple con los requerimientos para estar dentro de los medidores HP, procede a hacer la devolución de la solicitud y de la muestra, para que los responsables dispongan de la misma como corresponda.

7.8 Desarma y diagnostica

Luego de la verificación y confirmación de que el medidor se encuentra HP, el receptor procede a desarmarlo para diagnosticar visualmente la razón por la que el medidor no funciona.

7.9 Registra hallazgos


Una vez determinada la razón del mal funcionamiento se procede a registrar los hallazgos en el formulario GTE-106-04-F3.

7.10 Dispone del medidor

Posterior al registro de hallazgos se dispone del medidor a manera de desecho valorizable, depositándolo en los contenedores establecidos para tal fin.

7.11 Almacena y custodia

El receptor encargado debe colocar las muestras entregadas en el espacio correspondiente según la fecha de ingreso de las muestras, en espera de la prueba.

	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 11 de 14
	Código: GTE-106-04-P	N° de Versión: 01

7.12 Agrupa por clase metrológica

El analista debe agrupar las muestras en custodia por clase metrológica.

7.13 Ejecuta calibraciones según corresponda

El analista debe seguir lo indicado en el instructivo **GTE-106-04-I2**, para la ejecución de las calibraciones correspondientes, asimismo debe utilizar el formulario **GTE-106-04- F2** para proceder con el registro de datos. (pasa al punto 7.18)

7.14 Decide si el medidor es apto para reinstalar

El analista debe determinar mediante el resultado, estado físico y volumen acumulado del medidor ensayado, si éste es apto o no para la reinstalación en campo.

7.15 Dispone del medidor

Si el analista determina que el medidor no es apto, procede a disponer del medidor a manera de desecho valorizable, depositándolo en los contenedores establecidos para tal fin.

7.16 Reacondiciona el medidor

En caso de que el analista determine que el medidor es apto para la reinstalación, el receptor debe reacondicionar el medidor siguiendo lo indicado en el instructivo **GTE-106-04-I1**.

7.17 Traslada a bodega



Una vez reacondicionado el medidor, el receptor encargado debe despacharlos al almacén correspondiente utilizando el formulario **GTE-106-04-F6** para que ellos dispongan el material **GTE-106-04-I1**

7.18 Verifica concordancia de resultados de calibraciones

El sistematizador de datos debe verificar que todos los datos suministrados por el analista sean correctos, completos, legibles y correspondan a cada muestra entregada.

7.19 Ingresar resultados a OPEN-SCI

El sistematizador de datos procede a incorporar en el sistema comercial integrado OPEN los datos que se obtuvieron de las pruebas realizadas a los medidores según el formulario **GTE-106-04-F2**, siguiendo las instrucciones dadas en el instructivo del área Comercial de la Subgerencia de Gestión de Sistemas de la Gran Área Metropolitana **COM-73-01-I3**.

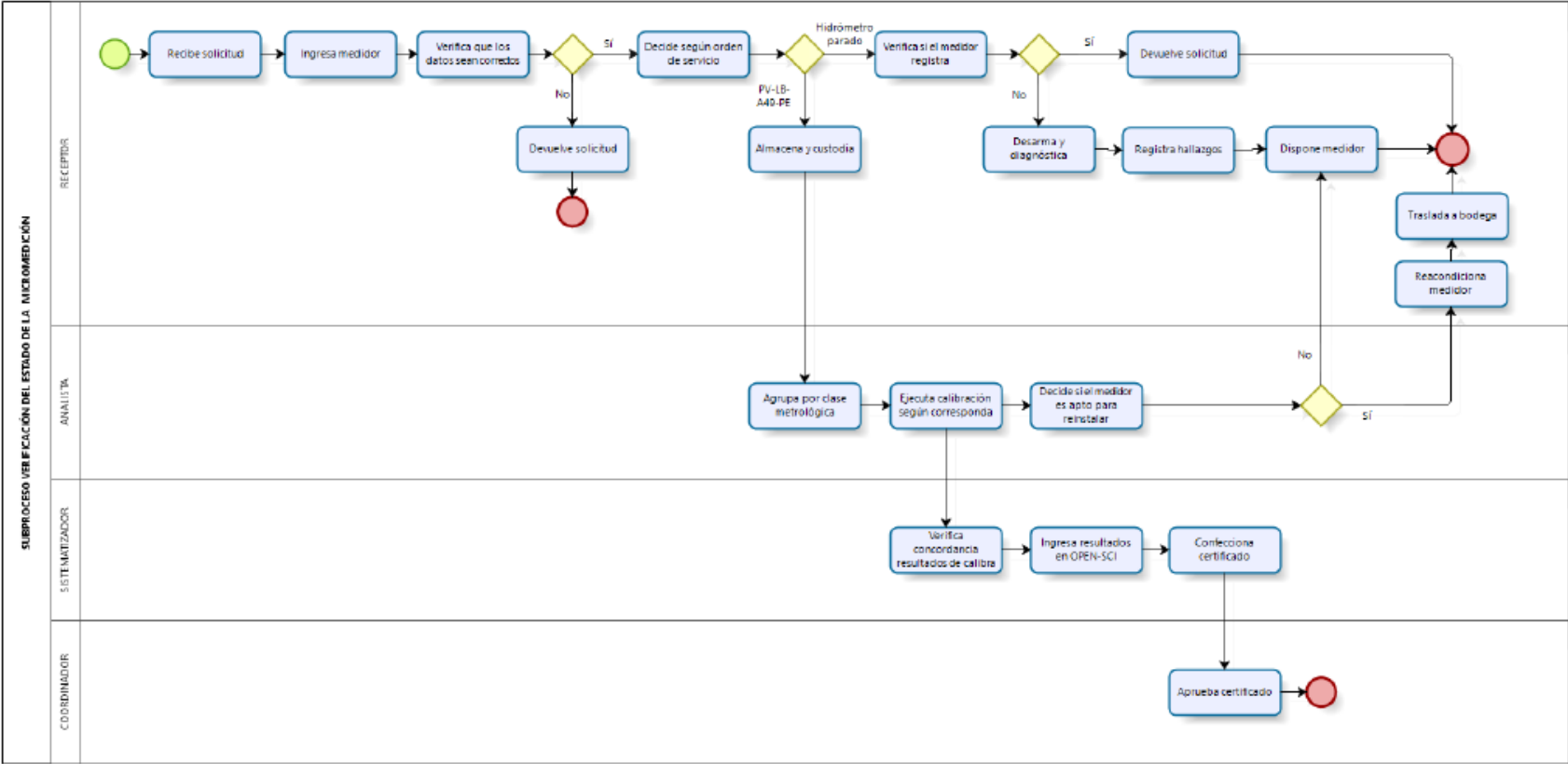
7.20 Confecciona certificado


En caso de que sea requerido, el sistematizador debe generar el certificado de prueba utilizando todos los datos correspondientes tomados del formulario **GTE-106-04-F2** e indicándolos en el formulario **GTE-106-04-F5**.

7.21 Aprueba certificado

El coordinador encargado debe verificar el certificado emitido por el sistematizador para proceder con su aprobación y envío.

8. Diagrama de Flujo



	Verificación del Estado de la micromedición (VEM)	Página 14 de 14
	Código: GTE-106-04-P	N° de Versión: 01

9. Control de cambios

N° Versión	Apartado del Cambio	Cambio Realizado	Fecha aprobación de cambio (Uso exclusivo Oficina Gestión de la Calidad)

