

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS Y MEJORA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN EL
PROCESO DE REPARACIÓN DE MEDIDORES, EN EL LABORATORIO NACIONAL
DE MEDIDORES

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DIEGO CHACÓN ZAMORA

NOMBRE DEL TUTOR: Ing. GERMAN RUDIN VARGAS

SAN JOSÉ, FEBRERO, 2017

Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

DECLARACIÓN JURADA

Yo Diego Chacón Zamora, mayor de edad,
portador de la cédula de identidad número 112850924 egresado de la
carrera de Ingeniería Industrial de

la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente
apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código
Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi

trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial

juro solemnemente que mi trabajo investigación titulado:

Análisis y Mejora para aumentar la capacidad de producción
en el proceso de reparación de medidores, en el laboratorio
Nacional de Medidores

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así
como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre
de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de
1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido
citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos
y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que
redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la
Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 20 días del
mes de Diciembre del año dos mil 2016.

Ruy
Firma del estudiante

112850924
Cédula

CARTA DEL TUTOR

San José 15 de diciembre de 2016

Ing. German Rudin Vargas
Director
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Diego Chacón Zamora, cédula de identidad número 1-1285-0924, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "**Análisis y mejora para aumentar la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores, en el laboratorio nacional de medidores**", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	16
	TOTAL		88

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Ing. German Rudin Vargas
Cédula identidad N 1-418-138
Carné Colegio Profesional N II-2068

Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

San José, 03 de Febrero de 2017.

Miembros del comité de Trabajos Finales de Graduación.

Universidad Hispanoamericana

Estimados Señores:

Como lector de este proyecto de graduación, he revisado y corregido el Trabajo Final De Graduación, Denominado: "Análisis y mejora para aumentar la capacidad de producción en el proceso de reparación medidores; en el Laboratorio Nacional De Medidores", elaborado por el estudiante: Diego Chacón Zamora, cédula 1-1285-0924, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad Hispanoamericana, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Cordialmente,



Ing. Manuel Alejandro Méndez Flores, MSc.

1-1113-0022

IPI-18990

Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

San José, 20 de febrero de 2017

Sres.
Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
S.D.

Estimados señores:

Hago constar que leí y corregí el Trabajo Final de Graduación elaborado por Diego Chacón Zamora, denominado "Análisis y mejora para aumentar la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores, en el Laboratorio Nacional de Medidores" con el fin de optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Se revisaron errores gramaticales, de puntuación, ortográficos, de estilo, de concordancia y otros relacionados con el campo filológico. Con base en lo anterior, se considera que dicho trabajo cumple con los requerimientos para ser presentado como requisito de conclusión por parte del postulante al grado de Bachillerato. Por último, la edición final del documento, que incluirá o excluirá los comentarios de la filóloga, queda bajo la completa responsabilidad del solicitante del servicio.

Se suscribe de ustedes cordialmente,

María Alejandra Brenes Rodríguez

Filóloga Española

Cédula: 1-1955-0982

Carné: 094

Teléfono: (506) 8754 8904

Correo electrónico: Alejandra.Brenes.R@gmail.com



Firma

Índice general

Contenido

Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Acrónimos y siglas	xi
Resumen ejecutivo	xii
1. Capítulo 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción breve de la organización.....	3
1.2.1 Antecedentes históricos de la empresa	3
1.2.2 Misión de la empresa	4
1.2.3 Visión de la empresa	4
1.2.4 Ubicación geográfica	5
1.2.5 Organigrama.....	5
1.2.6 Cantidad de empleados.....	7
1.2.7 Servicios que brinda el AyA.....	7
1.3 Definición del problema	10
1.4 Justificación del proyecto	12
1.5 Objetivos del proyecto	15
1.5.1 Objetivo principal	15
1.5.2 Objetivos específicos.....	15
1.6 Alcances, exclusiones y limitaciones	16
1.6.1 Alcance	16
1.6.2 Limitaciones.....	16
2. Capítulo II: Marco teórico.....	17
2.1 Marco conceptual general.....	17
2.1.1 Estudio de trabajo	17
2.1.2 Estudio de métodos.....	17
2.1.3 Productividad del trabajo	18

2.1.4 Estudio de tiempos y movimientos	18
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	20
2.2.1 DMAIC.....	20
Herramientas de calidad por usar	21
2.2.2 Diagrama de Ishikawa	21
2.2.3 Diagrama de flujo de procesos.....	22
2.2.4 SIPOC	22
2.2.5 CTQ's.....	24
2.2.6 Análisis costo beneficio	24
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	25
2.3.1 Impacto económico.....	25
2.3.2 Capacidad de producción	25
2.3.3 Impacto en tiempos.....	25
2.3.4 Impacto recurso humano	26
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.....	26
3 Capítulo III: Marco metodológico.....	27
3.1 Metodología para definición del problema.....	27
3.2 Metodología para medición y respaldo cualitativo.....	28
3.3 Metodología para propuesta de mejora	28
3.4 Metodología para implementación.....	29
3.5 Metodología para verificación, aseguramientos.....	30
4 Capítulo IV: Línea base y análisis de causas	31
4.1 SIPOC	31
4.2 Estudio de tiempos y movimientos	32
4.2.1 Evaluación del desempeño.....	35
4.2.2 Tolerancia	36
4.3 Diagrama de proceso de flujo	37
4.4 Diagrama de recorrido	38
4.5 Diagrama Ishikawa	39
4.6 Diagrama de Pareto.....	40

Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

5	Capítulo V	43
	Diseño e implementación de la solución	43
	5.1 Implementación de rol de trabajo.....	43
	5.2 Elaboración de formulario para producción del proceso.....	47
	5.3 Rediseño en el recorrido del medidor.....	49
	5.3.1 Ahorro en distancia y tiempo	50
	5.4 Elaboración de procedimientos.....	51
	5.5 Capacitación	54
	5.6 Indicador de productividad	55
	5.7 Análisis de costo beneficio	56
	5.7.1 Beneficio.....	56
6	Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	57
	6.1 Conclusiones.....	57
	6.2 Recomendaciones	59
	Bibliografía.....	60
	Anexos	61

Índice de tablas

Tabla 01. Medidores por sustituir a cargo de mantenimiento vrs demanda	12
Tabla 02. Medidores por sustituir a cargo de nuevos servicios vrs demanda	13
Tabla 03. Gasto en compra de medidores año 2015	13
Tabla 04. Tiempo de procesos	34
Tabla 05. Estimación tiempo total	35
Tabla 06. Pareto evaluación de causas	40
Tabla 07. Datos con implementación	45
Tabla 08. Gastos vrs ahorro	45
Tabla 9. Tiempo Estándar	46
Tabla 010. Registro de producción	48
Tabla 11. Procedimiento etapa 1	51
Tabla 12. Procedimiento etapa 2	52
Tabla 13. Procedimiento etapa 3	53
Tabla 14. Procedimiento inspección final	54
Tabla 15. Costo del proyecto	56

Índice de figuras

Figura No. 1. Organigrama del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados..	6
Figura No. 2. Organigrama del Laboratorio Nacional de Hidrómetros	7
Figura No. 3. Diagrama de flujo, proceso reparación de medidores	9
Figura No. 4. CTQs del proceso de reparación de medidores	11
Figura No. 5. Gráfico demanda vrs producción	14
Figura No. 6. Diagrama de Gantt, plan de implementación.....	30
Figura No. 7. Diagrama SIPOC Proceso de reparación de medidores	31
Figura No. 8. Diagrama de proceso de flujo.....	37
Figura No. 9. Diagrama de recorrido	38
Figura No. 10. Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura No. 11. Diagrama de Pareto	41
Figura No. 12. Diagrama de Gantt, plan de implementación	44
Figura No. 13. Gráfico demanda vrs producción con propuesta aplicada	46
Figura No. 14. Diagrama de recorrido.....	49
Figura No. 15. Diagrama de proceso de flujo.....	50

Acrónimos y siglas

AYA	Acueductos y Alcantarillados
DMAIC	D: Definición, M: Medición; A: Análisis; I: Mejorar; C: Controlar
ARESEP	Autoridad Reguladora de Servicios Públicos
CTQ	Puntos críticos de calidad
SIPOC	S: proveedor; I entradas; P: proceso; O: salida; C: cliente

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de investigación se va a desarrollar en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), este consiste en brindar una propuesta para aumentar la capacidad de producción de medidores reparados y, por ende, disminuir la cantidad de medidores que se compran.

Actualmente, la empresa cuenta con nueve empleados en el Laboratorio de Metrología del AyA, los cuales consisten en una persona encargada del ensamble y dos personas encargados de la calibración; ellos no solamente se dedican a eso, sino que se mezclan entre otras labores.

El problema actual es una deficiente programación y procedimiento para la reparación de medidores, este hecho es evidente al tomar en cuenta que la cantidad de medidores despachados anualmente es muy baja en comparación con demanda; todo esto ocasiona gastos excesivos en la compra de nuevos medidores. Por lo tanto, con este trabajo de investigación se busca dar a dicha empresa una solución mediante herramientas de ingeniería.

Actualmente, AyA cuenta con una serie de requisitos burocráticos para comprar más equipo o contratar más personal; sin embargo, existe la necesidad de solventar el problema. Por ende, se realizará una propuesta para reducir los gastos innecesarios que se puedan justificar por medio de una correcta verificación y/o recomendación del procedimiento por investigar, esto con el fin de optimizar los recursos actuales, mejorar los procesos y reducir los gastos en que se incurre en los alcances del proyecto

1. Capítulo 1

1.1 Introducción

Desde el inicio de los tiempos, la medición ha sido un factor importante en la vida cotidiana del ser humano. Cada día, de una u otra forma, el ciudadano se ve involucrado en este delicado tema, por ejemplo en estaciones de servicio de combustible, en la compra de verduras, carnes, alimentos, así como materiales para construcción, etc. El Laboratorio Nacional de Medidores se encuentra situado en esta rama ya que es el encargado de velar por la medición del agua en gran parte del territorio nacional.

Para el Laboratorio Nacional de Medidores del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados es fundamental que los resultados obtenidos en la calibración de los medidores sea altamente confiable para la población, por lo que se trabaja regidos según normas internacionales y altos estándares de calidad en las pruebas realizadas a los medidores que van hacer instalados en el campo.

Entre las principales funciones del Laboratorio están: las pruebas de calibración de los medidores solicitada por los usuarios (reclamos), pruebas de calibración del proyecto solicitada por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), pruebas de medidores por mantenimiento y ensamble de medidores, pruebas de licitación para compra de medidores, pruebas especiales, así como pruebas a medidores macro.

El proyecto por desarrollarse estará enfocado en el ensamble y calibración de medidores de mantenimiento de diámetro 15mm; proceso que requiere ser analizado y posiblemente mejorado, debido a que solo se tiene a una persona

encargada del ensamble y a dos personas dedicadas a la calibración, entre otras funciones.

Mediante la elaboración del proyecto, se pretende diagnosticar el proceso de reparación de medidores. Además se desea determinar las principales causas que provocan la baja producción de medidores, esto con el fin de plantear recomendaciones y mejoras para el procedimiento actual.

La investigación se desarrollará mediante la línea de investigación en Ingeniería de Procesos y Servicios, ya que se trata de un proceso productivo, en el cual se requiere una mejora en la línea de producción, esto será posible mediante la aplicación de la metodología Six Sigma "DMAIC"

1.2 Descripción breve de la organización

1.2.1 Antecedentes históricos de la empresa

La Asamblea Legislativa integra una comisión especial para estudiar el proyecto de ley y la vasta documentación que generó. El asunto se hizo de conocimiento público y los costarricenses se enteraron por medio de artículos periodísticos, de que nacía una esperanza para solucionar el problema del agua.

La Asamblea Legislativa consultó también, durante el proceso de elaboración de la ley, con experimentados salubristas e ingenieros civiles, como Edison Rivera Castaing, Renán Méndez, Guillermo Roviralta, Fernando Chavarría Loaiza y Eduardo Jenkins, quienes avalaron el proyecto, conjuntamente con el Ministerio de Salud, Dr. José Manuel Quirce Morales, gran impulsador de la creación del Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

El órgano Legislativo venía, desde mucho tiempo atrás, tratando de buscarle una respuesta al asunto del agua. Primero lo hizo mediante la Ley de Aguas emitida en 1942, que disponía en su artículo 41 que todos los acueductos del país eran patrimonio del Estado, que las nuevas obras de este tipo las operaría el Ministerio de Salubridad Pública y que los acueductos administrados por las municipalidades continuaran así hasta que se decretara su nacionalización.

En vista de que el Estado no pudo asumir directamente la operación que se preveía, y que el problema continuaba agravándose, se emitió en 1953 la Ley General de Agua Potable, imponiendo regulaciones a los organismos administradores, para que estos fijaran tarifas adecuadas, que permitieran la

correcta operación de los sistemas, con el fin de garantizar la potabilidad del agua en resguardo de la salud pública. Además, los obligaba a llevar la contabilidad separada, para garantizar que los fondos se dedicaran a su cometido.

Los diputados tenían razones suficientes para aprobar la Ley Constitutiva de un organismo descentralizado, provisto legal y financieramente, para hacerse cargo de resolver la crisis del agua potable.

1.2.2 Misión de la empresa

En cuanto a la misión de la empresa, esta en su sitio web publica lo siguiente: “Normar y garantizar los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento, según los requerimientos de la sociedad y de nuestros clientes, contribuyendo al desarrollo económico y social del país” (AyA, 2015, p.1). Una empresa comprometida con los clientes, en cuanto al acceso de agua potable como el tratamiento de alcantarillado sanitario.

1.2.3 Visión de la empresa

En cuanto a la visión de la empresa, en su sitio web se declara lo siguiente: “Ser la empresa pública líder en agua potable y saneamiento comprometida con la excelencia en el servicio al cliente, para brindar calidad de vida a la sociedad costarricense en armonía con el ambiente” (AyA, 2015, p.1). Como empresa líder

en agua potable y saneamiento, cada trabajador está comprometido en realizar su labor de la mejor manera para cumplir con la misión.

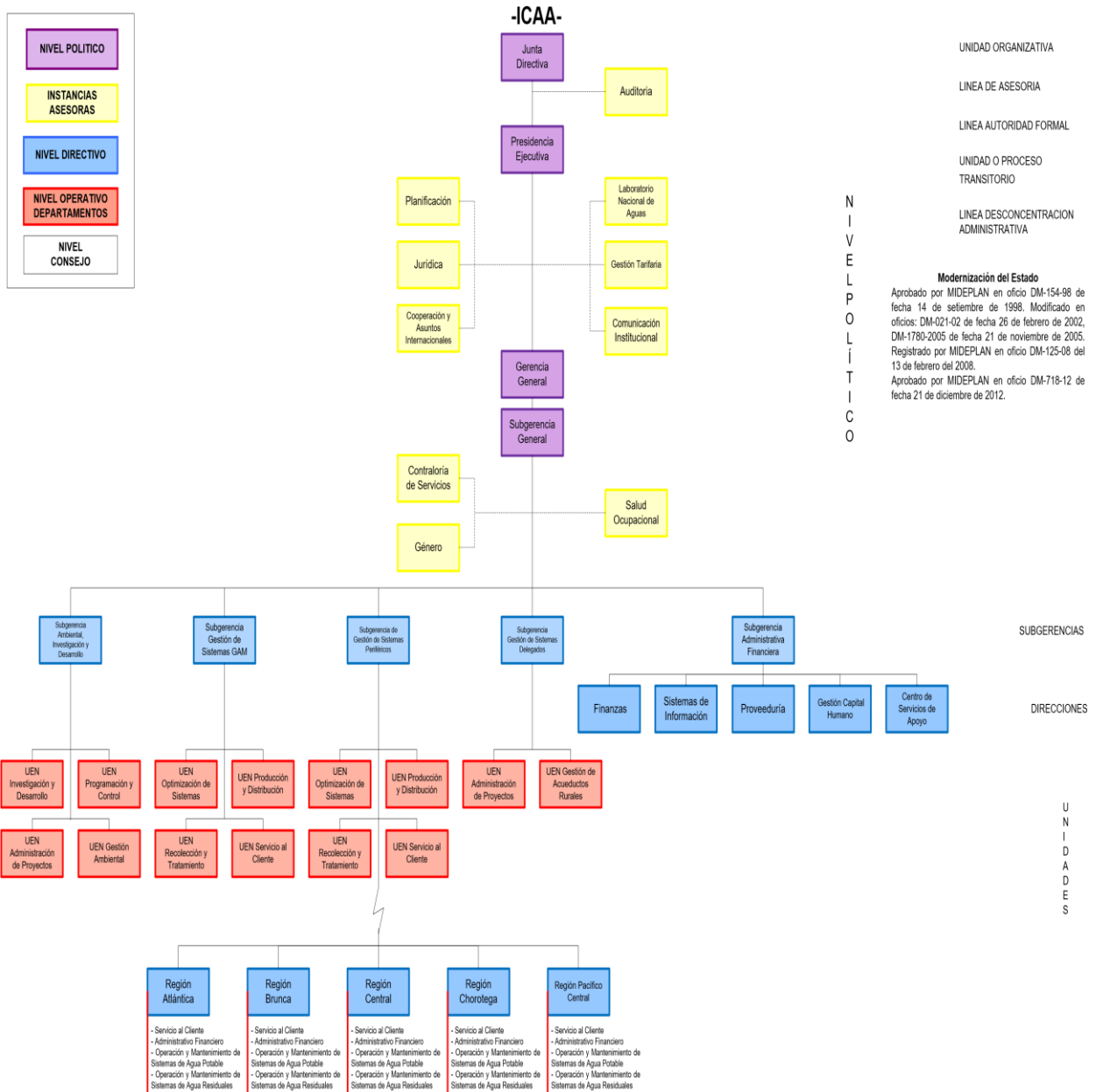
1.2.4 Ubicación geográfica

El Laboratorio Nacional de Medidores se encuentra ubicado 400 metros norte de la plaza de Deportes de la Uruca, Plantel Carlos Segura del AyA.

1.2.5 Organigrama

En el organigrama de la institución indica cómo están constituidos todos los departamentos del AyA. A continuación, se muestra un esquema del organigrama de Acueductos y Alcantarillados.

Figura No. 1. Organigrama del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados



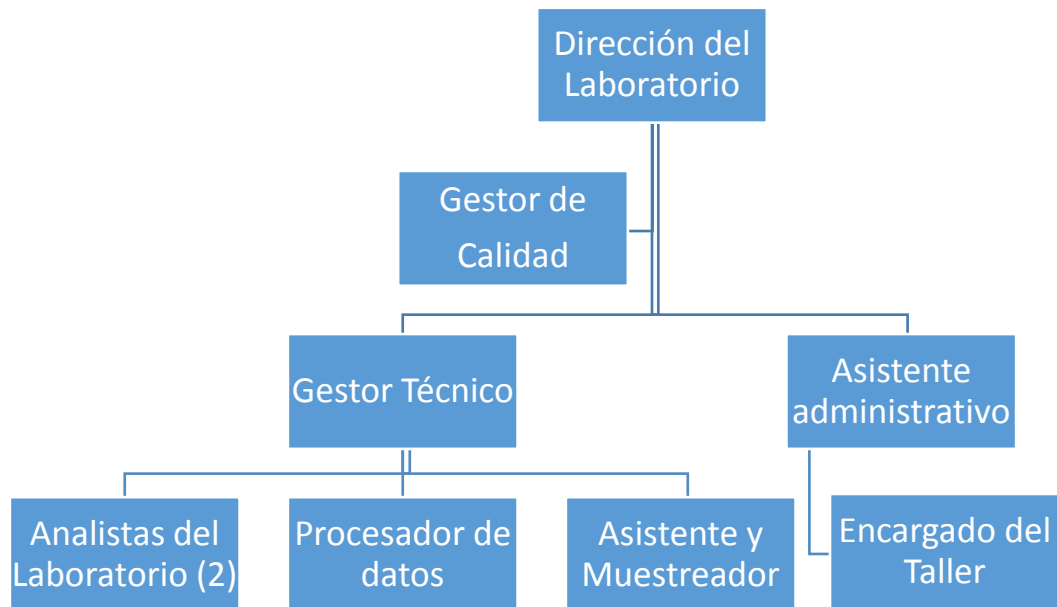
Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2015.

El Laboratorio de Hidrómetros es parte de Acueductos y Alcantarillados (AyA). La institución se crea a través de La Ley N° 2726 del 14 de abril de 1961, que creó el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

1.2.6 Cantidad de empleados

En el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados laboran cerca de 3600 empleados en todo el país. En el Laboratorio trabajan 10 funcionarios distribuidos de la siguiente manera:

Figura No. 2. Organigrama del Laboratorio Nacional de Hidrómetros



Fuente: Elaboración propia, 2016.

1.2.7 Servicios que brinda el AyA

El AyA es la principal entidad encargada de la prestación de servicios de agua y saneamiento de aguas residuales, de la Gran Área Metropolitana. Además, vela por la creación y el funcionamiento de gran parte de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS).

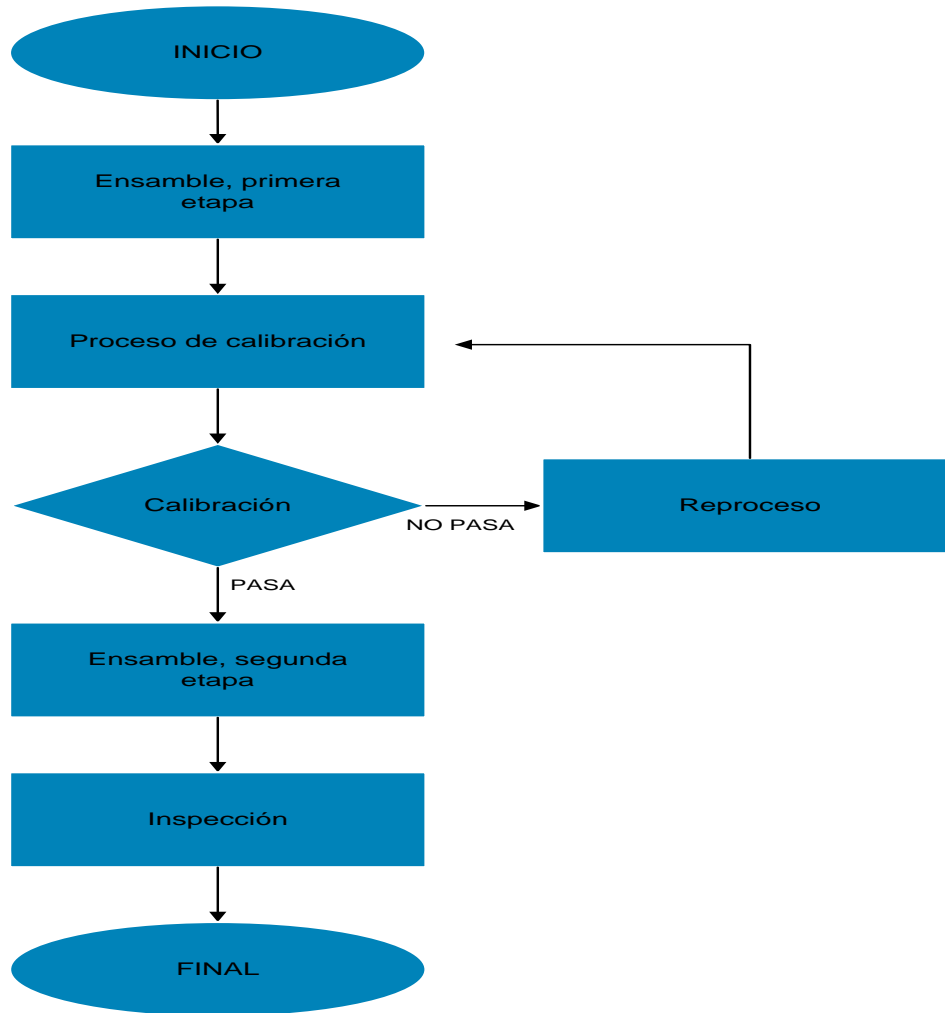
Entre los principales servicios brindados por el laboratorio están:

- Ejecución de pruebas volumétricas o de verificación de funcionamiento de hidrómetros domiciliarios y pruebas especiales en cumplimiento de la Norma Técnica.
- Realizar diagnósticos sobre fallas en los medidores de agua que dieron resultado negativo en la prueba volumétrica.
- Ejecución de pruebas y reparación de medidores de mantenimiento que son enviados al campo.
- Ejecución de pruebas de nuevos hidrómetros a efectos de licitación de AyA y sistemas comunales.
- Elaboración de documentos para proceso de compras de medidores y accesorios.
- Creación de certificados de calibración de probadores portátiles de las distintas zonas del país, entre otras.

Actualmente, el laboratorio se encuentra en un proceso de renovación, tanto de funciones como de metas, cambio de personal con nuevas ideas, infraestructura, entre otros, lo cual representa gran oportunidad para mejorar un proceso en específico.

A continuación, se presenta el diseño del proceso que conlleva la reparación de hidrómetros, desde el momento en que inicia, con el ensamble de la primera etapa, hasta el envío a empaque.

Figura No. 3. Diagrama de flujo, proceso reparación de medidores



Fuente: Elaboración propia, 2016.

1.3 Definición del problema

Mediante una conversación con la gestora de calidad y según observaciones realizadas a los operarios durante la realización de su trabajo, se detectó que la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores es deficiente y requiere ser mejorada, esto se refleja en que la cantidad de medidores reparados y despachados a bodega es muy baja.

Para el Laboratorio, el desarrollo del proyecto se considera una oportunidad de mejora para reducir gastos en la compra de medidores; mediante un estudio al procedimiento actual y con ayuda de las herramientas estudiadas en la carrera se pretende mejorar la producción.

Lo anterior se debe a que para completar la demanda requerida por las cuadrillas, se opta por comprar los medidores que hacen falta. Además, se pretende encontrar las principales causas que provocan el reproceso de material.

En caso de no ejecutarse la mejora el laboratorio, este seguirá con el gasto excesivo de dinero en la compra de medidores anualmente.

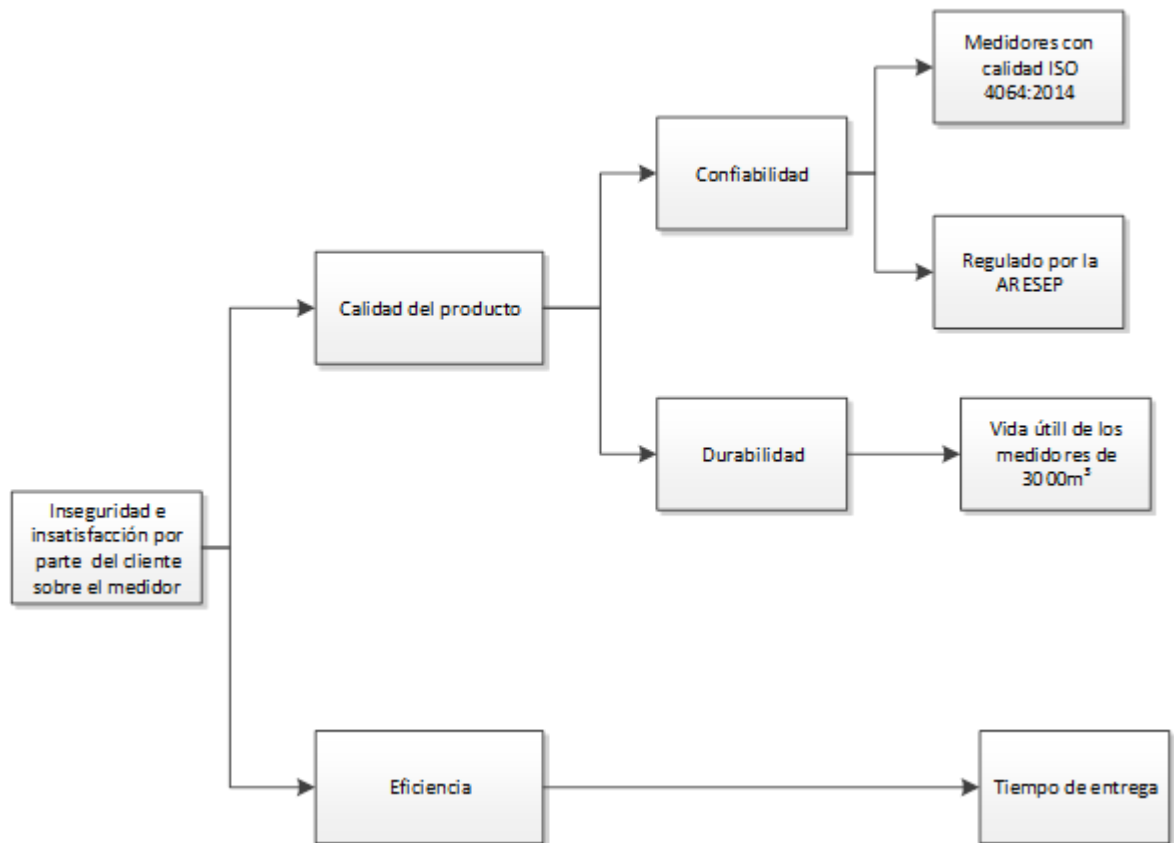
1.3.1 Identificación de clientes

En este caso, por corresponder a una institución pública dedicada a la prestación de servicios de agua potable, recolección y tratamiento de aguas residuales, se identifica al cliente como externo a la institución. De igual manera, para el Laboratorio, por ser el encargado de proveer los mejores instrumentos de medición de agua a los usuarios, se determinan lo mismo en cuanto a los clientes: estos son externos.

1.3.2 CTQs

Una vez identificado el cliente, se procede a determinar las características críticas de la calidad, esto es posible mediante la utilización de la herramienta (CTQs). Dichas características serán sumamente importantes, pues estas determinan qué es lo que espera el cliente del servicio.

Figura No. 4. CTQs del proceso de reparación de medidores



Fuente: Elaboración propia, 2106.

1.4 Justificación del proyecto

Se decidió abarcar el problema de la capacidad de producción debido a la gran cantidad de medidores comprados al año. Mediante la revisión del proceso actual, e indicando y corrigiendo los factores que más afectan en la línea de producción, se pretende recortar el excesivo gasto producido a raíz de su adquisición. Además, se preguntará al personal a cargo del Laboratorio, por qué el proceso de reparación de medidores nunca ha sido revisado y modificado para mejorarlo.

Mediante unas consultas realizadas a la persona encargada del manejo de inventario de los medidores, se obtuvieron los siguientes datos correspondientes al año 2015 (ver Anexo 1). Cabe señalar que las tendencias son uniformes durante los años anteriores, pero han sido revelados solo los datos del año 2015 y se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 01. Medidores por sustituir a cargo de mantenimiento vrs demanda

Cantidad de medidores por sustituir a cargo de mantenimiento	
Demanda	22726 u
Total de producción	3600 u

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según el cuadro anterior se puede observar que la demanda por cambio de medidores mediante el método por mantenimiento es muy alta con respecto al total de producción, el cual es muy bajo; apenas se está entregando un 16% del total del pedido, por lo que se requiere incrementar la producción.

Tabla 02. Medidores por sustituir a cargo de nuevos servicios vrs demanda

Cantidad de medidores por sustituir a cargo de nuevos servicios	
Demanda	6000 u
Total de producción	3600 u

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a las solicitudes de nuevos servicios, el Laboratorio entrega un 60% del pedido total, por lo que se requiere una mejora para aumentar aún más la capacidad de producción.

En relación con los datos de los cuadros, la institución necesita suplir ese faltante de medidores que deberían repararse en el Laboratorio, pero que se hace mediante la compra de estos. En el año 2015, se necesitó la adquisición de 25126 medidores, por lo que se realizó un gasto muy elevado. Para el final del proyecto, se pretende reducir considerablemente esa cantidad de medidores.

Tabla 03. Gasto en compra de medidores año 2015

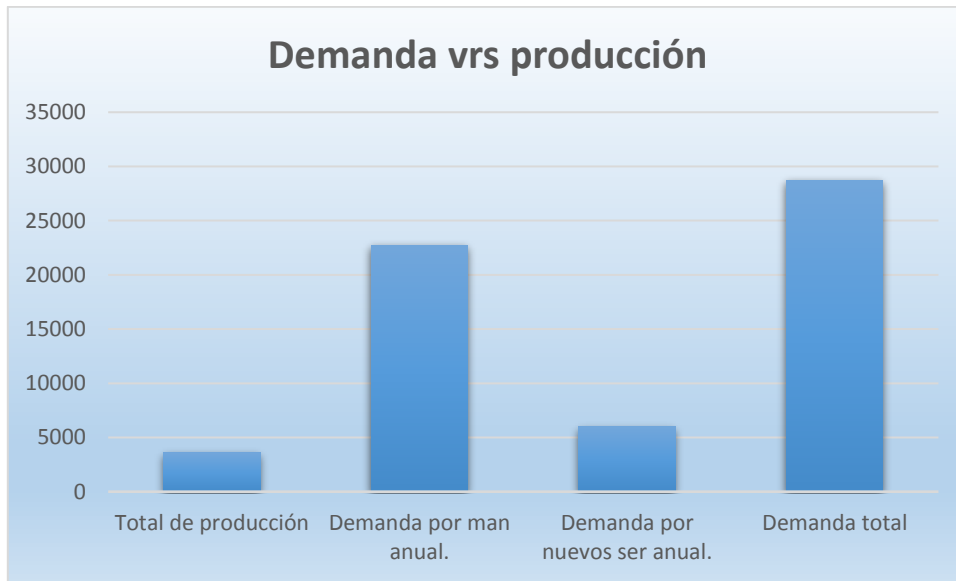
Datos año 2015	
Demanda Total	28726 u
Total de producción	3600 u
Gastos de la institución por la compra de medidores	\$ 628150

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el Laboratorio, los trabajadores están anuentes a apoyar con este proyecto, debido a que la cantidad de medidores despachados por el método de reparación, por año, son muy pocos.

A continuación, se muestra de manera gráfica la cantidad de medidores que se requiere para satisfacer la demanda en el mercado contra la producción realizada en el Laboratorio.

Figura No. 5. Gráfico demanda vrs producción



Fuente: Elaboración propia, 2016.

1.5 Objetivos del proyecto

1.5.1 Objetivo principal

Incrementar la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores utilizando herramientas de ingeniería para reducir gastos por compra de equipos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de reparación de medidores.
- Establecer una propuesta de mejora del proceso de reparación.
- Implementar un plan de recomendaciones para la propuesta de mejora antes mencionada.
- Evaluar la reducción de los costos por compra de medidores.

1.6 Alcances, exclusiones y limitaciones

1.6.1 Alcance

El Laboratorio Nacional de Medidores, ubicado en la Uruca, cuenta con 10 empleados. El presente estudio será realizado con base en los cinco funcionarios que de una u otra manera están relacionados con el proceso. Se detectó la oportunidad de mejora en el proceso por medio de la observación, ya que a los encargados de la calibración y ensamble se les observan con holguras de tiempo no productivo durante el proceso. El periodo comprendido para llevar a cabo el proyecto será de Junio a noviembre del 2016.

1.6.2 Limitaciones

La empresa no cuenta con datos históricos del problema encontrado, por lo que el encargado del proyecto tiene que iniciar de cero. Además, a pesar de la gran colaboración otorgada por el Gestor Técnico y la Gestora de Calidad del Laboratorio, existe cierta información confidencial, por ejemplo datos con respecto a por qué el lugar aún no está acreditado y cuál es la situación de proceso de acreditación, en caso de que haya uno.

2. Capítulo II: Marco teórico

2.1 Marco conceptual general

2.1.1 Estudio de trabajo

Mediante el estudio de trabajo se pretende una valoración para los métodos que actualmente se aplican al proceso.

El estudio de trabajo es un examen sistemático de los métodos para la realizar actividades con el objetivo de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. (Kanawaty, 1996, pág. 9).

Con la aplicación del estudio de trabajo se pretende abarcar y analizar las técnicas establecidas en el estudio de métodos y el estudio de tiempos, esto con el fin de mejorarlas para aumentar la producción en el proceso y abastecer la bodega de más producto.

2.1.2 Estudio de métodos

Mediante la aplicación del estudio de métodos se pretende mejorar los procesos y procedimientos, con el fin de reducir el trabajo realizado por los operarios en la reparación.

La ingeniería de métodos es el análisis sistemático a fondo de todas las operaciones directas e indirectas con el fin de implementar mejoras que permitan que el trabajo se desarrolle más fácilmente en términos de salud y seguridad del trabajador, y permite que este se realice en menos tiempo con una menor inversión por unidad. (Niebel, 2009, p. 4).

Por tanto, se utiliza la técnica en el proyecto con las siguientes finalidades:

- Mejorar los métodos y procedimientos de trabajo.
- Dar un mejor manejo a herramientas, máquinas y mano de obra.
- Incentivar a los operadores a que sigan una misma línea para realizar las tareas con el fin de que estas sean tanto eficientes como eficaces; de tal manera que incrementen la productividad en los procesos con el máximo cuidado del recurso humano y el ambiente.

2.1.3 Productividad del trabajo

La productividad del trabajo es una herramienta muy importante en las empresas dedicadas a la manufactura. Para efectos del proyecto, se pretende aplicar la productividad de trabajo como indicador que muestre el cambio en el índice de productividad aplicando las distintas soluciones e implementaciones. Además: “El término productividad puede utilizarse para valorar o medir el grado en que puede extraerse cierto producto de un insumo dado” (Kanawaty, 1996, pág. 4). Con la aplicación de la fórmula se determina el índice de productividad actual vrs el índice al aplicar las soluciones.

2.1.4 Estudio de tiempos y movimientos

Mediante la utilización de esta técnica se pretende establecer un estándar de tiempos permisibles sobre las diferentes etapas que lleva el proceso de reparación de medidores, tomando en cuenta todos los aspectos que pueden incidir en el desempeño del trabajador.

Además se pretende dotar al laboratorio de un histórico real de tiempos que conlleva cada subproceso.

Según Niebel; “Esta técnica indica cuánto tiempo tomo en realidad realizar un trabajo, pero no cuánto debió haber tardado” (Niebel, 2009, pág. 327). Datos que en el proyecto serán calculados.

Para efectos de este trabajo, se va a desarrollar la técnica de estudio de tiempos y movimientos debido a que se presentan demoras en los procesos que requieren ser controlados.

Los instrumentos requeridos para la elaboración del estudio de tiempos son los siguientes:

- Cronómetro
- Se requiere confeccionar un formulario de estudio de tiempos, además de una calculadora para resolver las ecuaciones.

Otro punto importante por analizar está relacionado con los movimientos que efectúa el operario, con los materiales, máquinas, herramientas etc, esto con el fin de eliminar o reducir los movimientos ineficientes, para aprovechar al máximo la mano de obra y reducir problemas musculares. Apunte importante es el siguiente: “El estudio de movimientos implica el análisis cuidadoso de los movimientos corporales que se emplean para realizar una tarea. Su propósito es eliminar o reducir movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los movimientos eficientes” (Niebel, 2009, pág. 114)

Para efectos del proyecto, el estudio de movimientos por ejecutar es muy general y se aplica con el propósito de mejorar el recorrido que debe realizar el medidor para ser despachado a bodega.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 DMAIC

El método que se utilizará en este estudio será el modelo estandarizado, válido para buscar el mejoramiento de una organización. El acrónimo de dicho método es DMAIC, el cual remite a sus siglas en inglés, las cuales significan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar o Implementar y Controlar. Además: “Un aspecto que ha caracterizado a los programas de Seis Sigma es que los proyectos DMAIC realmente logran ahorros y/o incremento en ventas” (Gutiérrez, 2010, pág. 291).

Cada una de estas fases o etapas define cada paso y herramienta por utilizar para lograr la mejora deseada en el sistema, en el proceso y, por ende, en la organización; este modelo es parte de la metodología Six Sigma y cada fase o etapa será explicada a continuación.

Definir: esta es la fase más importante porque es cuando se debe documentar el problema por atacar y este tiene que ser lo más conciso y puntual. A su vez, es preciso determinar cuál será el impacto si se resuelve el problema, así como los datos o información histórica de las causas que llevaron al estudio. También se identificará el equipo por trabajar en la investigación y solución del conflicto.

Medir: en esta etapa se definen la métrica y las herramientas por utilizar para realizar la extracción de datos o de información para las mediciones necesarias.

Analizar: al obtener las mediciones anteriores, se procede a buscar e identificar las posibles razones del comportamiento de estas, esto es posible al revisar la estabilidad de los datos y, finalmente, al analizar los datos con el fin de

identificar si corresponden con el problema previamente identificado. Si la respuesta es afirmativa, se continuará con el siguiente punto para buscar planes de mejora e implementación.

Mejora: luego del análisis, se procede a realizar cambios en características específicas para establecer planes pilotos de mejora e implementación, esto con el fin de luego llevar a cabo un control sobre estos.

Controlar: esta es la fase final y en la cual se diseñan planes para controlar y corroborar que las estrategias o propuestas de mejora e implementación hayan sido exitosas y funcionales, lo cual resuelva el problema expuesto por completo.

Herramientas de calidad por usar

2.2.2 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama también es conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto.

El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la cabeza de pescado y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es las causas, como las espinas de pescado (Niebel, 2009, pág. 19).

El diagrama de causa efecto es una herramienta que permite identificar cuáles son las causas que ocasionan un problema. Se realiza mediante una lluvia de ideas, en ella son clasificadas las ideas mediante las seis M (mano de obra, máquina, medio ambiente, material, método y mediciones) para encontrar la causa principal que ocasiona el problema.

2.2.3 Diagrama de flujo de procesos

Un diagrama de flujo es una representación gráfica, por medio de figuras en algunos casos geométricas, de los pasos en un proceso útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para producir un resultado. El resultado puede ser un producto, un servicio, información o una combinación de los tres. Al examinar cómo los diferentes pasos en un proceso se relacionan entre sí, se pueden descubrir con frecuencia las fuentes de problemas potenciales. Los diagramas de flujo se pueden aplicar a cualquier aspecto del proceso, desde el flujo de materiales hasta los pasos para hacer la venta u ofrecer el producto. Los diagramas de flujo detallados describen la mayoría de los pasos en un proceso. Con frecuencia, este nivel de detalle no es necesario, pero cuando se necesita, el equipo completo normalmente desarrollará una versión de arriba hacia abajo; luego, grupos de trabajo más pequeños pueden agregar niveles de detalle según sea necesario durante el proyecto. También se define como: “Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso” (Gutiérrez, 2010, pág. 199).

2.2.4 SIPOC

Mediante el diagrama SIPOC se expondrá el proceso del Laboratorio.

La definición de diagrama SIPOC es el siguiente: “Es una herramienta que consiste en un diagrama que permite visualizar al proceso de manera sencilla y general. Este esquema puede ser aplicado a procesos de todos los tamaños y a todos los niveles” (Tovar & Mota, 2007, pág. 38).

Para este análisis se debe conocer que las entradas son los ingresos del sistema, estos pueden ser recursos materiales, recursos humanos o información.

Las entradas constituyen la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas.

El proceso es lo que transforma una entrada en salida, como puede ser una máquina, un individuo, una computadora, un producto químico, una tarea realizada por un miembro de la organización, etc.

En la transformación de entradas en salidas es necesario saber siempre cómo se efectúa esa transformación. Con frecuencia, el procesador puede ser diseñado por el administrador. En tal caso, este proceso se denomina "caja blanca". No obstante, en la mayor parte de las situaciones no se conoce, en sus detalles, el proceso mediante el cual las entradas se transforman en salidas, porque esta transformación es demasiado compleja. Diferentes combinaciones de entradas o su combinación en diferentes órdenes de secuencia pueden originar diferentes situaciones de salida. En tal caso la función de proceso se denomina una "caja negra".

La caja negra se utiliza para representar a los sistemas cuando se desconoce qué elementos o cosas componen al sistema o proceso, pero se sabe que a determinadas entradas corresponden determinadas salidas y con ello es posible inducir, presumiendo que a determinados estímulos las variables funcionarán en cierto sentido.

Las salidas de los sistemas son los resultados obtenidos a partir de procesar las entradas. Al igual que las entradas estas pueden adoptar la forma de productos, servicios e información. También conforman el resultado del funcionamiento del sistema o, alternativamente, el propósito para el cual existe el sistema. Las salidas de un sistema se convierten en entrada de otro, que la

procesará para convertirla en otra salida, de manera que se repetirá este ciclo indefinidamente.

2.2.5 CTQ's

Por sus siglas en inglés (Critical to Quality), se entienden como parámetros que serían críticos para la calidad del producto final. Dichos parámetros provienen, primordialmente, de la voz de los clientes, es decir, de la retroalimentación recibida por parte de los clientes con el fin de conocer qué esperan de determinado producto.

Para llevar a cabo este proceso se deben seguir tres pasos básicos:

- Identificar los clientes potenciales.
- Escuchar su retroalimentación o la voz del cliente.

Identificar cuáles serían los CTQ's de acuerdo con la información suministrada por los clientes.

2.2.6 Análisis costo beneficio

Para efectos del proyecto, ya que tanto los costos como los resultados pueden traducirse en unidades monetarias, se va a utilizar el análisis Costo-Beneficio para determinar la relación que existe entre ellos.

El análisis Costo-Beneficio es un principio muy simple: se compara los beneficios y los costos de un proyecto particular y si los primeros exceden los segundos entrega un elemento de juicio inicial que indica su aceptabilidad. Si, por lo contrario, los costos superan los beneficios, el proyecto debe ser en principio rechazado. (Cohen & Franco, 2006, pág. 171).

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Mediante la realización del proyecto, se pretende que el Laboratorio se beneficie a partir de los siguientes impactos:

2.3.1 Impacto económico

El impacto económico es quizás el impacto que gran parte de las compañías de hoy quiere que sea positivo cuando acepta un trabajo de investigación. Es decir, siempre se apunta a que los resultados se vean reflejados en el ámbito económico, ya sea con el aumento de ventas, reducción de gastos, la disminución de piezas defectuosas, entre otros. Para efectos del investigador, se pretende que el Laboratorio disminuya en gran cantidad el dinero destinado por la compra de tanto medidor, que no puede reparar el laboratorio.

2.3.2 Capacidad de producción

Capacidad de producción se define como “la tasa máxima de producción que una planta puede alcanzar en condiciones dadas de operación” (Groover, 2007, pág. 987). En cuanto al proyecto, la capacidad de producción se tomará como la capacidad necesaria para satisfacer la demanda. Por ende, esta es de suma importancia en el desarrollo del proyecto.

2.3.3 Impacto en tiempos

Mediante el análisis, mediciones, mejoras y recomendaciones en el proceso de reparación de medidores, se pretende reducir los tiempos de las etapas, debido a

que tienden a ser muy elevados. Además se busca eliminar tiempos que no dan valor agregado al procedimiento con el que actualmente se trabaja.

2.3.4 Impacto recurso humano

Es preciso beneficiar un factor tan importante para la compañía como lo es el ser humano. Por lo tanto, se pretende explotar las habilidades y los conocimientos que cada trabajador posee para llevar a cabo las funciones en el puesto de trabajo, con el objetivo de obtener un incremento en la eficiencia de cada persona.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Mediante una búsqueda detallada de proyectos semejantes se obtiene la siguiente definición: “Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado” (Yauri, 2015).

Según lo anterior, se concluye que se debe estar en constante cambio y mejora de procesos debido a que la demanda tiende a ser cada vez mayor. Así mismo se obtuvieron las siguientes observaciones:

- El flujo del proceso no está bien diseñado.
- Falta de trabajos estandarizados y normados.
- Todo esto se traduce en baja capacidad de producción.

3 Capítulo III: Marco metodológico

3.1 Metodología para definición del problema

Parte primordial para la definición del problema es la recopilación de toda la información relacionada con el proceso, la cual se efectúa de la siguiente manera:

- Mediante información suministrada por el gestor técnico que está relacionado con el proceso (Ver Anexo 1).
- Mediante la observación directa, en la cual el investigador pretende indagar sobre el proceso.

Además, para representar de forma más clara las operaciones e inspecciones se procederá con la elaboración de un Diagrama del proceso actual, espacio donde se explicará de forma puntual cada etapa que conlleva el proceso de reparación de medidores.

Habiendo definido y aclarado el problema específico se procede a brindar la definición de las principales causas que ocasionaron la baja capacidad de producción por parte del personal encargado, en este caso la herramienta a utilizar es el Diagrama de Ishikawa. Mediante una lluvia de ideas obtenidas con entrevistas y observaciones, se clasificaron las causas según el tipo, para después determinar cuáles son las que representan mayor incidencia.

Otra de las técnicas por aplicar en este apartado es el Diagrama de Pareto con el fin de determinar cuáles son las causas que mayormente impactan el proceso y que, por ende, requieren atacar.

3.2 Metodología para medición y respaldo cualitativo

Medir

Mediante las siguientes actividades y herramientas el investigador se enfoca en la toma de datos y análisis de forma visual en el proceso:

Estudio de movimientos: estudio realizado mediante la observación directa, es decir, el investigador, con un bolígrafo y un papel o formulario, estudia detalladamente a cada operario en su puesto de trabajo, con el objetivo de eliminar o reducir movimientos no efectivos.

Otra actividad relativa a la medición y fundamental es la Toma de tiempos, esta se realiza por parte del investigador de forma manual con la ayuda de un cronómetro, un bolígrafo y una tabla para sus respectivas anotaciones, dicha actividad tiene el objetivo de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar cada etapa en el proceso.

3.3 Metodología para propuesta de mejora

Se va realizar la propuesta de mejora con respecto a los resultados arrojados por el Diagrama de Pareto: definir, buscar solución y mejorar las causas más importantes y que tienen mayor impacto en el proceso.

Se pretende estandarizar procesos mediante un control interno del laboratorio, en el cual se acoja a todos los requerimientos legales y con normas técnicas estandarizadas; para que cada trabajador siga el mismo procedimiento.

Además, se pretende dar entrenamientos a los trabajadores encargados en el proceso con la finalidad de alinearlos a los nuevos procedimientos.

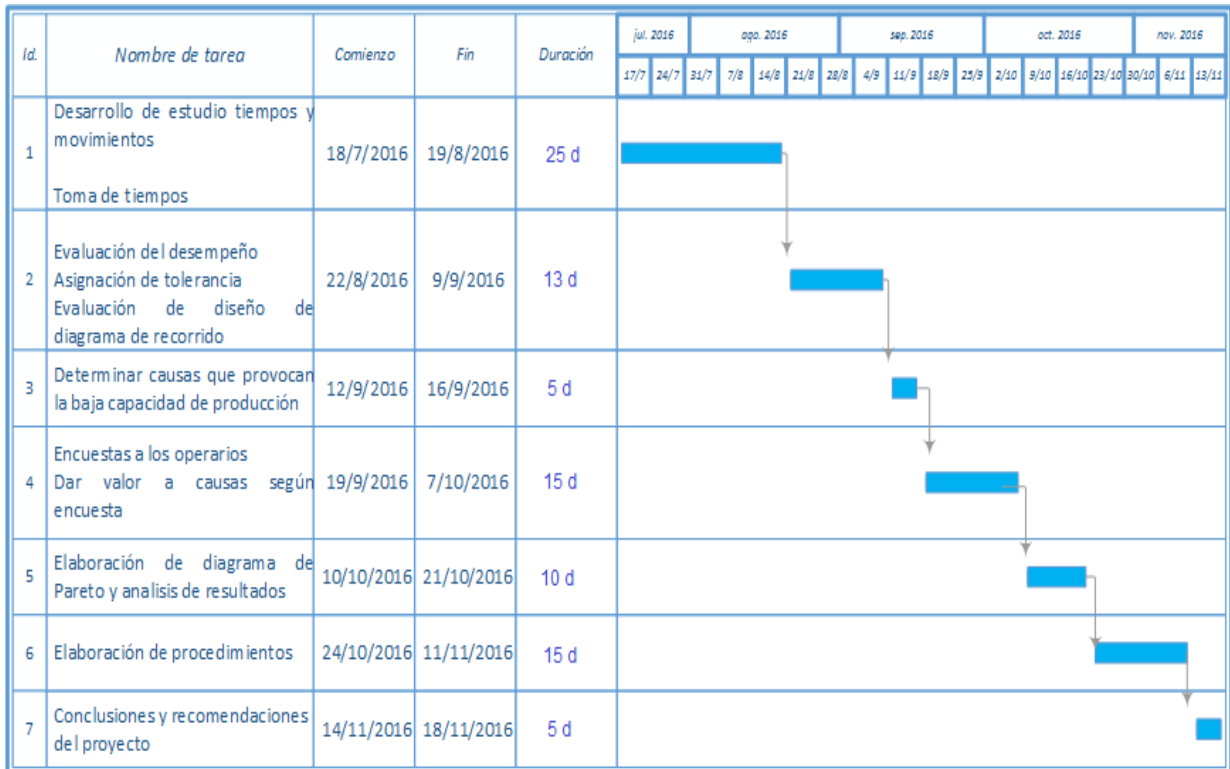
3.4 Metodología para implementación

En esta etapa se desarrollará un plan de mejoras mediante la siguiente actividad:

- Construir un histórico de datos.
- Identificar los procedimientos anteriores para la reparación de medidores.
- Definir los nuevos procedimientos.
- Capacitar al personal sobre los nuevos procedimientos.
- Construir un plan tipo auditorias para asegurar el cumplimiento de los procedimientos.

Con el fin de asegurar que se cumpla con el plan de implementación y se realicen las tareas en el tiempo establecido se elaborará un Diagrama de Gantt.

Figura No. 6. Diagrama de Gantt, plan de implementación



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.5 Metodología para verificación, aseguramientos

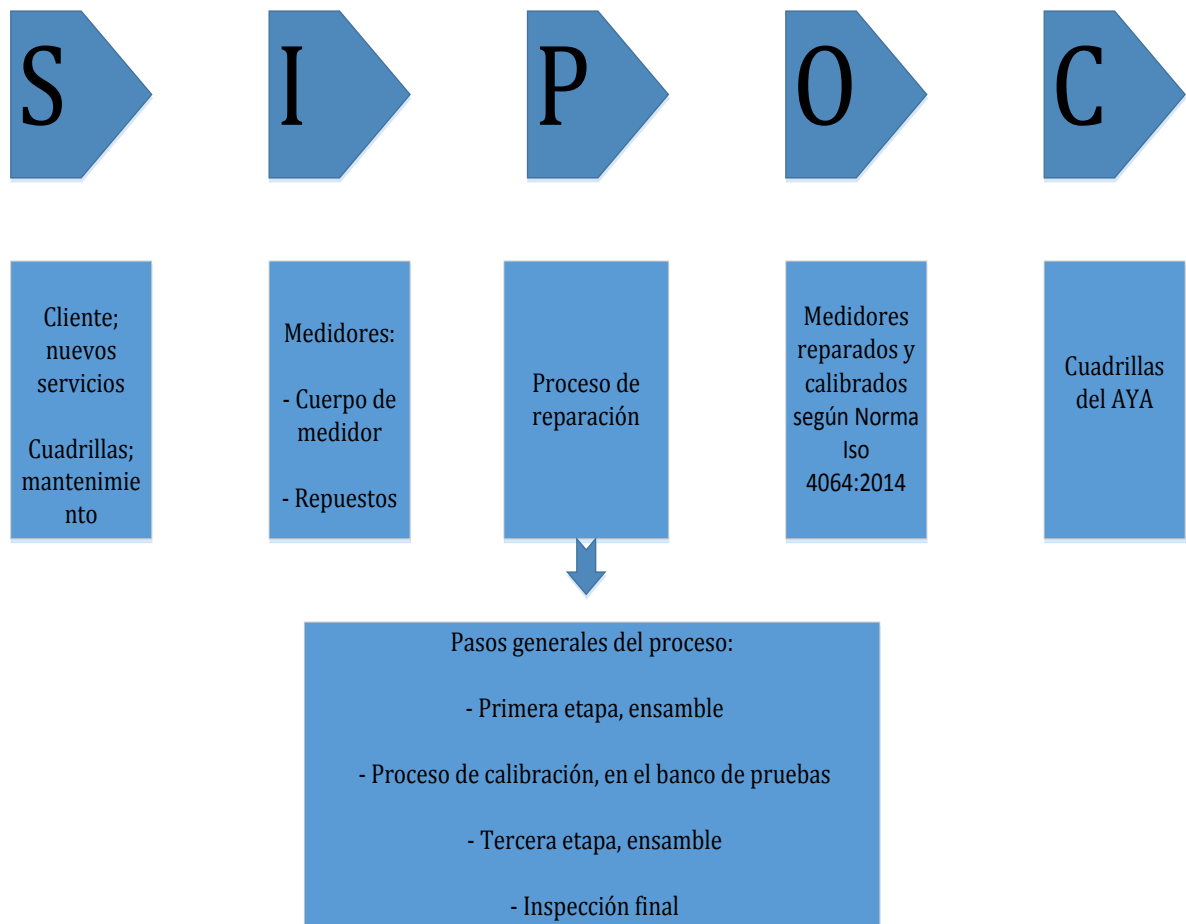
Mediante la técnica análisis costo beneficio se pretende la verificación de resultados, en ella se determinarán los beneficios del proyecto en relación con los costos. Así mismo, se espera una notable reducción de los costos en la compra de medidores por parte del Laboratorio.

4 Capítulo IV: Línea base y análisis de causas

4.1 SIPOC

Mediante la metodología SIPOC, se muestra el proceso de reparación de medidores con sus respectivas entradas y salidas.

Figura No. 7. Diagrama SIPOC Proceso de reparación de medidores



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2 Estudio de tiempos y movimientos

Tamaño de muestra

La fórmula para calcular el tamaño de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra que se desea calcular

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza; se usará un valor determinado que viene dado por la forma que tiene la distribución de Gauss; 95% Z=1,96

e = es el margen de error máximo admitido

p = probabilidad de éxito

$$n = \frac{28726 \times (1,96)^2 \times 0,95 \times (1-0,95)}{28726 \times (0,05)^2 + (1,96)^2 \times 0,95 \times (1-0,95)} = 72,81 = 73 \text{ muestras}$$

Para la elaboración de estudios de tiempos se toma una muestra de 73 tiempos por cada proceso con un margen de error de 5% y un nivel de confianza del 95%.

A continuación, se presenta, a modo de resumen, la elaboración del estudio de tiempos tomando en cuentas las 73 muestras (ver Anexo 2, 3, 4).

Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos las personas involucradas son: el operario número uno, que es el encargado de la primera etapa o ensamble 1; también los dos analistas encargados de la calibración (operarios 2 y 3 respectivamente), la cual se debe realizar en el banco de pruebas. Se medirá nuevamente al operario 1 en la etapa 3 o ensamble 2, además de un operador 4, encargado del ensamble final. Los datos son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 04. Tiempo de procesos

ESTUDIO DE TIEMPOS																				
PROCESO REPARACIÓN DE MEDIDORES																				
	Etapa 1					Calibración					Etapa 2					Inspección Final				
	Tiempo demorado min() seg()					Tiempo demorado min() seg()					Tiempo demorado min() seg()					Tiempo demorado min() seg()				
Operario 1	0,52	0,4	0,46	0,43	0,53						1,08	1,12	1,09	1,15	1,12					
Operario 2						5,83	5,58	5,83	5,5	5,41										
Operario 3						5,83	5	5,16	5,83	5										
Operario 4																0,28	0,33	0,28	0,3	0,31

Fuente: Elaboración propia, 2016

Para determinar el tiempo total del proceso en la etapa 1, 2, 3 y 4 se consideraron varias variables como el desempeño y la tolerancia; a continuación, se mostrará detalladamente:

Tabla 05. Estimación tiempo total

	Etapa 1	Calibración	Etapa3	Insp. final
T.Observado	0,46	5,43	1,11	0,3
Desempeño	0,9	0,85	0,9	0,9
T.Normal	0,41	4,62	1,00	0,27
Tolerancia	0,1	0,1	0,1	0,09
T.Estándar	0,46	5,08	1,10	0,29
T.Total	5,83			

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.1 Evaluación del desempeño

Para determinar el tiempo de desempeño, el analista observa y evalúa el accionar de cada funcionario, tomando en cuenta la experiencia, esfuerzo y habilidades.

Por lo tanto, se le otorga un nivel de desempeño al operario 1 en la primera etapa de un 0,9%; esta calificación se atribuye a un operador con amplia experiencia y que demuestra un gran interés en que el trabajo se realiza eficaz y eficientemente.

Para la etapa 2 se otorga un nivel de desempeño de un 0,85%; este se refiere a un operador 2 y un operador 3; uno demuestra gran esfuerzo e interés, pero es un funcionario nuevo, por tanto es lento en su trabajo; el otro tiene gran experiencia, pero que carece de compromiso con la institución, además comete errores en su labor.

En la etapa 3 también se concede un nivel de desempeño de 0,9%, ya que la función es realizada por el mismo funcionario que realizó la etapa 1; en la cual se observa la misma dedicación y esfuerzo empleada en ambas etapas.

Para la etapa 4 también se asigna un 0,9% de desempeño tomando en cuenta que es un operario muy eficiente, pero su función tiende a ser muy interrumpida con otros trabajos como digitación de datos y responder quejas a usuarios.

4.2.2 Tolerancia

Se concede al trabajador un tiempo adicional para justificar retrasos, demoras e interrupciones personales, por lo que se establece a continuación:

Tolerancia para etapa 1

- Tolerancia por necesidades personales: 3%
- Tolerancia por fatiga: 3%
- Tolerancia por demoras varias: 4%

Tolerancia para etapa 2

- Tolerancia por necesidades personales: 3%
- Tolerancia por fatiga: 4%
- Tolerancia por demoras varias 4%

Tolerancia para etapa 3

- Tolerancia por necesidades personales: 3%
- Tolerancia por fatiga 3%

- Tolerancia por demoras varias 4%

Tolerancia inspección final

- Tolerancia por necesidades personales: 3%
- Tolerancia por fatiga 3%
- Tolerancia por demoras varias 3%

Se calcula una desviación estándar de proceso de un 0,34977.

4.3 Diagrama de proceso de flujo

Representación gráfica y detallada de los subprocessos, esta incluye información de tiempos y distancias.

Figura No. 8. Diagrama de proceso de flujo

Diagrama de proceso de Flujo	Actividad					Tiempo	Distancia
	Operación:	O					
	Inspección	□					
	Transporte:	⇔					
	Demora:	D					
	Almacena:	▽					
	Distancia:	(mts)					
	Tiempo:	(min)					
DESCRIPCION	O	□	⇔	D	▽		
Ensamble primera etapa	●					0,46	0
Transporte de medidores al laboratorio			●			1	30
Se almacena, para continuar con la reparación					●	0	0
Se realiza el proceso de calibración	●					5,13	2
Se almacena a la espera del ensamble final					●	0	2
Ensamble final	●					1,10	0
Inspección final		●				0,29	0
Total						7,98	34

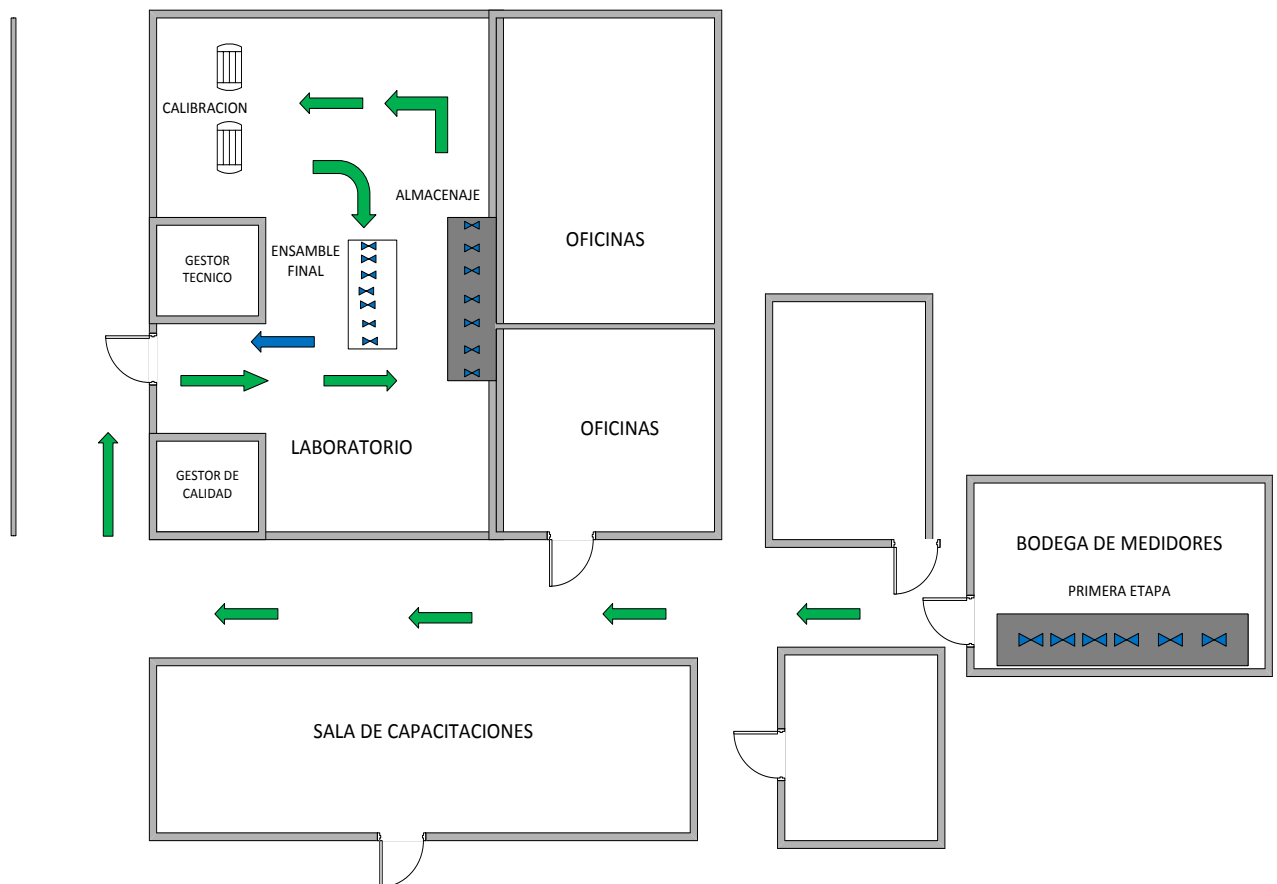
Fuente: Elaboración propia, 2016.

En este diagrama se pueden identificar las diferentes operaciones realizadas durante el proceso. Como resultado, se tarda un tiempo de 7 minutos con 98 segundos y el operario recorre 34 metros para la reparación de medidores.

4.4 Diagrama de recorrido

Mediante el siguiente diagrama se intenta representar el recorrido del medidor desde la primera etapa realizada en la bodega hasta la inspección final ejecutada en el laboratorio.

Figura No. 9. Diagrama de recorrido



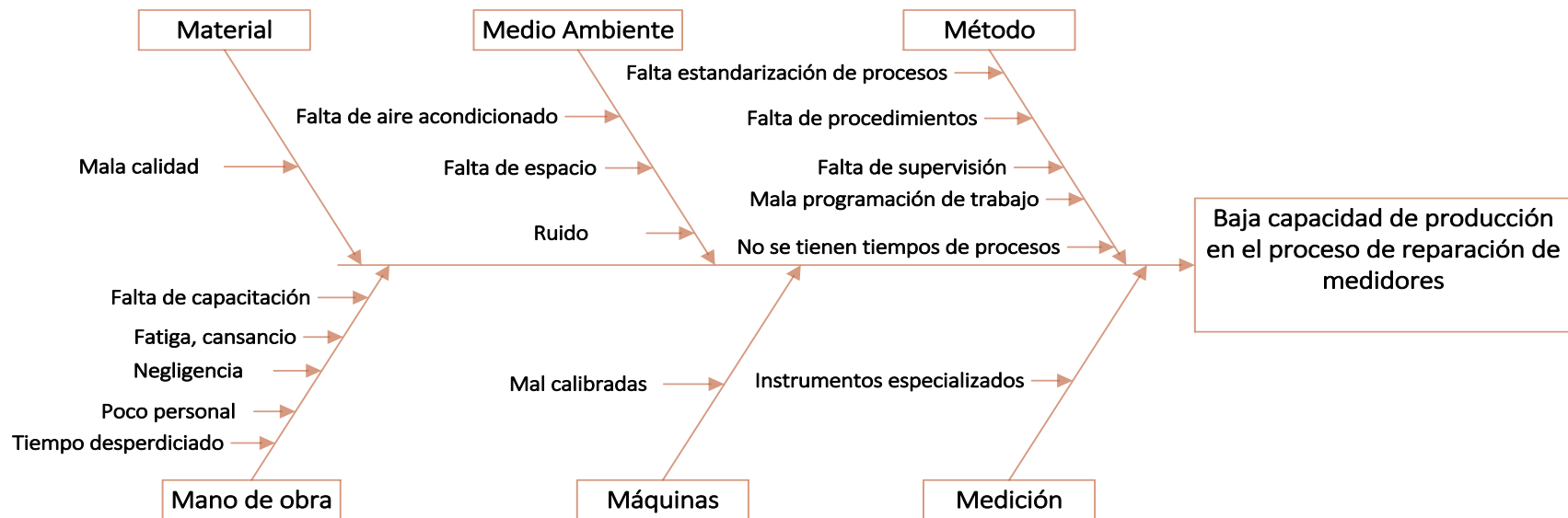
Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.5 Diagrama Ishikawa

Se utiliza un diagrama Ishikawa para encontrar las posibles causas que provocan la baja capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores.

Se realizó por medio de una lluvia de ideas en conjunto con la gestora de calidad del laboratorio. Las ideas surgidas se detallan a continuación:

Figura No. 10. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.6 Diagrama de Pareto

Analizar

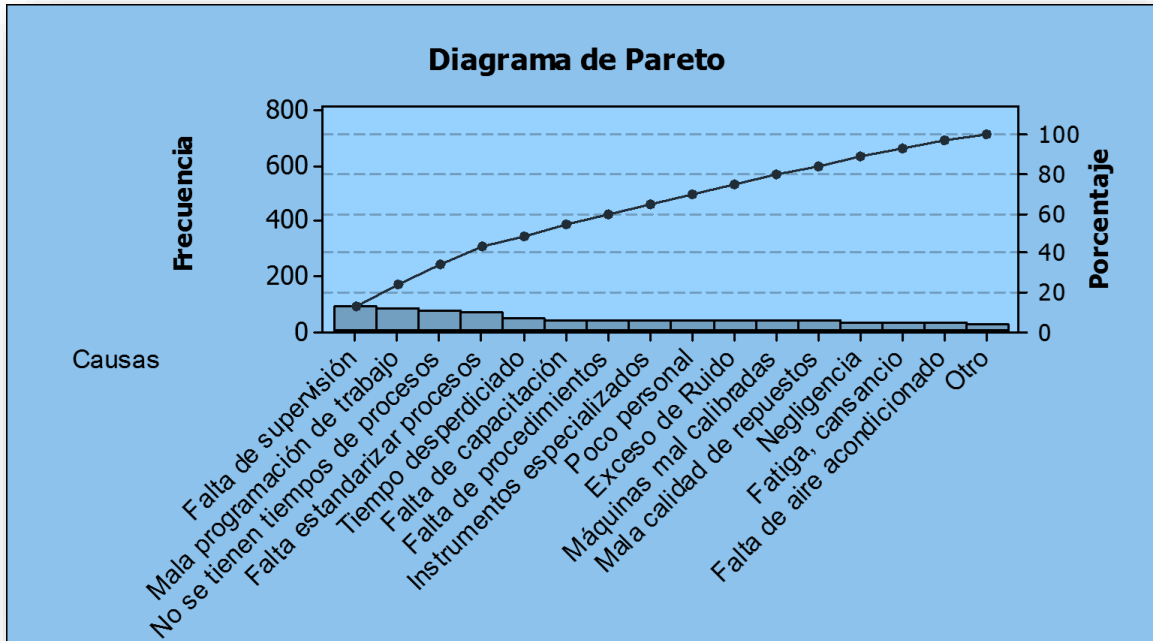
Mediante un formulario realizado por cada uno de los funcionarios del laboratorio (ver Anexo 6 y 7), se clasificaron las principales causas que provocan la baja capacidad de producción. En el siguiente cuadro se demuestran los resultados obtenidos:

Tabla 06. Pareto evaluación de causas

Causas	Frecuencia
Falta de supervisión	84
Mala programación de trabajo	82
No se tienen tiempos de procesos	74
Falta estandarizar procesos	64
Tiempo desperdiciado	40
Falta de capacitación	38
Falta de procedimientos	37
Falta de personal	37
Instrumentos especializados	37
Máquinas mal calibradas	36
Exceso de ruido	36
Mala calidad de material	33
Negligencia	32
Fatiga, cansancio	31
Falta de aire acondicionado	27
Falta de espacio	22

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Figura No. 11. Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Debido a que la diferencia del puntaje entre las frecuencias de cada causa es muy baja, y el 80% que dicta el diagrama de Pareto abarca cerca del 75% del total de las causas, se estableció que se buscara la solución para un 50% del porcentaje que determine la fórmula; esto quiere decir que se buscará una solución para el 50% de las causas.

Según la información definida con el diagrama de Pareto, las principales causas por mejorar para resolver el problema son:

Falta de supervisión: se verifica que se carece de una supervisión adecuada, de hecho podría considerarse casi nula por parte del gestor técnico, quien es el

encargado del proceso; esto debido a la gran cantidad de trabajo por realizar a cargo de esta persona.

Mala programación de trabajo: al analizar la información del laboratorio se observa que al proceso no se le da la importancia requerida, pues este presenta una muy mala programación que se pretende mejorar mediante este trabajo.

Se carece de tiempos de procesos: actualmente, no existe ningún tipo de registro sobre tiempos que el operario requiera para concluir una tarea específica, por lo que tienden a excederse en las labores. Es posible tomar dicha situación como otra causa: "Tiempo desperdiciado"

Falta estandarizar procesos: como parte de la mejora continua y en apoyo a las deficiencias del laboratorio en el proceso de reparación de medidores, se deben estandarizar los procesos, tanto el trabajo manual como en las máquinas.

Falta de capacitación: durante el proceso de implementación se pretende incluir una pequeña capacitación con los operarios incluidos en el proceso sobre los nuevos manuales y modo de trabajar.

5 Capítulo V

Diseño e implementación de la solución

Implementar

El objetivo principal del estudio es buscar mejoras a la problemática encontrada. Las propuestas se basan en un cambio en la metodología del trabajo, la cual requiere ser revisada y actualizada. Igualmente, se busca un cambio en el diseño del recorrido del medidor para optimizar el proceso. Además se pretende dar solución a la causa “*mala programación de trabajo*”.

5.1 Implementación de rol de trabajo

1. El operario 1, encargado de la primera etapa, se dedica a la realización de esta siguiendo los pasos de los manuales y con ayuda del gestor o encargado del proyecto. Se necesita que dedique en el día 1, 2 horas con 10 minutos y produzca cerca de 265 unidades.
2. Para el proceso de calibración los encargados son los operarios 2 y 3. Se necesitan dos operarios porque el proceso requiere más tiempo. (lo que viene siendo el cuello de botella). De igual forma, según los pasos de los manuales se propone que dediquen 12 horas en los días 2 y 3 de la implementación para que cumplan con la meta.
3. Para la etapa 3, realizada nuevamente por el operario1, se requiere que dedique 5 horas en la tarea para que continúe el proceso.

4. Para la inspección final se espera que el operario 4 dedique alrededor de 1 hora con 10 minutos en el día 5, para poder salir con la demanda propuesta.

Lo anteriormente explicado se puede observar de manera gráfica en el siguiente Diagrama de Gantt:

Figura No. 12. Diagrama de Gantt, plan de implementación

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	1 ene. 2017				
					2	3	4	5	6
1	Etapa 1	2/1/2017	2/1/2017	2,1h	[Barra de Gantt]				
2	Calibración	3/1/2017	4/1/2017	12h	[Barra de Gantt]				
3	Etapa 3	5/1/2017	5/1/2017	5h	[Barra de Gantt]				
4	Inspección final	6/1/2017	6/1/2017	1,1h	[Barra de Gantt]				

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tomando en cuenta que cada uno de los operarios tiene otras tareas por cumplir, se determina un tiempo estimado para dicho proceso; este tiempo está basado en observaciones, análisis y conclusiones por el analista.

Como resultado de la implementación del rol de trabajo, se estiman resultados alentadores para el laboratorio, estos descritos a continuación:

Tabla 07. Datos con implementación

Con la implementación de la nueva metodología	
Demanda total anual	28726 u
Total de producción anual	13250 u
Cantidad de medidores a comprar al año	15476 u
Gastos de la institución por la compra de medidores al año	\$ 386900

Fuente: Elaboración propia, 2016.

A continuación, se muestra el ahorro anual obtenido implementando la solución antes recomendada.

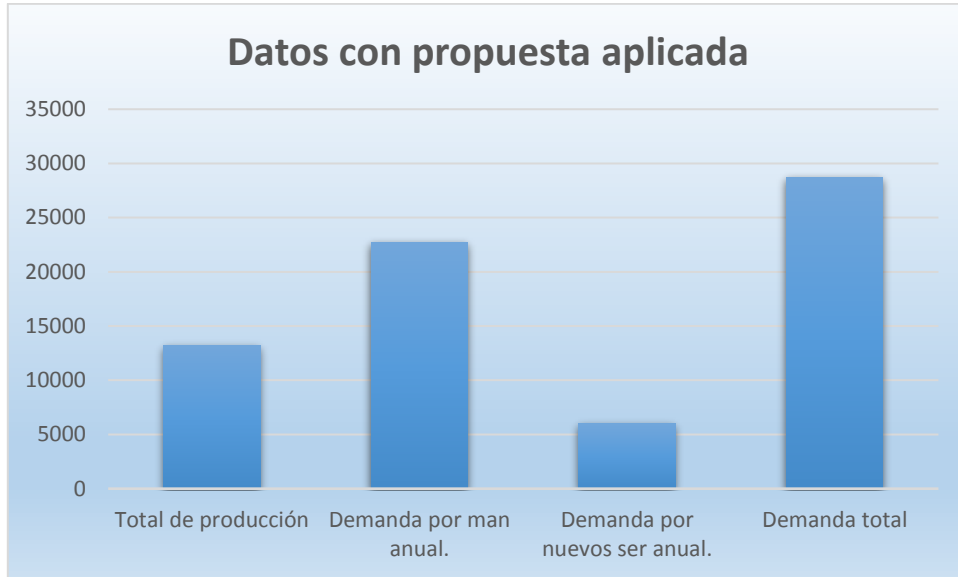
Tabla 08. Gastos vrs ahorro

Resultados cambio de metodología	
Gastos 2015	\$628150
Gastos aplicando metodología	\$386900
Ahorro anual	\$241250

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como un método para representar gráficamente los resultados obtenidos con las soluciones, se crea un gráfico tipo barra, este, si se compara con el mismo al inicio del proyecto, se observa notablemente la mejoría en la producción del proceso, el cual abarcaría de manera total la demanda por nuevos servicios y gran parte de los medidores que se necesitan para el mantenimiento.

Figura No. 13. Gráfico demanda vrs producción con propuesta aplicada



Fuente: Elaboración propia, 2016.

De acuerdo al estudio de tiempos se fijó el tiempo estándar para cada proceso y se resume continuación:

Tabla 9. Tiempo Estándar

ETAPA	TIEMPO ESTÁNDAR (MIN)
ETAPA 1	0,46
ETAPA 2	5,08
ETAPA 3	1,10
INSPECCIÓN FINAL	0,29
TIEMPO TOTAL DE PROCESO	5,83

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los resultados obtenidos demuestran que para la reparación de un medidor se tarda 5,83 minutos en todo su proceso.

Controlar

5.2 Elaboración de formulario para producción del proceso

Con el fin de tener un mejor control en la producción de medidores y de acuerdo con resultados obtenidos en capítulos anteriores, se procede a realizar un formulario en el cual se registre, de manera inmediata, por cada una de las partes encargadas lo siguiente:

- Nombre del operario.
- Fecha.
- Etapa realizada.
- Número de lote.
- Hora de inicio y hora final.
- Y cantidad de medidores reparados.

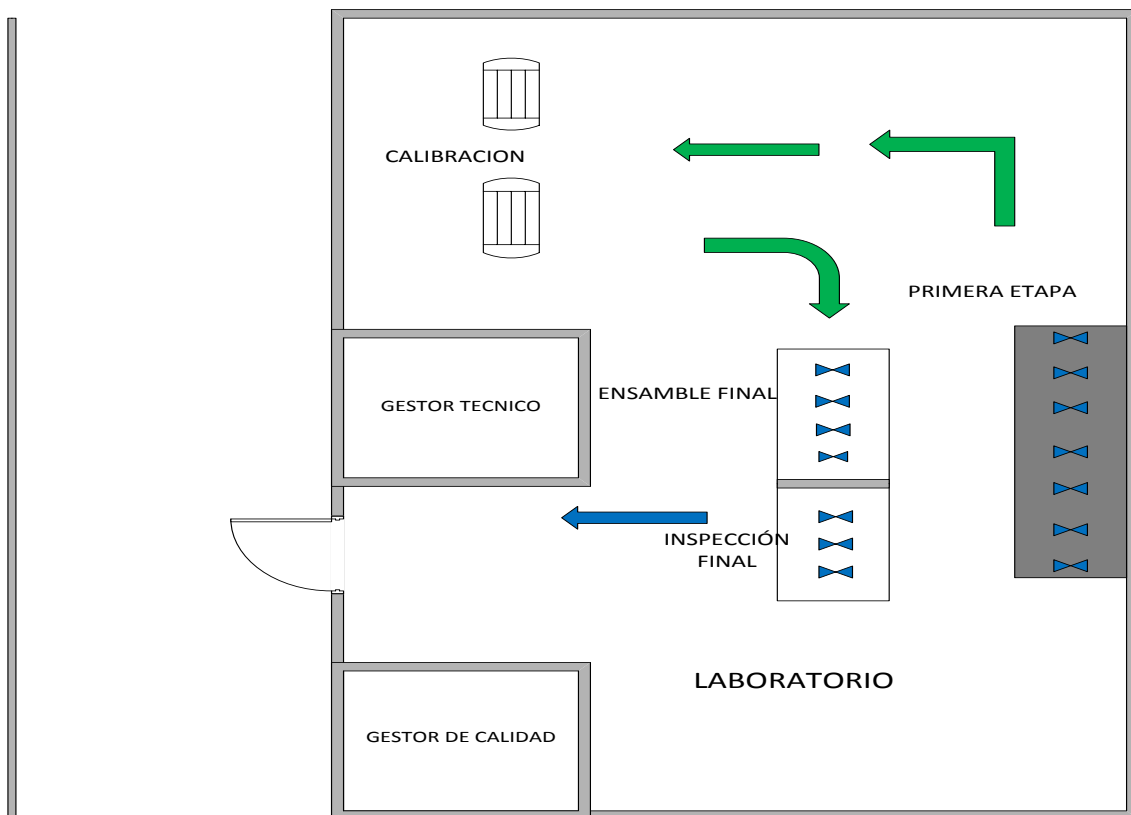
Además, se pretende que con el formulario se pueda solucionar una de las principales causas que afectan el proceso, la cual es la ***falta de supervisión***. Dicha problemática sucede debido a que a raíz del poco personal trabajando en el Laboratorio, no se puede asignar una persona para dicho trabajo.

5.3 Rediseño en el recorrido del medidor

Mediante un cambio en la distribución física de las instalaciones se pretende eliminar el traslado de medidores de la bodega al Laboratorio, con el fin de que sea en este lugar donde se realice todo el proceso. En cuanto al espacio donde se almacenan, este será destinado a la elaboración de la primera etapa.

Distribución del lugar de trabajo:

Figura No. 14. Diagrama de recorrido



Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.3.1 Ahorro en distancia y tiempo

A continuación, se muestra de forma gráfica los resultados obtenidos con la implementación de la solución.

Figura No. 15. Diagrama de proceso de flujo

Diagrama de proceso de Flujo	Actividad						
Actividad: Reparación de medidores	Operación:		0				
	Inspección		□				
	Transporte:		⇒				
	Demora:		D				
	Almacena:		▽				
	Distancia:		(mts)				
	Tiempo:		(min)				
DESCRIPCION	0	□	⇒	D	▽	Tiempo	Distancia
Ensamble primera etapa	●					0,46	0
Se realiza el proceso de calibración	●					5,13	2
Ensamble final	●					1,10	2
Inspección final			●			0,29	0
Total						6,28	4

Fuente: Elaboración propia, 2016.

El operario 1 transportó en el 2015 la cantidad de 3600 medidores de la bodega al laboratorio; realizó 300 viajes con 12 medidores en el que tardó un minuto en cada viaje con la implementación de la solución recomendada; el transporte se elimina y se ahorra cerca de 9 kilómetros al año.

5.4 Elaboración de procedimientos

La realiza el levantamiento de los procedimientos debido a que no contaban con estos. Los nuevos procedimientos tienen como objetivo servir de guía para el funcionario en la etapa que vaya a realizar, pues describe de forma ordenada, secuencial y detallada, el método más eficaz y eficiente del proceso. Además que es la solución de la causa llamada “**falta estandarizar procesos**”.

Dicha actividad se basó en la obtención de la información por parte del laboratorio, por medio de visitas y entrevistas con los involucrados en el procedimiento.

Procedimiento: Primera etapa

Participante: Operario 1

Objetivo: Dotar al operario de los pasos claves para la realización de la primera etapa.

Descripción de actividades:

Tabla 11. Procedimiento etapa 1

Ensamble primera etapa		
Pasos	Responsable	Actividades
Paso 1	Operario 1	Preparar una cantidad de 24 cuerpos de medidores por reparar; además de alistar todas las herramientas y diferentes repuestos empleados en dicha etapa.
Paso 2		Seguido, se instala la turbina por donde circula el agua.
Paso 3		Se sujeta con la tuerca para que no se desmonte y se soca.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Procedimiento: Segunda Etapa; proceso de calibración.

Participante: Operarios 2y3

Objetivo: Dotar a los operarios de los pasos claves para la realización de la segunda etapa. Proceso llevado a cabo en el banco de calibración.

Descripción de actividades:

Tabla 12. Procedimiento etapa 2

Proceso de calibración; segunda etapa		
Pasos	Responsable	Actividades
Paso 1	Operario 2 y 3	Transportar 12 medidores del estante de primera etapa al banco de pruebas.
Paso 2		Montaje de los medidores en el banco, ya sea volumétrico o gravimétrico.
Paso 3		Instalar cápsulas a los medidores para anotar las lecturas.
Paso 4		Se procede a purgar la tubería, esto tiene una duración de 5 minutos.
Paso 5		Se realizan las 3 pruebas de calibración en diferentes tanques de almacenamiento, de 100 litros, 50 y 20 litros, respectivamente, y se efectúa con una fórmula matemática el error permisible por medidor.
Paso 6		Se desmontan los medidores del banco.
Paso 7		Se clasifican según la calibración; dentro de tolerancia permitida se anotará Pasa, fuera de tolerancia, se clasificará con un No Pasa (en caso de que el resultado sea no pasa, se envía a reproceso)
Paso 8		Se transportan a la mesa los medidores con resultado Pasa para el segundo ensamble.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Procedimiento: Tercera etapa

Participante: Operario 1

Objetivo: Dotar al operario de los pasos claves para la realización de la tercera etapa.

Descripción de actividades:

Tabla 13. Procedimiento etapa 3

Ensamble tercera etapa		
Pasos	Responsable	Actividades
Paso1	Operario 1	Se instala el registro a cada medidor.
Paso2		Seguido, se coloca la capucha que sujeta el registro con sus respectivos empaques.
Paso 3		Se le coloca un seguro para que no sea abierto durante la manipulación de la instalación en el campo.
Paso 4		Se coloca un marchamo antifraude, para evitar que sea abierto por terceras personas.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Procedimiento: Inspección final

Participante: Operario 4

Objetivo: Dotar al operario de los pasos claves para la realización de la inspección final del proceso.

Descripción de actividades:

Tabla 14. Procedimiento inspección final

Inspección final		
Pasos	Responsable	Actividades
Paso 1	Operario 4	Se inspecciona que cada medidor se encuentre correctamente ensamblado.
Paso 2		Se anota en el sistema el número de medidor con su respectiva lectura.
Paso 3		Se embalan en cajas de cartón.
Paso 4		Son enviadas a bodega para despacho.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.5 Capacitación

La idea principal de las soluciones e implementaciones es el cambio en la forma de realizar las tareas por parte del personal, en su mayoría; para evitar algún tipo de resistencia al cambio se planteó realizar una capacitación con las partes encargadas, impartida en el momento que se les facilita los procesos y procedimientos a los trabajadores. Además para aclarar alguna pregunta, discrepancia o sugerencia.

Con el fin de evitar gastos excesivos, se optó porque la capacitación sea impartida por el gestor técnico y por el encargado del proyecto en la sala de reuniones del laboratorio

5.6 Indicador de productividad

Con el objetivo de medir la productividad en el Laboratorio. se aplica la fórmula general del índice de productividad; en la cual se emplean los factores de producción mensual del proceso completo y las horas mensuales por operario para determinar el indicador.

Fórmula tomada del libro Métodos, estándares y diseño del trabajo (Niebel, 2009)

$$P.T_0 = \frac{\text{producción mensual}}{\text{Hs operario mensual}} = \frac{300u}{38h} = 7.89 \text{ u/h}$$

Una vez obtenido el dato del indicador con el que el laboratorio trabaja actualmente se procede a realizar los cálculos con la nueva metodología para determinar si existen cambios con los datos obtenidos.

$$P.T_1 = \frac{\text{producción mensual}}{\text{Hs operario mensual}} = \frac{1104u}{80.0h} = 13.66 \text{ u/h}$$

Como se observa en los resultados de las operaciones, se asegura que con la implementación de las soluciones se incremente la capacidad de producción en un 73%. Dichos datos son entregados a los encargados del laboratorio.

5.7 Análisis de costo beneficio

Con el fin de determinar el costo de las mejoras implementadas, se toma el valor de la hora profesional aprobada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, la cual es ¢24.273 según la Gaceta N°14 de enero de 2015. Dicho análisis se presenta a continuación:

Costo

Tabla 15. Costo del proyecto

Actividad	Total de horas	Costo total
Entrevista con gestor técnico y de calidad	2	¢48.546
Tutorías	11	¢267.003
Visitas	3	¢72.819
Desarrollo del proyecto	69	¢1.674.837
Total	85	¢2.063.205

Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.7.1 Beneficio

Como principal beneficio, se menciona el ahorro que pueda tener la institución en la compra de medidores. Son bastante significativos los datos revelados por los análisis, por lo que se insta a los encargados a tomar en cuenta el proyecto.

6 Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Una vez analizada la situación de la empresa y con base en los objetivos propuestos, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se determinó, mediante el análisis de Ishikawa y Pareto, cuáles son las principales causas que provocan la baja capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores, esto con el fin de encontrar la solución a cada una.
- Una vez obtenidas las principales causas, se preparan formatos y procedimientos para la resolución de estas, así como un plan de implementación para evitar que se vuelva a dar.
- Una vez sean implementadas las propuestas antes mencionadas, se espera que la capacidad de producción en el proceso aumente en un 73%. Lo anterior según datos obtenidos tras el análisis de índice de productividad.
- Se planteó un plan de trabajo para dicho proceso con el fin de atacar las causas encontradas en el diagnóstico, el cual fue expuesto con una presentación a las jefaturas del laboratorio, y de inmediato fue avalado.
- Con la adaptación del control de procesos y procedimientos se pretende que el operario tenga una guía sobre la tarea por realizar, con el fin de llevarla a cabo de la mejor manera y, por consiguiente, que se dé una disminución en los medidores malos.

- Se realizó un análisis costo beneficio en el cual se determinaron las horas invertidas en las mejoras, estas dieron un total 85 horas y el costo asociado con dichas actividades un total de ¢2.063. 205, además de que su principal beneficio fue un ahorro de \$241250 en la compra de los medidores.

6.2 Recomendaciones

- Continuar con el seguimiento del cumplimiento de los tiempos estándar de los procesos con el fin de garantizar que los resultados de este estudio se mantengan a través del tiempo.
- Capacitar a todo el personal del laboratorio con base en los procedimientos otorgados, para no depender de solo una persona en cada proceso, y en caso de que falte la persona sea cubierto por otro trabajador.
- Dar seguimiento a las soluciones e implementaciones del proyecto para verificar el cumplimiento de este mediante auditorías internas y auditorías externas.
- Programar revisiones periódicas por parte del gestor de calidad a las actividades en estudio, con el fin que se cumplan soluciones recomendadas.
- Realizar encuestas al gestor experto, y gestor de calidad con el fin de que puedan describir la aceptación y motivación de los empleados en los entrenamientos.
- Realizar encuestas periódicas a los operarios del Laboratorio, como medio de retroalimentación a las jefaturas para identificar otras áreas de mejora y mantener abierta la comunicación entre los involucrados en el proceso.

Bibliografía

- Cohen, E., & Franco, R. (2006). Evaluación de Proyectos Sociales. México: SIGLO XX1.
- Groover, M. (2007). Fundamentos de manufactura moderna. México, D.F: Mc Graw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. México.D.F: McGraw-Grill.
- Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio de trabajo. Ginebra.
- López, B. S. (2012). Estudio de Trabajo. Disponible en:
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>
- Maynard, H. (2006). Manual del Ingeniero Industrial. México: MCGRAW-HILL.
- Niebel, B. W. (2009). Métodos, estándares y diseño del trabajo. México, D.F: Mc Graw-Hill.
- Quispe, L. A. (2015). Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado. Perú.
- Tovar, A., & Mota, A. (2007). Un Modelo de Administracion de Procesos. México, D.F: Panorama.
- Yauri, L. (2015). Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado. Tesis de bachiller. Lima, Peru.

Anexos

Anexo 1. Corresponde a los datos del año 2015; lo que concierne a entrega de medidores por mantenimiento y nuevos servicios. Otorgados por el gestor técnico.

Demanda medidores año 2015	
Medidores instalados por mantenimiento	22726 unidades
Medidores instalados por nuevos servicios	6000 unidades
Total de medidores reparados	3742 unidades
Medidores buenos	3600 unidades
Medidores malos	142 unidades

Anexo 2. Resumen toma de tiempos del proceso, etapa 1

Labotario Nacional de Medidores AyA		
Toma de muestras		
Descripción de etapa: <i>Etapa 1 / Operación 1</i>		
Tiempo observado	Tiempo observado	Tiempo observado
0.46 s	0.49 s	0.50 s
0.43 s	0.41 s	0.49 s
0.48 s	0.48 s	
0.44 s	0.52 s	
0.42 s	0.44 s	
0.47 s	0.51 s	
0.47 s	0.45 s	
0.43 s	0.48 s	
0.52 s	0.42 s	
0.47 s	0.46 s	
0.42 s	0.41 s	
0.48 s	0.41 s	
0.52 s	0.42 s	
0.49 s	0.48 s	
0.43 s	0.31 s	
0.50 s	0.49 s	
0.50 s	0.52 s	
0.41 s	0.40 s	
0.47 s	0.51 s	
0.47 s	0.49 s	
0.41 s	0.43 s	
0.53 s	0.48 s	
0.47 s	0.48 s	
0.41 s	0.46 s	
0.50 s	0.52 s	
0.45 s	0.45 s	
0.46 s	0.49 s	
0.45 s	0.42 s	
0.46 s	0.43 s	
0.42 s	0.50 s	
0.42 s	0.51 s	
0.52 s	0.42 s	
0.50 s	0.45 s	
0.50 s	0.47 s	
0.40 s	0.53 s	
0.41 s	0.52 s	
Total	74	muestras
Promedio	0.46 s	

Anexo 3. Toma de muestras etapa 2

Labotario Nacional de Medidores AyA		
Toma de muestras		
Descripción de etapa: <i>Etapa 2 - Calibración / Operación 2 y 3.</i>		
Tiempo observado	Tiempo observado	Tiempo observado
5.54s	5.22s	5.16s
5.23s	5.15s	
5.61s	5.14s	
5.29s	5.20s	
5.59s	5.17s	
5.25s	5.76s	
5.39s	5.70s	
5.46s	5.01s	
5.41s	5.07s	
5.76s	5.73s	
5.15s	5.40s	
5.74s	5.47s	
5.16s	5.74s	
5.04s	5.12s	
5.56s	5.70s	
5.75s	5.61s	
5.83s	5.12s	
5.48s	5.78s	
5.43s	5.25s	
5.79s	5.48s	
5.10s	5.23s	
5.16s	5.67s	
5.27s	5.25s	
5.09s	5.23s	
5.61s	5.56s	
5.28s	5.75s	
5.03s	5.03s	
5.02s	5.04s	
5.79s	5.46s	
5.60s	5.43s	
5.73s	5.81s	
5.00s	5.39s	
5.26s	5.81s	
5.65s	5.73s	
5.64s	5.78s	
5.53s	5.81s	
Total	73	datos
Promedio	5.43	

Anexo 4. Toma de muestras etapa 3

Labotario Nacional de Medidores AyA		
Toma de muestras		
Descripción de etapa: <i>Etapa 3 / Operario 7</i>		
Tiempo observado	Tiempo observado	Tiempo observado
1.09 s	1.12 s	1.12
1.12 s	1.14 s	
1.11 s	1.13 s	
1.12 s	1.12 s	
1.08 s	1.09 s	
1.12 s	1.09 s	
1.14 s	1.11 s	
1.10 s	1.13 s	
1.14 s	1.10 s	
1.14 s	1.14 s	
1.10 s	1.12 s	
1.12 s	1.14 s	
1.08 s	1.10 s	
1.09 s	1.11 s	
1.12 s	1.15 s	
1.13 s	1.09 s	
1.12 s	1.12 s	
1.11 s	1.14 s	
1.11 s	1.10 s	
1.09 s	1.13 s	
1.12 s	1.11 s	
1.14 s	1.12 s	
1.14 s	1.11 s	
1.08 s	1.13 s	
1.13 s	1.12 s	
1.09 s	1.10 s	
1.14 s	1.15 s	
1.14 s	1.13 s	
1.10 s	1.10 s	
1.10 s	1.12 s	
1.10 s	1.10 s	
1.08 s	1.09 s	
1.13 s	1.14 s	
1.11 s	1.14 s	
1.08 s	1.14 s	
1.13 s	1.12 s	
Total	73 muestras	
Promedio	1.12	

Anexo 5. Toma de muestras etapa 4

Labotario Nacional de Medidores AyA		
Toma de muestras		
Descripción de etapa: <i>Etapa 4 (operación 9)</i>		
Tiempo observado	Tiempo observado	Tiempo observado
0.31 s	0.31 s	0.32 s
0.30 s	0.30 s	
0.32 s	0.30 s	
0.28 s	0.29 s	
0.31 s	0.28 s	
0.28 s	0.32 s	
0.32 s	0.30 s	
0.28 s	0.31 s	
0.29 s	0.31 s	
0.29 s	0.30 s	
0.32 s	0.31 s	
0.32 s	0.32 s	
0.32 s	0.29 s	
0.29 s	0.31 s	
0.31 s	0.28 s	
0.30 s	0.32 s	
0.32 s	0.30 s	
0.28 s	0.30 s	
0.30 s	0.32 s	
0.29 s	0.29 s	
0.29 s	0.32 s	
0.31 s	0.32 s	
0.30 s	0.29 s	
0.30 s	0.30 s	
0.30 s	0.29 s	
0.32 s	0.32 s	
0.32 s	0.30 s	
0.28 s	0.28 s	
0.33 s	0.30 s	
0.29 s	0.30 s	
0.30 s	0.31 s	
0.29 s	0.30 s	
0.32 s	0.29 s	
0.31 s	0.28 s	
0.33 s	0.31 s	
0.32 s	0.29 s	
Total	73 muestras	
Promedio	0.30	

Anexo 6. Formulario entregado a los empleados del laboratorio para evaluar las causas.

Diego

Evaluación de las principales causas que provocan una deficiente capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores.

Impacto	Económico	Tiempo	Calidad	Producción	Total
Medio ambiente					
Falta de a/c	0	2	3	3	8
Falta de espacio	0	0	0	3	3
Ruido	0	2	2	3	7
Método					
Falta estandarizar procesos	1	2	3	3	9
Falta de supervisión	2	3	3	3	11
No se tienen tiempos de procesos	2	3	0	3	8
Falta de procedimientos	2	2	0	3	7
Mala programación de trabajo	3	2	0	3	8
Material					
Mala calidad de repuestos	3	0	3	0	6
Defectos	2	0	3	0	5
Mano de obra					
Falta de capacitación	0	2	3	2	7
Fatiga, cansancio	2	3	3	3	11
Negligencia	3	0	2	1	6
Poco personal	3	2	1	3	9
Tiempo desperdiciado	3	3	0	3	9
Máquinas					
Falta de herramientas	2	2	0	1	5
Mal calibradas	0	2	3	2	7
Medición					
Instrumentos especializados	0	2	3	1	6
Calibración	0	1	3	2	6

Nivel de impacto:

- 0 NULO
- 1 BAJO
- 2 MEDIO
- 3 ALTO

Anexo 7. Formulario entregado a los empleados del Laboratorio para evaluar causas.

stover

Evaluación de las principales causas que provocan una deficiente capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores.

Causas \ Impacto	Económico	Tiempo	Calidad	Producción	Total
Medio ambiente					
Falta de a/c	0	1	2	3	6
Falta de espacio	0	2	3	3	8
Ruido	0	1	1	2	4
Método					
Falta estandarizar procesos	0	2	3	1	6
Falta de supervisión	1	3	3	3	10
No se tienen tiempos de procesos	1	3	1	3	8
Falta de procedimientos	0	3	2	1	6
Mala programación de trabajo	0	3	3	2	8
Material					
Mala calidad de repuestos	2	2	3	3	10
Defectos	2	2	3	3	10
Mano de obra					
Falta de capacitación	0	2	2	2	6
Fatiga, cansancio	0	0	0	0	0
Negligencia	0	2	3	3	8
Poco personal	0	3	1	3	7
Tiempo desperdiciado	1	2	1	1	5
Máquinas					
Falta de herramientas	1	3	3	3	10
Mal calibradas	2	3	3	3	11
Medición					
Instrumentos especializados	1	2	2	3	8
Calibración	1	2	2	3	8

Nivel de impacto:

- 0 NULO
- 1 BAJO
- 2 MEDIO
- 3 ALTO

