

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PRESTACIÓN
DE SERVICIOS PARA LAS CALIBRACIONES
DE INSTRUMENTOS EN LAS
INSTALACIONES DEL LABORATORIO MET-
CAL, PARA EL PERIODO DE MAYO DEL 2018
A FEBRERO DEL 2019

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

Elaborado por: ROLANDO MOLINA SOLÍS

Tutor: Ing. HÉCTOR RAMÍREZ MORA

SAN JOSÉ, ENERO 2019

DECLARACIÓN JURADA

Yo Rolando José Molina Solís, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1 0957 0454 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 Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos en las instalaciones del laboratorio Met-Cal, para el periodo de mayo del 2018 a febrero del 2019, 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 veinte cuatro días del mes de enero del año dos mil diecinueve.

Rolando José Molina Solís

Firma del estudiante

Cédula: 1-0957-0454

CARTA DEL TUTOR

San José, 22 de enero, del 2019....

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante ROLANDO MOLINA SOLÍS, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LAS CALIBRACIONES DE INSTRUMENTOS EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO MET-CAL, PARA EL PERIODO DE MAYO DEL 2018 A FEBRERO DEL 2019, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

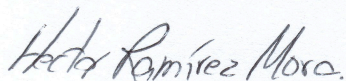
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y 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%	19
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		94

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

Atentamente,



Nombre Héctor Ramírez Mora
Cédula identidad: 1-1296-0047
Carné Colegio Profesional: IPI-24135

San José, 23 de febrero de 2019

Señores

Departamento de Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lectora del proyecto de graduación presentado por el estudiante Rolando Molina Solís, titulado “Reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, para el periodo de mayo del 2018 a febrero del 2019”, para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,



Ana Catalina Leandro Sandí

Cédula: 3-0398-0478

IPI-22762

San José, 20 de abril de 2019

Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana
Sede de Lorente

A quien interese

Estimados señores/as:

Por este medio hago constar que he completado con éxito la revisión filológica del trabajo final de graduación titulado *Reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, para el periodo de mayo del 2018 a febrero del 2019*, de la autoría de Rolando Molina Solís, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Encantado por esta oportunidad de servirles, cordialmente,



Óscar Aguilar Sandí

Filólogo - Asesor Lingüístico

Céd. 1-1044-0688

Carné del Colegio de Licenciados y Profesores en Letras # 026682

Contenido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Resumen	2
1.1 Descripción general del proyecto	3
1.2 Identificación de la empresa	5
1.2.1 Ubicación geográfica	5
1.2.2 Reseña histórica	6
1.2.3 Visión de la organización	10
1.2.4 Misión de la organización	10
1.2.5 Estructura organizativa	10
1.3 Planteamiento del problema	14
1.3.1 Justificación	15
1.4 Objetivos de la investigación	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 Alcances	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	21
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	34
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	36
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	37
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	40
3.1 Metodología para la definición del problema	41
3.1.1 Caracterización del proceso	42
3.1.2 Diagrama SIPOC	45
3.1.3 Diagrama de flujo	45
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	45
3.2.1 Plan de recolección de datos	45
3.2.2 Estadística descriptiva	49
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	50
3.3.1 Diagrama de Ishikawa	50
3.3.2 Priorización de causas	51

3.4 Metodología para la implementación del proyecto	53
3.4.1 Formato A3	53
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	55
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	56
4.1 Caracterización del proceso	57
4.1.1 Diagrama SIPOC	59
4.1.2 Diagrama de flujo del proceso	60
4.2 Estadística descriptiva	66
4.2.1 Quejas de clientes.....	66
4.2.2 Tiempo de entrega de equipos	66
4.2.3 Recolección y análisis de datos	69
4.2.3.1 Permanencia de los equipos en el laboratorio	69
4.2.3.2 Análisis de los principales clientes.....	72
4.4 ANÁLISIS DE CAUSAS	77
4.4.1 Diagrama de Ishikawa	78
4.5 PRIORIZACIÓN DE CAUSAS.....	82
4.6 Conclusiones de la situación actual.....	84
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	85
5.1 Propuesta y diseño de la mejora	86
Propuesta de mejora #1 Separación de funciones	88
Propuesta de mejora #2 Orden de los almacenes de equipos.....	97
Propuesta de mejora #3 Aumento de la productividad en las calibraciones	106
5.1.1 Formato A3	115
5.2 Implementación	115
5.2.1 Ruta de mejora.....	115
5.3 Resultados	123
5.4 PROPUESTA DE CONTROL.....	146
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
6.1 Conclusiones.....	150
6.2 Recomendaciones.....	151
Bibliografía	153
ANEXOS	154

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación del laboratorio de calibración MET-CAL	6
Figura 2 Organigrama del laboratorio de calibración MET-CAL.....	11
Figura 3 Mapa de procesos del laboratorio de calibración MET-CAL	13
Figura 4 Visión general de laboratorio MET-CAL.....	14
Figura 5 Estructura general de la metrología.....	21
Figura 6 Ejemplo de caracterización de un proceso	24
Figura 7 Ejemplo de diagrama SIPOC.....	25
Figura 8 Ejemplo de diagrama de flujo o de actividades.....	26
Figura 9 Ejemplo de un plan de recolección de datos	27
Figura 10 Ejemplo de diagrama de Ishikawa	28
Figura 11 Ejemplo de formato A3.....	29
Figura 12 Ejemplo de plan de control.....	30
Figura 13: Fases de la metodología Diseño para Seis Sigma.....	31
Figura 14: Herramientas para Lean Manufacturing.....	33
Figura 15 Formato para la caracterización del proceso	43
Figura 16 Formato A3.....	54
Figura 17 Diagrama SIPOC.....	59
Figura 18 Diagrama de flujo del proceso de calibración de instrumentos de medición en las instalaciones de MET-CAL	61
Figura 19 Diagrama de Ishikawa	79
Figura 20 Diseño de mejora	86
Figura 21 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #1	88
Figura 22 Indicador de tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio.....	93
Figura 23 Pizarra de control de equipos críticos	94
Figura 24 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #2	97
Figura 25 Estante de equipos de nuevo ingreso	100
Figura 26 Estante de equipos pendientes de programar.....	101
Figura 27 Estante de equipos programados	101
Figura 28 Estante de equipos de nuevo ingreso	102
Figura 29 Estante de equipos programados o por programar	103
Figura 30 Estante de equipos asignados a un técnico de calibración	103
Figura 31 Estante de equipos para devolución.....	104
Figura 32 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #3	106
Figura 33 Indicadores de calibraciones diarias.....	112
Figura 34 Ruta de mejora	116
Figura 35 Diagrama de Gantt.....	118
Figura 36 Diagrama de flujo propuesto para el proceso en estudio después de la mejora.....	135
Figura 37 Flujo de efectivo para las alternativas # 1, # 2 y # 3	140
Figura 38 Comparaciones en parejas de Tukey.....	144
Figura 39 Gráficas de caja.....	145

Índice de tablas

Tabla 1: Objetivos, técnicas y documentos usados en la aplicación de la metodología DMAIC	35
Tabla 2 Metodología DMAIC y sus herramientas	41
Tabla 3 Plan de recolección de datos. Quejas de los clientes.....	46
Tabla 4 Plan de recolección de datos. Tiempo de entrega de equipos.....	46
Tabla 5 Plan de recolección de datos. Uso del servicio por parte del cliente.....	47
Tabla 6 Plan de recolección de datos. Acciones del cliente después de recibir servicio.....	47
Tabla 7 Plan de recolección de datos. Servicio sustituto	48
Tabla 8 Tareas para la elaboración del plan de recolección de datos.	49
Tabla 9 Matriz de probabilidad-impacto.....	51
Tabla 10 Caracterización del proceso de calibración en las instalaciones de MET-CAL	58
Tabla 11 Variables de calibración en el laboratorio MET-CAL	67
Tabla 12 Categorías en que se clasifican los principales clientes del laboratorio	68
Tabla 13 Tiempos de permanencia de los mejores clientes del laboratorio	73
Tabla 14 Datos de los equipos de los principales clientes	74
Tabla 15 Tiempo de permanencia de los equipos que sobrepasan la meta	76
Tabla 16 Principales causas del problema y su nivel de riesgo	82
Tabla 17 Principales causas y sus respectivas áreas de influencia	83
Tabla 18 Priorización de soluciones para la propuesta de mejora #1	89
Tabla 19 Causas y solución para el área de influencia denominada Control.....	90
Tabla 20 Equipos patrón faltantes	95
Tabla 21 Presupuesto para implementar la solución #1.....	96
Tabla 22 Priorización de soluciones para propuesta de mejora #2	98
Tabla 23 Causas y solución para el área de influencia denominada Orden.....	99
Tabla 24 Presupuesto para implementar la solución #2.....	105
Tabla 25 Priorización de soluciones para propuesta de mejora #3	107
Tabla 26 Causas y solución para el área de influencia denominada Productividad.....	108
Tabla 27 Horarios propuestos para la mejora.....	110
Tabla 28 Horas efectivas de trabajo por semana después del cambio de horario	111
Tabla 29 Presupuesto para implementar la solución #3.....	112
Tabla 30 resumen de propuestas, principales implicaciones y costos	113
Tabla 31 Resumen de las mejoras alcanzadas con este proyecto	129
Tabla 32 Niveles de riesgo de las causas antes y después de la mejora.....	132
Tabla 33 Resumen de las medidas de valor para las alternativas # 1, # 2 y # 3.....	143
Tabla 34 Plan de control	147

Índice de gráficas

Gráfica 1 Calificación recibida por el laboratorio en el periodo de octubre 2017 a marzo 2018 .	17
Gráfica 2 Total de equipos calibrados entre octubre 2017 y abril 2018	69
Gráfica 3 Cantidad de equipos fuera de la meta de 7 días	70
Gráfica 4 Porcentaje de equipos fuera de la meta	71
Gráfica 5 Cantidad de días de permanencia de los equipos fuera de la meta	72
Gráfica 6 Tiempo promedio de permanencia de los equipos de los principales clientes del laboratorio	75
Gráfica 7 Tiempo de permanencia de los equipos de los principales clientes en que no se cumple la meta	77
Gráfica 8 Tiempo de permanencia de los equipos de los principales clientes antes y después de la mejora.....	123
Gráfica 9 Porcentaje de equipos vs. meta sugerida de 15 días	124
Gráfica 10 Tiempo de permanencia de los de los principales clientes vs. meta sugerida de los clientes.....	125
Gráfica 11 Total de equipos por variable de mayo 2018 a noviembre 2018	125
Gráfica 12 Equipos que cumplen la meta antes y después de la mejora	126
Gráfica 13 Porcentaje de equipos fuera de la meta antes y después de la mejora.....	127
Gráfica 14 Días de permanencia de los equipos fuera de la meta	128
Gráfica 15 Nivel de facturación para equipos que cumplen la meta de los principales clientes	130
Gráfica 16 Nivel de facturación para equipos que cumplen la meta de los clientes en general	131
Gráfica 17 Niveles de riesgo de las principales causas del problema antes y después de las mejoras.....	133
Gráfica 18 Notas de satisfacción de los clientes antes y después de la mejora.....	138

Acrónimos y siglas

ANOVA: Analysis of variance (Análisis de varianza)

DFSS: Design for Six Sigma (Diseño para Seis Sigma)

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar

DMADV: Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar

PEPS: “Primero en entrar, primero en salir”

PHVA: Planear, Hacer, Verificar, Actuar

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto

VOC: Voice of the Customer (La voz del cliente)

VSM: Value Stream Map (Mapa de flujo de valor)

VIM: Vocabulario Internacional de Metrología

SI: Sistema Internacional de Unidades

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

Molina Solís, R. (2019). *Reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, para el periodo de mayo del 2018 a febrero del 2019*. San José, Costa Rica.

Este proyecto trata sobre la reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos. Fue desarrollado en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, ubicado en Guayabos de Curridabat, San José, Costa Rica. El estudio se realizó en el periodo de mayo del 2018 a febrero del 2019.

Durante la determinación de la línea base y análisis de causas se evidenció que en los últimos años los equipos que llegan a ser calibrados al laboratorio no se entregan en los tiempos establecidos o requeridos por los usuarios del servicio. Esto ha causado quejas y molestias, hasta llegar a un 60 % de retroalimentaciones negativas correspondientes a este tema.

Actualmente el laboratorio tiene un tiempo de entrega promedio de 22 días para los equipos que se calibran en sus instalaciones, aunque se registraron equipos que tardaron más de 37 días en ser calibrados. Puesto que el tiempo promedio aceptable por los clientes es de 15 días, los servicios han sido calificados con notas de 4 o 5 en una escala de 0 a 10.

Algunas soluciones se refieren al uso de la metodología de mejora de procesos de Seis Sigma, al análisis de procesos y la identificación de las diferentes áreas de mejora, por medio del uso de diferentes herramientas de ingeniería industrial y *Lean Manufacturing*, las cuales pretenden establecer propuestas de mejora en el Departamento de Programaciones, lo que nos llevó a plantear tres soluciones enfocadas en las áreas de control, orden y productividad. Así se consiguió crear un control efectivo sobre los equipos que se encuentran en el laboratorio para el proceso de calibración. Se generó la información necesaria para lograr una toma de decisiones adecuada y oportuna que permitió mejorar el proceso de calibración y la permanencia de los equipos en el laboratorio.

Al analizar los beneficios de estas propuestas se obtiene que, con la aplicación de las herramientas de mejora, se logró establecer el inicio de una cultura de mejora continua en el personal del laboratorio, y se dejaron las bases para mantener el proceso de mejora a través del tiempo.

En cuanto a la implementación, se tiene que se lograron reducir los tiempos promedio de permanencia de los equipos en las instalaciones de MET-CAL de 22 días a 14 días; es decir, se logró una reducción de tiempo de entrega del 92 % de las variables de calibración con las que cuenta el laboratorio en sus instalaciones.

Al producirse esa mejora se eleva el nivel de facturación mensual en un 128 %, gracias a entregar los equipos en menos de 15 días. Además se elevó el nivel de satisfacción de los clientes en un 19.9 %.

Todo esto se logró en un lapso de ocho meses, con una inversión económica para la implementación de soluciones de \$1748.

En conclusión, se puede decir que, con la ayuda de la metodología de mejora de procesos de Seis Sigma, el laboratorio mejoró su tiempo de entrega y logró crear una cultura de mejora que, con seguridad, generará una ventaja competitiva y logrará establecer una diferenciación dentro del mercado, permitiéndole mantenerse a la cabeza en el mercado de la metrología tanto a nivel nacional como internacional.

1.1 Descripción general del proyecto

En los últimos años Costa Rica ha estado esforzándose por ser un país cada vez más competitivo, y por ende, más productivo; la innovación y la mejora continua de los procesos productivos son conceptos cada vez más importantes para enrumbarse en el camino de la productividad y la competitividad a nivel mundial.

Es así como nace un llamado a la industria nacional y a los individuos que participan en ella a ser innovadores. Es una bandera que muchos empresarios han tomado y se han dedicado a trabajar en ello para alcanzar la mejora de sus organizaciones; pero para

realizar esta tarea se requieren métodos, técnicas, así como herramientas de planeación y de diseño.

Todo esto se traduce en técnicas y herramientas de trabajo que buscan crear lenguajes de comunicación para que los grupos de trabajo puedan resolver problemas, y que, además, puedan mejorar procesos o bien diseñar productos o servicios nuevos.

En este sentido, el diseño basado en el ciclo de DMAIC de Seis Sigma (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar) se convierte en una herramienta primordial para la mejora continua de los procesos.

Esto nos lleva a una línea de pensamiento donde buscamos ideas diferentes y únicas, para hallar la solución apropiada a un problema determinado, para que al final se puedan construir mejoras sobre las ideas que surgieron en las etapas previas de esta línea de pensamiento y trabajo.

El presente proyecto de graduación tuvo como escenario a la empresa MET-CAL, que se dedica a la calibración de equipos de medición tanto en las instalaciones del cliente como en sus propias instalaciones. Los equipos que ingresan al laboratorio para pasar por el proceso son identificados y almacenados para su debida ambientación térmica; luego se procede a programar su calibración y al final se entregan al cliente con su correspondiente certificado de calibración.

Para MET-CAL la recuperación del dinero se torna lenta, ya que los equipos se quedan casi por un mes o más en el laboratorio, y como la organización trabaja a crédito de treinta a sesenta días, esto provoca que la captación de efectivo se tarde de sesenta a noventa días.

Dadas estas circunstancias, se decidió trabajar en la agilización de este proceso productivo utilizando la metodología de mejora de procesos de Seis Sigma y Lean Manufacturing. Se tendrán dos etapas principales: el diagnóstico y el diseño.

En la etapa de diagnóstico se trabajó con las tres primeras fases del ciclo de DMAIC: definir, medir y analizar; es decir, una vez definido el problema se realizó una

evaluación de la situación actual de la organización y del problema como tal, para luego realizar la identificación de las causas raíz del problema planteado.

Al ejecutar la etapa de diseño se desarrollaron las dos restantes fases (mejora y control del ciclo de DMAIC), en las cuales se generaron alternativas de solución y se establecieron controles y cambios que permitan mantener la mejora planteada.

Para el desarrollo de este proyecto se siguió la línea de investigación de operaciones industriales encaminada a la optimización de los procesos, la programación de la producción y la mejora de la productividad, la efectividad y la estandarización de este servicio de calibración de instrumentos en las instalaciones del laboratorio.

Este proyecto también sigue la línea de calidad, pues se pretende reducir la variabilidad del proceso, así como satisfacer y superar las necesidades, exigencias y expectativas de los clientes y usuarios del servicio. De igual manera, se busca reducir los costos por la no calidad y aumentar la oportunidad del negocio generando valor agregado al servicio. En suma, entregar un servicio donde se tengan clientes debidamente atendidos y servicios prestados en los plazos establecidos.

1.2 Identificación de la empresa

1.2.1 Ubicación geográfica

El proyecto se llevó a cabo en MET-CAL Engineering Services S.A., organización ubicada en Guayabos de Curridabat, 250 m oeste del Fresh Market, diagonal al Crossfit 506, San José, Costa Rica, tal como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1 Ubicación del laboratorio de calibración MET-CAL



Fuente: Google Maps.

1.2.2 Reseña histórica

MET-CAL Engineering Services es un laboratorio de calibración secundario, según los registros del sistema de información empresarial costarricense (SIEC). De conformidad con el artículo 3, inciso m) de la ley n°6054, la organización se clasifica como pequeña empresa del sector industria manufacturera, según la clasificación internacional industrial uniforme (CIU).

MET-CAL fue fundado en el 2003 por un grupo de profesionales con experiencia de más de 15 años en el control y aseguramiento de la calidad y la metrología en industrias reguladas por organizaciones como International Standards Organization (ISO), Food and Drug Administration (FDA) y Federal Aviation Administration (FAA). Desde sus inicios, el laboratorio MET-CAL se ha enfocado principalmente en suplir servicios de calibración y asesoría en metrología para las industrias que brindan productos y servicios con especificaciones para cumplir con las normativas ISO 9000 y

relacionadas, las normativas de la FAA en la industria aeronáutica, o las de FDA en la industria farmacéutica y de dispositivos médicos.

En el año 2005, la gerencia se propone la formalización de los servicios de calibración de instrumentos tanto en su laboratorio como *in situ*, como un laboratorio metrológico de segundo nivel organizado bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005: Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.

En el 2011 el laboratorio recibe la acreditación por parte del Ente Costarricense de Acreditación (ECA), como Laboratorio Secundario de Calibración en las magnitudes de masa, volumen, temperatura, presión, variables eléctricas, equipos de pesaje y dimensional. En el año 2012 se realiza la ampliación del alcance de acreditación en magnitudes como tiempo, humedad relativa y pH.

Actualmente MET-CAL Engineering Services cuenta con personal técnico multidisciplinario, con experiencia acumulada en más de 100 000 calibraciones de equipos como:

- **Presión**

- ✓ Manómetros con indicación digital y analógica hasta 5000 psi.
- ✓ Manómetros diferenciales.
- ✓ Transmisores y switches de presión.
- ✓ Vacuómetros (presión negativa).

- **Temperatura**

- ✓ Termocuplas, RTD.
- ✓ Termómetros de líquido en vidrio.
- ✓ Termómetros e indicadores digitales.
- ✓ Simuladores de temperatura.
- ✓ Hornos.
- ✓ Incubadoras.
- ✓ *Chart recorders* (registradores gráficos).

- ✓ *Dataloggers, datatracers, etc.*

- **Tiempo**
 - ✓ Cronómetros, temporizadores.

- **Dimensional**
 - ✓ Reglas.
 - ✓ Cintas métricas.
 - ✓ *Pin gages*.
 - ✓ Fijaciones.
 - ✓ Micrómetros.
 - ✓ Vernier.
 - ✓ Indicadores de carátula.
 - ✓ Comparadores ópticos.
 - ✓ Medición de dispositivos.

- **Velocidad**
 - ✓ Lineal y angular (RPM).

- **Variables eléctricas**
 - ✓ Multímetros con medición de resistencia, corriente y voltaje AC y DC.
 - ✓ Resistencias y medidores de resistencias.
 - ✓ Fuentes de corriente y de voltaje AC/DC.
 - ✓ Conductancias.
 - ✓ Osciloscopios.
 - ✓ Frecuencia.

- **Humedad relativa**
 - ✓ Registradores gráficos con instalación de sensores de señales eléctricas.

- ✓ Monitores y transmisores.
- ✓ Medidores de condiciones ambientales.

- **Masa y fuerza**
 - ✓ Básculas y balanzas.
 - ✓ Calibración de masas patrón.
 - ✓ Medidores de fuerza.
 - ✓ *Torque analyzers* (analizadores de torque) y *torque screwdrivers* (destornilladores de torque).

- **Volumen**
 - ✓ Pipetas y dosificadores.
 - ✓ Balones aforados.
 - ✓ Buretas.
 - ✓ Micropipetas.

- **pH y conductividad**

- **Viscosidad**
 - Viscosímetros.
 - Copas.

- **Radiometría y fotometría**
 - Radiómetros.
 - Luxómetros

- Además, distribuyen, brindan mantenimiento y calibran los equipos de medición por visión de la marca Micro-Vu. El laboratorio es el distribuidor de la marca para Centroamérica, el Caribe y algunos países de Suramérica.

Para más información y detalle de los servicios de calibración que ofrece el laboratorio se puede ver el listado de equipos en el Anexo 1.

MET-CAL ha brindado servicios de calibración a compañías internacionales y nacionales, cuyo campo de aplicación comprende:

- ✓ Industria médica
- ✓ Industria farmacéutica
- ✓ Industria alimentaria
- ✓ Industria de productos de consumo de higiene y salud
- ✓ Industria de dispositivos electrónicos y tecnológicos
- ✓ Metalmecánica.

La organización ofrece servicios dentro y fuera del territorio nacional; internacionalmente se desempeña para clientes de Centroamérica, el Caribe, Colombia y Chile.

1.2.3 Visión de la organización

Ser una empresa líder en el campo de la metrología en Latinoamérica.

1.2.4 Misión de la organización

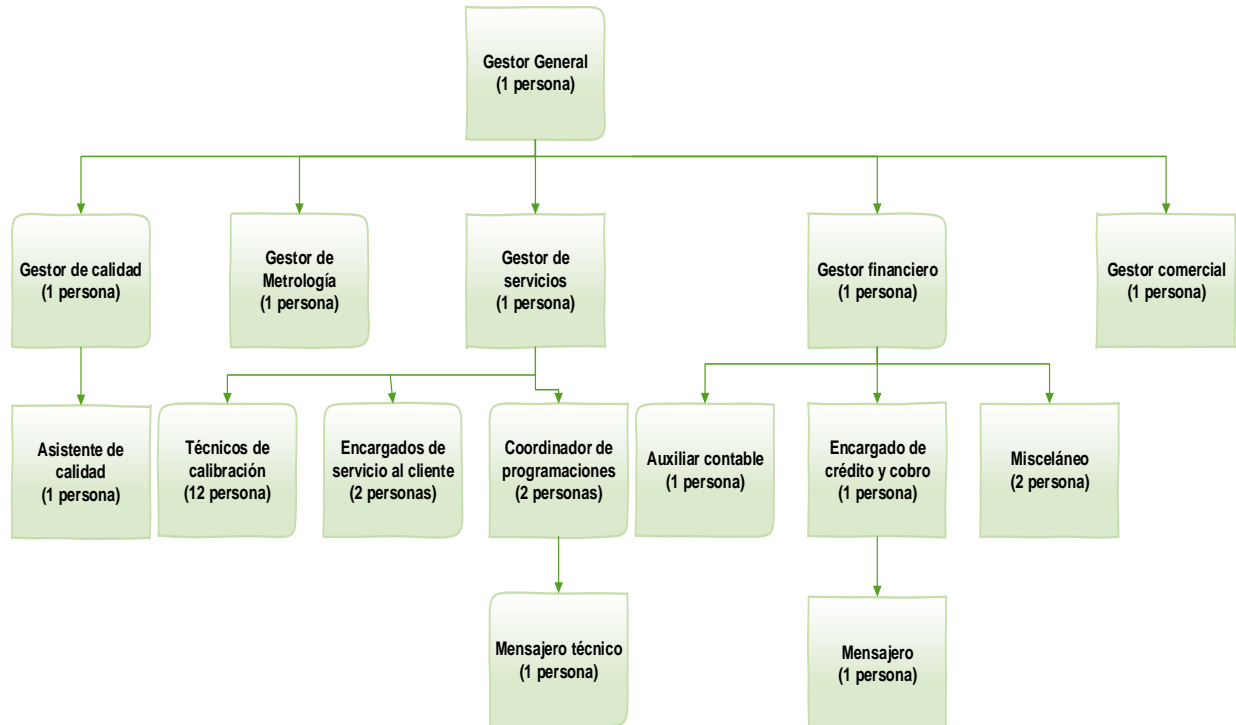
Brindar bienes y servicios metrológicos de alto nivel y confianza.

1.2.5 Estructura organizativa

La organización cuenta con 29 colaboradores, los cuales están distribuidos en departamentos tales como: Gerencia, Calidad, Ventas, Finanzas, Aseo, Servicio al Cliente, Programación de Servicios y Departamento Técnico.

En la Figura 2 se despliega el organigrama de la empresa donde se pueden apreciar sus diferentes departamentos.

Figura 2 Organigrama del laboratorio de calibración MET-CAL



Fuente: Manual de calidad MC-MC versión 11.

La organización cuenta con un Gestor General, que se encarga de toda la administración de la empresa; además el Departamento de Calidad, conformado por el Gestor de Calidad y su asistente, se encarga de todo lo concerniente a mantener la acreditación y manejar el sistema de gestión de calidad del laboratorio. Por otra parte, se cuenta con un Gestor de Metrología, quien se encarga del aseguramiento de calidad del departamento técnico, es el responsable de velar por el mantenimiento de los equipos patrón, así como el proceso de validación de métodos; asiste al Departamento de Calidad con las labores técnicas del sistema de gestión de calidad.

Asimismo, MET-CAL dispone de un Gestor de Servicios, el cual tiene a su cargo a los técnicos de calibración, el Departamento de Servicio al Cliente y el Departamento de

Programaciones. Es responsable de los servicios que brinda el laboratorio, desde que se cotiza y se programa el servicio, se realiza la calibración y se envía el certificado al cliente. Está encargado de la mejora continua de los servicios y de velar por las necesidades, requerimientos e inquietudes de los clientes del laboratorio.

El Departamento de Servicio al Cliente está integrado por dos personas, quienes son las responsables de realizar las cotizaciones y atender los pedidos de servicios que realizan los clientes. El Departamento de Programaciones cuenta también con dos integrantes, encargados de contactar a los clientes y coordinar los servicios de calibración; en este departamento se cuenta con un mensajero técnico que se encarga de las recolectas y devoluciones de los equipos que son calibrados en las instalaciones de MET-CAL. Finalmente, el Departamento Técnico consta de doce técnicos de calibración que son los encargados de ejecutar las calibraciones, ya sea en las instalaciones del cliente o en las del laboratorio.

La organización cuenta con un Gestor Financiero, el cual se encarga del manejo de las cuentas y vela por el buen desempeño de las finanzas de la empresa. Tiene a su cargo el Departamento Financiero Contable, el cual está conformado por un contador privado que le brinda servicio al laboratorio, además de un auxiliar contable, que colabora con el contador y se encarga del manejo de la planilla. Además, supervisa al mensajero que se encarga del trámite de facturas y la mensajería general del laboratorio; este servicio de mensajería se subcontrata. Dentro del departamento se tiene un encargado de crédito y cobro, que es responsable de la facturación.

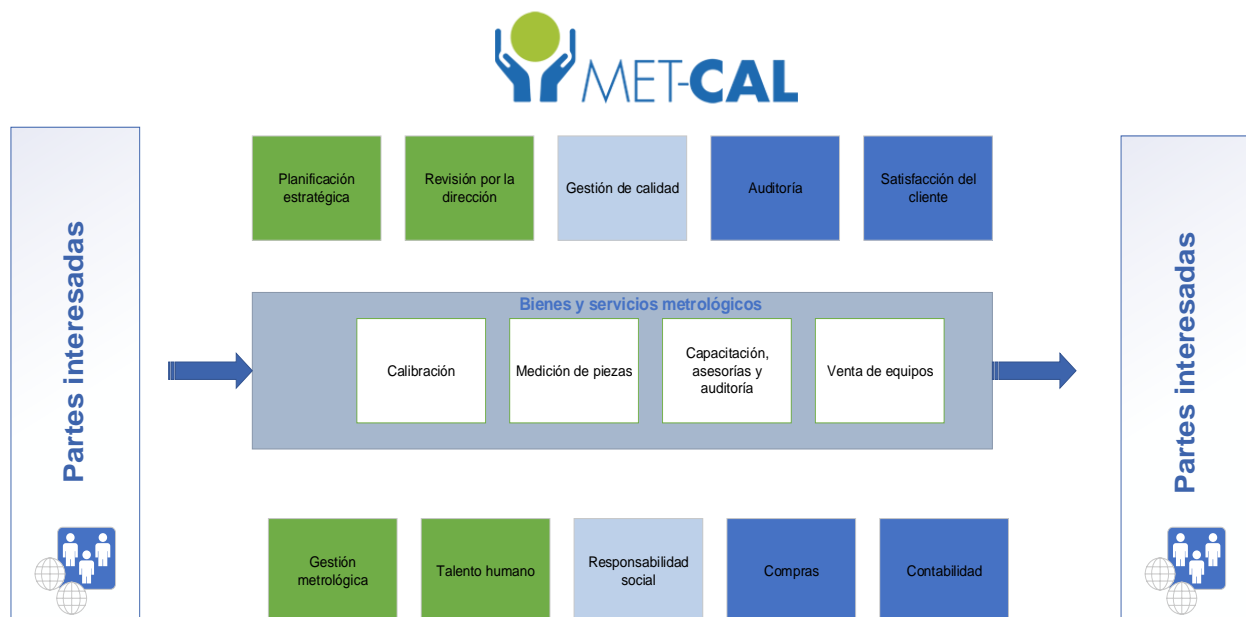
El Gestor Financiero tiene a su cargo también a las dos personas que laboran como misceláneos y se encargan de la limpieza de las instalaciones.

Recientemente el laboratorio ha creado la plaza de Gestor Comercial, que también tiene la función de asesor comercial. Esta persona es la encargada de las ventas y de participar en las licitaciones.

El laboratorio de calibración se encuentra en fase de modificación de su sistema de gestión de calidad, para pasar a un enfoque por procesos, donde contará con procesos

de gestión, procesos productivos y procesos de apoyo, como los que se pueden apreciar en la Figura 3.

Figura 3 Mapa de procesos del laboratorio de calibración MET-CAL



Fuente: Manual de calidad MC-MC versión 11.

El proyecto se enfocará en el proceso de calibración de equipos de medición en las instalaciones del laboratorio. Dicha labor se ejecuta en el Departamento de Programaciones, en donde laboran dos colaboradores, que reciben las órdenes de trabajo previamente aprobadas por los clientes. Este departamento coordina la recolecta de los equipos que deben ser calibrados en las instalaciones de MET-CAL; después, con la ayuda de un calendario de Outlook, se asignan los recursos para ejecutar la actividad de calibración. Dichos recursos son los técnicos de calibración, los equipos patrón que requieren y el laboratorio donde se efectúa el proceso (cabe mencionar que las instalaciones de MET-CAL cuentan con 6 laboratorios o espacios acondicionados para ejecutar diferentes tipos de calibración).

En la Figura 4 se muestra una parte de las instalaciones de MET-CAL. El laboratorio está conformado por tres edificios: el edificio #1 corresponde al área de laboratorios y

las oficinas de coordinación de servicios, en el edificio #2 se ubican las oficinas de gerencia, y en el edificio #3 están el Departamento Financiero Contable, Departamento Comercial y Departamento de Calidad, así como el comedor. En la figura también se puede apreciar la zona de estacionamiento.

Figura 4 Visión general de laboratorio MET-CAL



Fuente: El autor.

1.3 Planteamiento del problema

Actualmente el laboratorio se dedica a la calibración de instrumentos de medición, y está teniendo un severo atraso en la entrega de los equipos que llegan a ser calibrados en sus instalaciones, lo cual provoca que los cronogramas de calibración de los clientes se vean afectados. Inclusive el laboratorio ha perdido clientes por esta situación.

La Gerencia recibe constantes quejas de sus clientes pues no se ha logrado una mejora significativa en la reducción de los tiempos de permanencia de los equipos en el

laboratorio de calibración pese a que se han planteado algunas soluciones al problema. Esta ausencia de resultados positivos ha despertado una legítima preocupación en la Gerencia General del laboratorio.

La propuesta de mejora a este problema consiste en la reducción del tiempo de prestación de servicios para las calibraciones de instrumentos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL.

1.3.1 Justificación

Desde hace más de un año se han presentado varias quejas en el sentido de que los equipos que llegan al laboratorio para su proceso de calibración tardan más de una semana en ser calibrados y entregados de nuevo al cliente. Los encargados de programar el servicio en las instalaciones de MET-CAL no llevan un control consistente sobre el tiempo que tardan o permanecen los equipos en la empresa; únicamente en ocasiones levantan una hoja de cálculo en Excel llamada “control de equipos en el laboratorio”. De este documento se logró extraer información que permite detectar que en el laboratorio se calibran por mes aproximadamente 520 equipos, los cuales tienen una permanencia promedio de 21.78 días. El 63.28 % de los equipos superan más de 7 días de permanencia en el laboratorio.

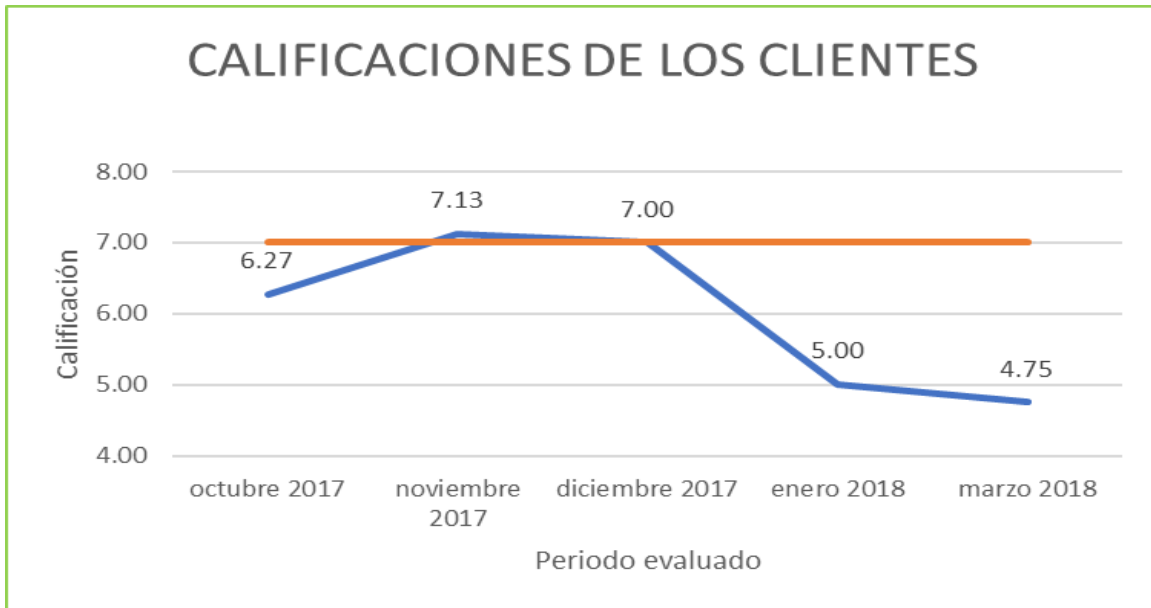
La organización tiene una meta de entrega de 7 días para todos los equipos que ingresan a ser calibrados en sus instalaciones, pero hay equipos que han tardado más de treinta días en este proceso. Naturalmente, esto ha causado una serie de molestias, multas y pérdidas de clientes; se estima que el laboratorio ha dejado de percibir al menos 25 000 000 de colones al año por esta problemática, así como una pérdida de dinero por equipos que no se calibran a tiempo. Es decir, el laboratorio trabaja con crédito de 30 a 60 días, y en el caso de que los equipos permanezcan por casi 30 días en el laboratorio, esto ocasiona que la recuperación del dinero se haga en un periodo de 60 a 90 días, afectando fuertemente el flujo de caja de la organización. Además, muchas de las órdenes de compra se deben facturar completas para poder cobrar, y el

problema se da cuando algunos equipos se calibran en menos de 30 días y otros no, lo que hace que los equipos que se calibraron a tiempo se agreguen a la cola de pendientes, agravando más la situación de demora en la recuperación del capital.

El panorama se complica aún más porque si los equipos tienen una permanencia tan prolongada (de 30 a 60 días) en las instalaciones de MET-CAL, se incrementa el riesgo de deterioro, de pérdida o de sufrir algún accidente como una caída o golpe. Es decir, existen equipos muy costosos que se almacenan y están bajo la responsabilidad del laboratorio, y en caso de un accidente la organización debe asumir plenamente el costo por daños de ese equipo.

De las retroalimentaciones negativas que el laboratorio recibe de los clientes, aproximadamente el 60 % se refieren al tiempo que tardan los equipos en ser calibrados en sus instalaciones, según se extrae de la encuesta de satisfacción que el Departamento de Calidad aplica a cada servicio que se brinda. En dicho instrumento los clientes pueden expresar su inquietudes, quejas y felicitaciones; además tienen la posibilidad de evaluar el desempeño del laboratorio en una escala de 0 a 10 (una calificación de 7 o menor se convierte en una retroalimentación negativa). En el periodo que comprende de octubre del 2017 a marzo de 2018, las calificaciones por el tiempo que permanecen los equipos en sus instalaciones no supera la nota de 7, y esa calificación va en descenso, tal como se puede apreciar en la Gráfica 1.

Gráfica 1 Calificación recibida por el laboratorio en el periodo de octubre 2017 a marzo 2018



Nota: Para el mes de febrero del 2018 no se encontró registro alguno de la actividad.

Fuente: El autor.

La Gerencia toma la decisión de atacar el problema; es acá donde surge la necesidad de realizar este proyecto, pues las quejas constantes de los clientes ocasionan una mala imagen para el laboratorio, posibles pérdidas de contratos y un estrés general en los colaboradores del laboratorio. Al lograr corregir el problema se podría reducir la insatisfacción de los clientes hasta en un 60 %, además de recuperar alrededor de \$18000 en 60 días en lugar de 90 días.

Se tendría una ventaja competitiva en el mercado al mejorar los tiempos de entrega de equipos calibrados en el laboratorio, ya que los clientes necesitan que los equipos no estén por más de una semana fuera de sus instalaciones. Se convierte en una oportunidad de negocio, ya que los demás laboratorios de calibración tienen problemas similares y sus tiempos de entrega superan los 15 días, según datos que maneja la Gerencia de la organización y que son aportados por los mismos clientes.

Esta mejora apoya algunos de los objetivos del plan estratégico, concretamente el aumento de la productividad; además, se generaría un impacto positivo a nivel económico de la organización y se elevaría la moral de los colaboradores. Con esto se realiza un aporte al compromiso de la Gerencia General con la mejora continua y la búsqueda de la excelencia operacional.

La implementación de este proyecto beneficiará a la organización, pues es una oportunidad de proporcionar herramientas para la mejora de uno de los procesos, el cual al funcionar correctamente o con los parámetros esperados, hará que se puedan replicar los esfuerzos en los demás procesos productivos de la organización.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Reducir el tiempo de calibración de los equipos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, a través de la aplicación de la metodología de mejora de procesos de Seis Sigma, para la mejora de la productividad y el logro de una diferenciación en el mercado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las principales causas por las cuales los equipos tardan más de lo esperado en ser calibrados en las instalaciones del laboratorio MET-CAL.
- Implementar soluciones que promuevan la disminución de los tiempos enfocadas en las principales causas identificadas en el objetivo anterior.
- Establecer los mecanismos de control que permitan mantener los resultados de mejora obtenidos.

1.5 Alcances

El proyecto se desarrolló en el periodo comprendido de mayo del 2018 a febrero del 2019. Se trabajó en el Departamento de Programaciones y con los equipos que llegaron a ser calibrados en las instalaciones del laboratorio.

El proyecto comprendió desde que los equipos llegaron a las instalaciones de MET-CAL hasta que finalizó la calibración y fueron preparados para retornarlos a los clientes.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

El proceso de calibración consiste en comparar las lecturas de medición del instrumento bajo calibración con las lecturas del equipo patrón; esto con el objetivo de obtener una corrección de las lecturas indicadas por el instrumento de medición, junto con su respectiva incertidumbre de medición.

MET-CAL está denominado como un laboratorio de calibración secundario según la estructura general de metrología, donde la trazabilidad se disemina desde el SI (Sistema Internacional de Unidades) hasta los equipos que utilizan las diferentes personas en la industria para desarrollar sus actividades diarias. En la jerarquía después del SI se encuentran los laboratorios metrológicos nacionales, y en segundo plano los laboratorios de metrología legal y al mismo nivel los laboratorios de calibración secundarios como MET-CAL. Esta jerarquía se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5 Estructura general de la metrología



Fuente: Curso de metrología básico MET-CAL.

Para el desarrollo de la propuesta de este proyecto se utiliza la filosofía de Seis Sigma y la aplicación de la metodología de DMAIC. Con estos conceptos se asume el reto de la mejora de un proceso productivo, que debe ser un norte para la industria costarricense, donde se pretende generar acciones de prevención para evitar acciones de corrección que se pueden producir constantemente.

El concepto de Seis Sigma es utilizado de diferentes formas, notablemente como herramienta de *benchmarking* o parámetro para comparar el nivel de calidad de los procesos, operaciones y productos; acá se integra el factor humano con las herramientas de mejora, como por ejemplo la estadística. Con el concepto de Seis Sigma se busca llegar a cero fallas o cero defectos.

Seis Sigma como métrica es una medida para cierto nivel de calidad; es decir, cuanto mayor el número de sigmas mejor es el nivel de calidad y menor es el número de no conformidades en el proceso productivo. Si el concepto se toma como filosofía, entonces se ve como un proceso de mejora continua de las variables del proceso, donde se busca la reducción de la variabilidad.

Cuando se utiliza como concepto estadístico, se analiza o se calcula para cada variable crítica de calidad del proceso con el fin de evaluar el rendimiento. Como se mencionó, su objetivo es la búsqueda de la reducción de la variabilidad, los defectos, los errores y las fallas, y de esta manera poder superar las expectativas, principalmente del cliente.

“La filosofía de Seis Sigma ayuda a conocer y comprender mejor los procesos, de tal manera que pueden ser mejorados reduciendo todos aquellos elementos que agregan costos innecesarios y eliminando todos aquellos que agregan poco o ningún valor al producto final” (Acuña, 2012).

En cuanto a la metodología DMAIC, se puede decir que es uno de los conceptos más aplicados en los estudios realizados con Seis Sigma, donde se busca la fuente de la variabilidad, con el objetivo de reducirla o eliminarla.

El significado de DMAIC es el siguiente: Definir, Medir, Analizar, I (del inglés *Improve*, 'mejorar') y Controlar. DMAIC es una modificación de PHVA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

Se considera que esta metodología es una modificación del ciclo de Deming que estudia la variabilidad en el análisis de problemas. En el ciclo de Deming se involucran cuatro fases: Planear, Hacer, Controlar y Actuar, conocido como el ciclo PHCA (PDCA en inglés); en la etapa de planear se analiza el problema y se diseña la solución, en la fase de hacer se implementa la solución, en la fase de control se analizan los resultados y se evalúan los impactos de los cambios, y en la fase de actuar, si los cambios son positivos, se instaura, y en el caso contrario, se vuelve a la fase de planear.

Al trabajar con la metodología de DMAIC, en la etapa de definición se busca identificar las oportunidades de mejora, el alcance y los responsables del proceso, así como delimitar el problema, los requisitos y los objetivos. De esta manera se logra definir un plan. Para esta etapa de definir se utilizan herramientas como la caracterización del proceso, con la cual se pueden identificar las condiciones o elementos que intervienen (quiénes son los participantes en él, sus etapas, lo que se hace, los controles y las herramientas); también se identifica qué relaciones tiene este proceso con los demás procesos productivos. En la Figura 6 se suministra un ejemplo de caracterización de un proceso y los elementos que lo conforman.

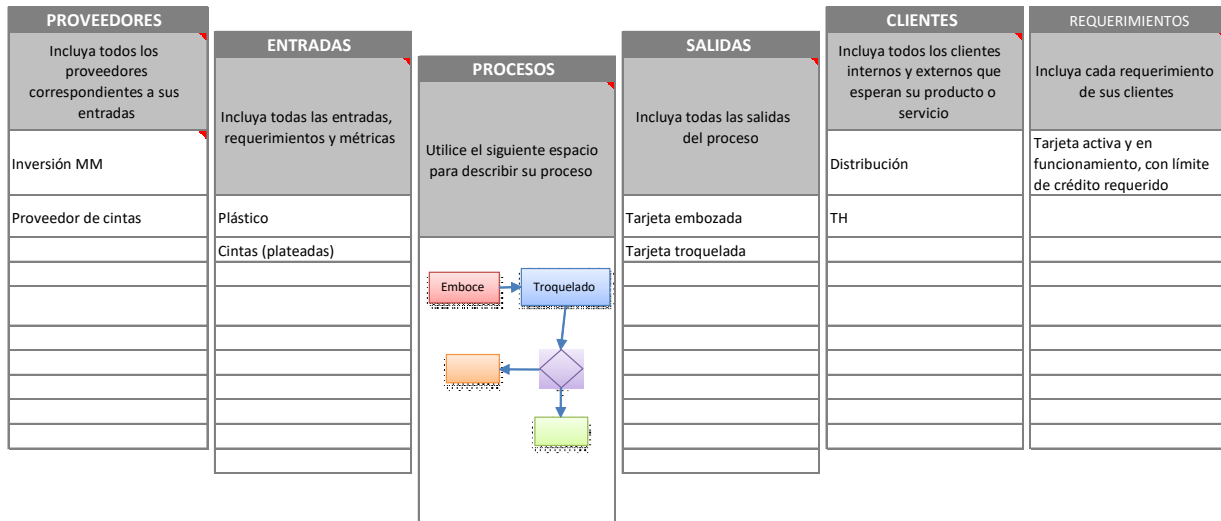
Figura 6 Ejemplo de caracterización de un proceso

Objetivo del proceso:	
Dueño del proceso: Dueño del macroproceso; en este caso la asignación de dueños es una actividad requerida. Ej.: Luis Benavides en el macroproceso de modelo de gobierno.	Gestores: Soportes directos del dueño de proceso. En este caso puede ser más de una persona. Ej.: un operario en macroproceso de modelo de gobierno en el proceso de caracterización.
Área/Canal/Cargo/Categoría: Gerencia de productividad.	Proveedores asociados: Nombre de los proveedores asociados con el proceso y, de ser posible, relacionados con los servicios críticos.
Factores críticos de éxito: Indica actividades o condiciones que deben darse para que el proceso se aplique con éxito. Por ejemplo, si hablamos del modelo de gobierno y el proceso de caracterización, es crítico que se realice el despliegue en países y se brinde la inducción necesaria a los responsables.	Indicadores clave de desempeño utilizados: Se asumen y comprenden indicadores de desempeño, indicadores de riesgo existentes y MCI o CTQ.
Inicio del proceso: Comprende el inicio y detonantes.	Fin del proceso: Fin y acciones relacionadas al proceso.

Fuente: El autor.

Una vez que se logra conocer de forma general el proceso en estudio, es adecuado conocer los proveedores, las entradas, las etapas, las salidas y los clientes del mismo, para así comprender y conocer por completo cómo se desarrollan las actividades. Para esto se puede utilizar el diagrama de SIPOC, que es un formato tabular para conocer las actividades clave. En la Figura 7 se proporciona un ejemplo de SIPOC.

Figura 7 Ejemplo de diagrama SIPOC



Fuente: El autor.

Una vez que se conoce de forma general el proceso en estudio, se puede profundizar más en las actividades que se ejecutan en él. Es por ello que se puede llegar a ese nivel de detalle con el uso de los diagramas de flujo o diagramas de actividades, que son una representación gráfica de un proceso. La

Figura 8 constituye un ejemplo de diagrama de actividades.

Cuando se habla de medición se deben identificar y priorizar los requisitos de los clientes del proceso; con miras a ello se desarrollan mediciones y validaciones de los sistemas de medición, además se establece la capacidad de los procesos y se seleccionan los objetivos para la mejora. Asimismo, en la búsqueda de información se ejecutan las caminatas *gemba*: actividad que procura ir al lugar de trabajo, ver lo que sucede, preguntar por qué se hacen las acciones de esa manera y principalmente mostrar respecto hacia los que participan en el proceso. Si con estas caminatas se logran identificar problemas de las personas, se convierten en un ejercicio de comunicación y una búsqueda de actividades que no agregan valor.

Para la etapa de medición es necesario recolectar todos los datos y situaciones que se presentan en el proceso, con ánimo de reunir la máxima información posible para realizar una adecuada toma de decisiones. Un óptimo plan de recolección de datos permite establecer lo que se quiere buscar, en dónde buscarlo, qué información se requiere recopilar e inclusive con qué frecuencia recolectar la información; las fuentes de información, técnicas e instrumentos. En la Figura 9 se muestra un ejemplo de plan de recolección de datos.

Figura 9 Ejemplo de un plan de recolección de datos

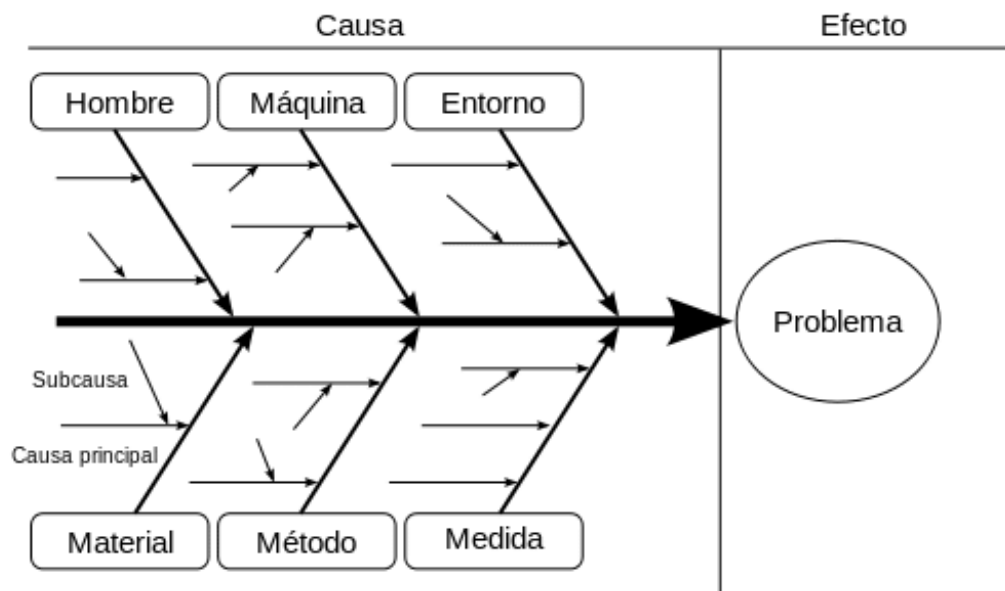
(1) Preguntas a ser contestadas	(2) Nombre del dato requerido	(3) Definición operacional	(4) Mediciones relacionadas (Estratificación)	(5) Plan de recolección
				Dónde:
				Cuándo:
				Quién:
				Cómo:

Fuente: El autor.

Al realizar el análisis se definen los objetivos de mejora y se generan los mapas de los procesos, con el objetivo de identificar las etapas críticas; también se realizan los análisis estadísticos. Esta etapa nos permite hacer una evaluación de las causas del problema para poder determinar cuáles son las más relevantes; en este sentido se utiliza el diagrama de Ishikawa como una representación gráfica de las principales

causas que explican un problema determinado, con el propósito de tomar acciones. En la Figura 10 se brinda un ejemplo de diagrama de Ishikawa.

Figura 10 Ejemplo de diagrama de Ishikawa



Fuente: <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>

Además, se utilizará la matriz de probabilidad-impacto, que es una herramienta de análisis cualitativo que nos permite evaluar el riesgo de un proyecto en función de la probabilidad de ocurrencia y las repercusiones que pueden generar. La matriz está formada por dos ejes: en el eje vertical se evalúa la probabilidad y en el eje horizontal se evalúa el impacto del riesgo sobre los objetivos del proyecto. El riesgo total se

obtiene al multiplicar la probabilidad por el impacto. Este tipo de matriz permite priorizar de forma visual los riesgos, para identificar más claramente a los que se les debe prestar más atención y así poder establecer las medidas de respuesta para minimizar el impacto de las causas en los resultados.

En la fase de mejora o implementación se definen las etapas críticas y sus objetivos, se pueden llegar a definir tolerancias, y se identifican necesidades de mejora para luego verificar los progresos realizados. Para esto se puede trabajar con el formato A3, que es una herramienta que facilita el aprendizaje, da una ruta para las acciones de mejora, facilita la solución del problema y permite que todo el equipo de trabajo lo visualice desde la misma perspectiva. En la Figura 11 se ofrece un ejemplo de formato A3.

Figura 11 Ejemplo de formato A3

The diagram illustrates the A3 report format, which is a structured tool for problem-solving. It consists of the following sections:

- Title:** A field for the report's title.
- Owner/Date:** A field for the owner's name and the date.
- 1. Background: What are you talking about and why?** A section for describing the problem and its context.
- 2. Current Conditions: Where do things stand now?** A section for detailing the current state of the process.
- 3. Goal: What specific outcome is required?** A section for defining the target outcome.
- 4. Analysis: Why does the problem or need exist?** A section for identifying the root causes of the problem.
- 5. Recommendations: What do you propose and why?** A section for proposing solutions and justifying them. An arrow points from section 4 to this section.
- 6. Plan: How will you implement? (4Ws, 1H)** A section for detailing the implementation plan using the 4Ws (Who, What, Where, When) and 1H (How).
- 7. Followup: How will you ensure ongoing PDCA?** A section for describing the follow-up actions to ensure the plan is implemented and the problem is resolved.

Fuente: <http://www.progressalean.com/a3-report-herramienta-lean-manufacturing-de-resolucion-de-problemas/>

Cuando se controla, se deben desarrollar planes e implementar controles, verificar la capacidad del proceso, además de identificar oportunidades, así como documentar y monitorear el desempeño. Para esta etapa se pueden definir indicadores, responsables de los mismos, frecuencias de recolección de la información y quién o quiénes toman decisiones con la información recolectada de los indicadores. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de plan de control con los elementos antes mencionados.

Figura 12 Ejemplo de plan de control

Descripción general		Características		Métrica		Tamaño de la muestra		Método de control	
Número	Descripción del proceso	Producto	Proceso	Especificación / Tolerancia	Técnica de medida	Tamaño	Frecuencia	Actividad de control	Plan de reacción

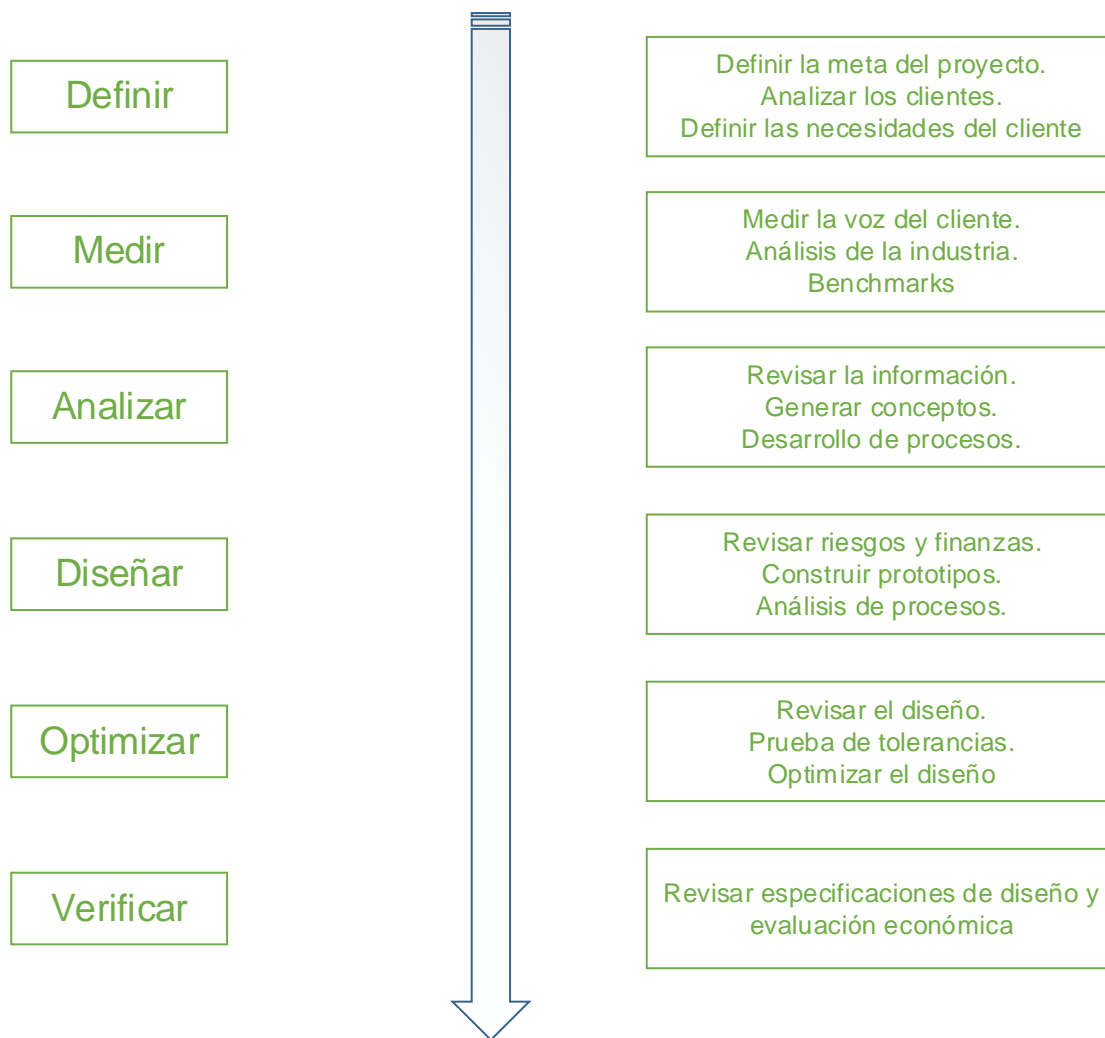
Fuente: El autor.

“El Diseño para Seis Sigma (DFSS) es la aplicación de herramientas y métodos de Seis Sigma para diseñar o rediseñar productos o servicios de una forma ordenada y medida. La intención del Diseño para Seis Sigma es crear nuevos productos o servicios con altos niveles de calidad para cada requerimiento de los clientes. Se diseña con alta confiabilidad antes del lanzamiento y se minimiza la necesidad de arreglos después de la implementación” (Chavarría, 2016).

DFSS generalmente se enfoca en el mercadeo, la investigación y el diseño; es decir, DFSS considera la metodología DMAVD (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar) como herramienta de trabajo. DMAIC se enfoca más en la relación del producto con el cliente; por ello la voz del cliente (VOC) se convierte en la base del análisis, de forma que DMAIC se dedica más a detectar y resolver problemas de productos y servicios ya existentes.

Las seis fases de DFSS se hallan presentes en la Figura 13.

Figura 13: Fases de la metodología Diseño para Seis Sigma



Fuente: Acuña (2012), página 813.

En este proyecto se empleó la metodología de Lean Manufacturing, aplicada a una empresa de servicios como es MET-CAL. El término “*lean*” designa a algo esbelto, y aplicado a una empresa significa que en ella los procesos fluyen de manera ágil y sin complicaciones. Este término fue utilizado por primera vez en el ámbito empresarial en 1988 por John Krafcik.

Lean es un sistema de gestión y una filosofía que cambia la forma en que una empresa se organiza. Le permite mejorar la calidad de la atención al cliente mediante la reducción de los errores y los tiempos de espera; de esta manera ayuda a eliminar obstáculos y permite al personal centrarse en el servicio o el producto.

Por lo tanto, *Lean* es un sistema de métodos que visualizan el tiempo que pasa desde que un cliente emite una orden hasta que se recolecta el efectivo, y busca reducir este tiempo haciendo énfasis en la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor tanto en la operación frente al cliente como en los servicios de soporte de la organización.

Lean trabaja sobre la filosofía de que los colaboradores de una organización trabajan sintiendo que los valores de la empresa se viven y se practican a cada minuto.

Lean Manufacturing utiliza una serie de herramientas las cuales podemos apreciar en la Figura 14.

Figura 14: Herramientas para Lean Manufacturing

HERRAMIENTAS PARA LEAN MANUFACTURING				
TPM	JIT	Flujo	Kanban	
Poka-Yoke		Autoinspección		Jidohka
Punto de uso		Menor tamaño de lote		Cambios rápidos
Distribución	Trabajo estándar	Visual	5S	VSM
Gestión de cambio		Equipos de trabajo		

Fuente: Chavarría (2016).

La metodología *Lean* se fundamenta en dos pilares, el primero es la reducción total de los desperdicios (*mudas*, en idioma japonés), que son cualquier actividad que no agregue valor al cliente; problemas que aparecen constantemente y que interfieren en el trabajo y servicio al cliente. Y sobre el pilar del respeto por las personas, *Lean* es un sistema que les exige a los colaboradores lo mejor de cada uno, pero sin trabajar en exceso; es decir, trabajar justo lo necesario para cumplir con la necesidad del cliente. Cuando se habla de “respeto”, este va dirigido también a los clientes, proveedores, socios y la comunidad.

En *Lean* se conocen ocho fuentes de las *mudas*: sobreproducción, inventario, movimiento, esperas, transportes, sobreprocesamiento, defectos, y talento humano no utilizado.

La sobreproducción se refiere a hacer más de lo que el cliente requiere o que está dispuesto a pagar. El inventario es innecesario y tiene un alto costo financiero. Los movimientos pueden causar deterioro y desperdicio cuando los realizan los

colaboradores en el sistema. Las esperas consisten en eventos o actividades que deben esperar otro evento o actividad. Los transportes pueden ser movimientos innecesarios de la información, materiales o documentos. El sobreprocesamiento es hacer trabajo no valorado por el cliente o bien causado por las definiciones de calidad no valoradas por el cliente. Los defectos se pueden considerar como un tiempo dedicado a hacer algo incorrectamente, o tiempo que se invierte en inspección de errores. El talento subutilizado es un desperdicio o pérdida al no lograr comprometer a los colaboradores en el desarrollo y ejecución del proceso, o bien no escuchar sus ideas o apoyar sus carreras.

Al trabajar con esta metodología se tiene como objetivo principal un flujo continuo donde el cliente sea el que hale; disponer dentro de la organización de una administración visual donde se puedan evidenciar los problemas, además de tener miembros de equipos involucrados y comprometidos con la mejora continua.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

Al trabajar con DMAIC se busca definir el problema y también cuantificarlo. Se deben conocer las expectativas del cliente, ya sea interno o externo, así como sus necesidades; se analiza el desempeño actual del proceso y las afectaciones que tiene sobre el cliente. Además, deben establecerse las oportunidades de mejora, y seleccionar las herramientas que serán aplicadas durante el desarrollo del proyecto. Una vez delimitadas las variables que afectan la calidad, se define cómo interactúan o modifican el proceso, para poder intervenir en ellas y lograr la mejora del proceso en estudio.

Para cada fase del DMAIC se tienen varios objetivos, técnicas y/o documentos que se pueden usar para el análisis, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Objetivos, técnicas y documentos usados en la aplicación de la metodología DMAIC

Fase	Objetivo	Técnica o documento
Definir	Definir el problema, establecer limitaciones, establecer métricas del problema	Estadística descriptiva, mapas conceptuales, tormenta de ideas, simulación, diagrama SIPOC, propuesta del proyecto
Medir	Identificar problemas mediante la recolección de datos actuales	Mapeo del proceso, matriz causa-efecto, estadística descriptiva, análisis de varianza, simulación, diagrama de Pareto, histogramas, plan de recolección de datos
Analizar	Identificar la causa del problema	Estadística descriptiva, pruebas de hipótesis simulación, diagrama de Pareto, informe de justificaciones
Mejorar	Demostrar mediante datos que la solución planteada resuelve el problema	Diseño de experimentos fraccionados, tormenta de ideas, análisis de capacidad, simulación, informe de justificaciones
Controlar	Asegurar que la mejora se incorpore al funcionamiento normal del proceso	Análisis de varianza, simulación, planes de control, histogramas, plan de control del proceso, instrucciones de trabajo.

Fuente: Acuña (2012).

La clave del éxito de la implementación de una metodología como Lean Manufacturing es tomar en cuenta factores como el desarrollo de un sentido de confianza, un compromiso de involucrar al personal, fomentar el trabajo en equipo, trato justo e igualitario para todos, así como la toma de decisiones basada en datos y acompañada de un pensamiento a largo plazo.

En *Lean* las cosas se arreglan desde adentro, mediante el trabajo estándar, donde se establece cómo se deben ejecutar las actividades y donde el trabajo se debe diseñar, en lugar de que las prácticas se desarrollen solas. Se contempla la mejora, ya que siempre existe una mejor manera de hacer las labores. El entorno visual se debe estructurar de tal forma que los problemas sean visibles de inmediato.

Una de las bases primordiales de *Lean* es la reducción de los desperdicios, y esto se hace mediante la técnica de “vaya vea, pregunte por qué, muestre respeto”, donde la organización debe observar lo que está pasando en el *gemba*: lugar donde se realiza el trabajo. En este tipo de caminata se deben hacer preguntas como: ¿Qué estamos tratando de obtener? ¿Por qué no podemos alcanzar nuestra meta? Y ¿qué problemas tienen que podamos ayudar a resolver para hacer su trabajo más fácil? En esta etapa hay que enfocarse en identificar oportunidades de mejora o causas raíz del problema que debe ser corregido.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Actualmente el laboratorio MET-CAL cuenta con un tiempo promedio de prestación de servicios de calibración en sus instalaciones de 21.78 días. Los atrasos que se producen en la entrega de servicios ocasionan un inventario acumulado con un valor estimado de facturación de \$18 850, los cuales no se recuperan en menos de 60 o 90 días, lo que produce problemas en el flujo de caja, además de quejas de los clientes, como es comprensible. También desencadena el pago de horas extras para poder cumplir con la entrega de los equipos. La empresa ha llegado a pagar hasta \$ 5 250 en horas extras por mes; es decir que el 27.85 % de la utilidad se gasta en ese rubro.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Como se ha mencionado, las metodologías de DMAIC y Seis Sigma, así como Lean Manufacturing, nos ayudan en la comprensión de los procesos para poder definir o establecer su rendimiento y, a partir de ahí, identificar problemas, plantear soluciones, evaluarlas y por ende establecer la mejora que se pueda mantener a través del tiempo. Todo esto con la idea de crear procesos más eficientes y productivos acorde a las exigencias de los clientes.

Existen muchos casos donde se han generado incrementos en la eficiencia de la producción y en la productividad, al mismo tiempo que se han reducido los costos operativos, mediante la utilización de las técnicas de Seis Sigma (Humberto Ponce, 2015).

La metodología de DMAIC es muy utilizada para aumentar la eficiencia en diversos procesos productivos. Por ejemplo, esta metodología se aplicó para reducir los costos de fabricación de semirremolques, donde se aumentó la rentabilidad mediante la innovación hasta convertir a la institución en un referente del mercado; con esto se logró favorecer a los inversionistas, proveedores y colaboradores. En sí mejoraron toda la cadena de valor (Gerardo Ruano, 2015).

No solo en procesos productivos se utilizan estas metodologías, sino también en los procesos que intervienen en las empresas de servicios. En una institución de enseñanza superior mejoraron los tiempos de atención de los usuarios de sus laboratorios, y lo hicieron mediante el uso de DMAIC y herramientas de ingeniería industrial como la simulación. Estudiaron el proceso de manejo y entrega de equipo en una ventanilla y lograron mejorar el almacenamiento, disminuyeron la cantidad de movimientos dentro del almacén y lograron aumentar la cantidad de estudiantes atendidos (Mario Polendo, 2016).

Al utilizar en conjunto las metodologías de Lean Manufacturing y DMAIC, se logran grandes mejoras hasta el punto de llegar a generar una reingeniería de un servicio por completo, como sucedió con la reingeniería desarrollada en un centro de enseñanza

del idioma inglés, donde aplicaron métodos multivariantes/DOE mediante el uso de Minitab, así como herramientas de *Lean* con las que lograron mejorar los procesos mediante el análisis de los mapas de flujo. Así alcanzaron mejoras en los niveles de servicio y el aumento de la productividad (Myrna Parra, 2015).

Los casos de éxito en el sector servicios son cada vez más frecuentes; este el caso de un departamento de servicios informáticos, donde aumentaron la productividad, mejoró el tiempo de respuesta a las solicitudes de los clientes, lograron reducir los desperdicios e implementaron los procesos “pull”; por ende, se logró una mejor gestión del proceso y todo con la combinación de las herramientas de *Lean* y DMAIC. Al reducir sus tiempos de respuesta, aumentaron la satisfacción de sus clientes (Antonio Méndez, 2016).

Estas metodologías se han aplicado en grandes corporaciones, pero sus técnicas y herramientas dan grandes resultados en las mipymes, como el aumento de la participación de los colaboradores. En las empresas que las implementaron se generó un incremento en los ingresos, se redujeron los costos, se mejoró la rentabilidad y se consiguió una considerable mejora y aumento de eficiencia de sus procesos y, por lo tanto, una mayor satisfacción de los clientes. Estas herramientas les permitieron centrarse en los requerimientos de los clientes, y con ello alcanzaron mayor fidelidad y competitividad. El uso de Seis Sigma promueve un cambio cultural, se reducen los errores, se mejora la calidad y se generan empresas más exitosas (Rodrigo Olta, 2016)

Como se observa, las instituciones y personas que han trabajado con estas metodologías han logrado determinar que el aumento de la productividad, la mejora de los procesos y el aumento de satisfacción de sus clientes son resultados de la aplicación de las técnicas y herramientas de DMAIC y Lean Manufacturing. Han logrado un desarrollo cultural empresarial enfocado en la mejora continua.

Desde que se dieron estos resultados los departamentos de las diversas industrias dedicados a la mejora y el aumento de la productividad se han rodeado de ingenieros industriales y de personas certificadas en dichas metodologías. Estos profesionales son las que están proponiendo y logrando metas con la aplicación de las metodologías; han

logrado transformar sus procesos de tal manera que el ahorro y el aumento de los ingresos generan grandes beneficios para sus organizaciones. En el ámbito nacional la Cámara de Industrias de Costa Rica ha sido promotora de la cultura de mejora mediante estas metodologías; específicamente ha efectuado por cinco años consecutivos el Foro Lean y Seis Sigma, donde se exponen los casos de éxito de empresas que han implementado esta gama de técnicas y herramientas. Algunos casos presentados en las dos últimas ediciones (2017 y 2018) de este foro fueron:

La productora de bebidas Florida Ice and Farm Co. implementó estas metodologías en su planta Cristal, donde logró la reducción de tiempos y mejoras en sus procesos mediante la eliminación de desperdicios, y orientó a sus colaboradores a mantener una cultura de mejora continua.

Intel de Costa Rica fue un caso notable al mejorar los servicios prestados por su departamento de recursos humanos, donde su porcentaje de éxito antes de la implementación era de un 76 % en el 2014; mediante el uso de *Lean* y DMAIC se propusieron alcanzar un nivel de servicio del 95 % para el 2015. Al realizar sus mejoras lograron llevar su nivel de servicios a un 91 % para el 2015, y para el 2016 obtuvieron un nivel de servicio de un 98 % (CICR, 2018).

Costa Rica está haciendo grandes esfuerzos en aumentar su productividad y otro ejemplo en reducción de tiempos y mejora de servicios es el proyecto que en este momento está ejecutando la Promotora de Comercio Exterior (Procómer), que lleva por nombre “Ventanilla Única de Inversión” (VUI). La meta es reducir el tiempo que tarda en generar toda la documentación necesaria para que una empresa se pueda instalar en el país, ya que para el 2018 en Costa Rica este trámite tarda más de 182 días (a diferencia de Nicaragua, donde el trámite dura 31 días, en Panamá 7 días y en Dubái tan solo 1 día). Entonces, el objetivo de VUI es centralizar, agilizar y simplificar este trámite mediante la aplicación de las herramientas y técnicas de Lean Manufacturing y DMAIC. El proyecto se está ejecutando en 14 entidades públicas y en 14 municipalidades (CICR, 2018).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este proyecto se buscó la fuente del problema que afecta el proceso de calibración en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, con el objetivo de encontrar las fuentes de variabilidad del proceso. Es así como la metodología de Seis Sigma por medio de DMAIC, junto con las técnicas y herramientas de Lean Manufacturing, proporcionaron un camino que permitió mejorar la prestación de servicios en las instalaciones de MET-CAL.

Durante el desarrollo de cada etapa de DMAIC se utilizaron diferentes herramientas para el estudio del proceso. En este capítulo se explica cómo se trabajó con cada herramienta en cada una de las diferentes etapas de la metodología; la Tabla 2 adelanta una síntesis a este respecto.

Tabla 2 Metodología DMAIC y sus herramientas

Etapa de diagnóstico			Etapa de diseño	
D	M	A	I	C
Caracterización del proceso	Plan de recolección de datos	Diagrama de Ishikawa	Formato A3	Plan de control
Diagrama SIPOC	Análisis de registros de control de equipos en el laboratorio (estadística descriptiva)	Matriz de probabilidad-impacto		
Diagrama de flujo				

Fuente: El autor.

3.1 Metodología para la definición del problema

La actividad de diagnóstico dio inicio a la etapa de definir (definición del problema e identificación de sus métricas). Para esto se utilizaron herramientas como la

caracterización del proceso, el diagrama de SIPOC y los diagramas de flujo, los cuales se detallan a continuación.

3.1.1 Caracterización del proceso

Su objetivo es conocer de forma general el proceso en estudio. En los siguientes párrafos se presentan a detalle las tareas de ejecución de esta actividad.

Como ayuda para elaborar la caracterización se extrajeron datos del procedimiento de programación de servicios de calibración código MC-P03-PG-02 V01¹, además se realizó una reunión con los encargados de programación de servicios del laboratorio (este departamento cuenta con dos colaboradores en cotizaciones, dos colaboradores en programaciones y doce técnicos de calibración). En estas reuniones se revisó el procedimiento y se completó el registro de la caracterización del proceso.

Luego, se realizó un recorrido por las instalaciones, donde se logró registrar y entender de forma general cómo se desarrollan las actividades, y posterior a esto se generó una serie de caminatas *gemba* o "*gemba walk*" (ver marco teórico).

Se habló con los dos encargados del Departamento de cotizaciones, los dos encargados de programaciones, el Gestor Comercial y los 5 técnicos de calibración de mayor experiencia y dos de los técnicos con menos experiencia, para ratificar las acciones observadas durante las visitas de diagnóstico en las instalaciones. Además, se escucharon sus necesidades, limitaciones y acciones de mejora que han intentado ejecutar.

Se sostuvieron reuniones con la nueva gerencia, donde se definieron las expectativas y las necesidades de la organización, los factores críticos del proceso, así como los indicadores clave.

¹ El procedimiento no se adjunta a este documento para respetar la confidencialidad del laboratorio.

Después de recabar la información a lo largo de estas actividades se logró generar la caracterización del proceso de instrumentos en las instalaciones de MET-CAL. Para tal efecto se utilizó el formato de la Figura 15.

Figura 15 Formato para la caracterización del proceso

Objetivo del proceso: (1)	
Dueño del proceso: (2)	Gestores: (3)
Área/Canal/Cargo/Categoría: (4)	Proveedores asociados: (5)
Factores críticos de éxito: (6)	Indicadores clave de desempeño utilizados: (7)
Inicio del proceso: (8)	Fin del proceso: (9)
Procesos (o transformaciones clave): (10)	
Identificación de entradas: (11)	Identificación de salidas: (12)
Controles relacionados con el proceso: (13)	Servicios/Productos relacionados al proceso: (14)
Herramientas tecnológicas: (15)	Documentos relacionados con el proceso: (16)

Fuente: El autor.

A continuación, se mencionan los elementos que conforman el formato para realizar la caracterización de un proceso.

1. Definir el objetivo del proceso.
2. Dueño del proceso. En este caso, la asignación de dueños es una actividad requerida.
3. Soportes directos del dueño de proceso. En este caso puede ser más de una persona.
4. Áreas de estudio.
5. Nombre de los proveedores asociados con el proceso y, de ser posible, relacionados con los servicios críticos.
6. Indicación de las actividades o condiciones que deben darse para que el proceso se aplique con éxito.
7. Indicadores de desempeño, indicadores de riesgo existentes.
8. Inicio y detonantes.
9. Fin y acciones relacionadas al proceso.
10. Producto final de la transformación o servicio prestado.
11. Lista de entradas del proceso.
12. Lista de salidas del proceso.
13. Listado de controles asociados en los formatos ya establecidos por las áreas pertinentes.
14. Detalle de productos, subproductos y servicios relacionados.
15. Bases de datos, sistemas de información, sistemas de inteligencia de negocios, entre otros.
16. Todo documento crítico del proceso.

3.1.2 Diagrama SIPOC

Producto de las tareas mencionadas anteriormente, se creó el diagrama de SIPOC, en donde se detalla visualmente la generalidad del proceso en estudio. Esta representación permitió entender el funcionamiento y condiciones de entrada del proceso, así como los requisitos del cliente o lo que él espera del servicio.

Con este diagrama se logró entender que el proceso de calibración es un servicio que requieren los clientes de forma rápida, eficiente y sin errores, y que les permita asegurar la calidad de sus productos.

3.1.3 Diagrama de flujo

Este diagrama tiene como objetivo profundizar en cada una de las actividades del proceso de calibración de instrumentos en las instalaciones de MET-CAL; mediante él se pueden detectar demoras, traslados, actividades repetitivas, entre otras.

Para realizar este diagrama de flujo se toma como base uno preexistente: el que tiene la empresa bajo el código MC-P03-PG02-D01 V01. Además, se realiza un recorrido junto con el encargado de programaciones asignado a esta labor, con el fin de identificar las acciones claves del proceso, así como la forma en que fluyen los equipos y la documentación a lo largo del procedimiento de calibración en las instalaciones del laboratorio.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

3.2.1 Plan de recolección de datos

Se planteó un plan de recolección de datos, con el cual se logró tener información sobre el proceso que opera actualmente; además, permitió conocer los tiempos de entrega del servicio, así como las inconformidades con el mismo.

A continuación, se presentan las tablas con la información utilizada en la recolección de datos.

Tabla 3 Plan de recolección de datos. Quejas de los clientes

Quejas de los clientes				
Preguntas para contestar	Nombre del dato requerido	Definición operacional	Mediciones relacionadas (estratificación)	Plan de recolección
¿Cuáles son las quejas de nuestros clientes en cuanto a las calibraciones en las instalaciones de MET-CAL?	Quejas de los clientes de los servicios de calibración en las instalaciones de MET-CAL.	Quejas de los clientes provenientes de correos, retroalimentaciones, llamadas o reportes verbales.	Todas las quejas.	Dónde: Toda la organización.
				Cuándo: Quejas anteriores a mayo del 2018.
				Quién: Departamentos de Calidad y Servicio al Cliente.
				Cómo: Se resume la información de las fuentes de quejas.

Fuente: El autor.

Tabla 4 Plan de recolección de datos. Tiempo de entrega de equipos

Tiempos de entrega de equipos				
Preguntas para contestar	Nombre del dato requerido	Definición operacional	Mediciones relacionadas (estratificación)	Plan de recolección
¿Cuál es el tiempo de entrega del servicio de calibración en las instalaciones del laboratorio MET-CAL?	Tiempo de entrega de servicios de calibración en las instalaciones de MET-CAL.	Registro de tiempos de prestación de servicios.	Todos los equipos calibrados en las instalaciones de MET-CAL.	Dónde: Toda la organización.
				Cuándo: Servicios antes de mayo del 2018.
				Quién: Departamento de Servicio al Cliente y Rolando Molina.
				Cómo: Mediante los registros de permanencia de los equipos en las instalaciones de MET-CAL y gráficos de tendencias.

Fuente: El autor.

Tabla 5 Plan de recolección de datos. Uso del servicio por parte del cliente

Uso del servicio por parte del cliente				
Preguntas para contestar	Nombre del dato requerido	Definición operacional	Mediciones relacionadas (estratificación)	Plan de recolección
¿Cómo usa el cliente el servicio de calibración de MET-CAL?	Para que utiliza el cliente el servicio de calibración de MET-CAL.	Retroalimentaciones.	Todas las retroalimentaciones recibidas por los diferentes medios (correo, vía telefónica y personalmente).	Dónde: Toda la organización.
				Cuándo: Servicios antes de mayo del 2018.
				Quién: Departamento de Servicio al Cliente y Rolando Molina.
				Cómo: Se resume la información de las fuentes de retroalimentación.

Fuente: El autor.

Tabla 6 Plan de recolección de datos. Acciones del cliente después de recibir servicio

Acciones del cliente después de recibir el servicio				
Preguntas para contestar	Nombre del dato requerido	Definición operacional	Mediciones relacionadas (estratificación)	Plan de recolección
¿Qué hace el cliente después de utilizar el servicio de calibración?	Actividades del cliente después de que su equipo es calibrado.	Retroalimentaciones.	Todas las retroalimentaciones recibidas por los diferentes medios (correo, vía telefónica y personalmente).	Dónde: Toda la organización.
				Cuándo: Servicios antes de mayo del 2018.
				Quién: Departamento de Servicio al Cliente y Rolando Molina.
				Cómo: Se resume la información de las fuentes de retroalimentación.

Fuente: El autor.

Tabla 7 Plan de recolección de datos. Servicio sustituto

Servicio sustituto				
Preguntas para contestar	Nombre del dato requerido	Definición operacional	Mediciones relacionadas (estratificación)	Plan de recolección
¿Qué otros servicios utiliza el cliente, que cumplan con los servicios que ofrece MET-CAL?	Lista de competidores que brindan el mismo servicio.	Retroalimentaciones.	Todas las retroalimentaciones recibidas por los diferentes medios (correo, vía telefónica y personalmente).	Dónde: Toda la organización.
				Cuándo: Servicios antes de mayo del 2018.
				Quién: Departamento de Servicio al Cliente y Rolando Molina.
				Cómo: Se resume la información de las fuentes de retroalimentación.

Fuente: El autor.

Para la elaboración de este plan de recolección de datos se realizaron las siguientes tareas que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Tareas para la elaboración del plan de recolección de datos.

Tarea	Objetivo
Reunión con el Departamento de Calidad.	Revisar las encuestas de satisfacción de los clientes para determinar las quejas del servicio.
Reunión con el Departamento de Programaciones.	Revisar el control de equipos en el laboratorio, para determinar los servicios que se prestan en el laboratorio y los tiempos de entrega.
Reunión el con el personal de mayor experiencia del Departamento Técnico, Cotizaciones y Programaciones.	Determinar las necesidades de los clientes, sus requisitos, y así conocer por qué requieren el servicio.
Reunión con los técnicos de calibración y dos clientes de mayor frecuencia de uso del servicio.	Determinar cuáles son las actividades que debe ejecutar el cliente después de adquirir el servicio de calibración.
Reunión con la Gerencia General del laboratorio y dos clientes de mayor frecuencia de uso del servicio.	Búsqueda de servicios sustitutos y determinar qué tan fácil es hacer un cambio de proveedor de calibraciones por parte del cliente.

Fuente: El autor.

3.2.2 Estadística descriptiva

Para esta etapa de recolección de datos se utilizó el registro denominado “Control de equipos en el laboratorio”, completado por el Departamento de Programaciones. Con este registro se pudo determinar el cliente, el tipo de equipo, la fecha en que ingresó al laboratorio, cuando se realizó la calibración pertinente, y cuánto tiempo permaneció en las instalaciones de MET-CAL, así como la orden de trabajo asociada a la calibración de dicho equipo.

Estos insumos se recopilaron conversando con los encargados del proceso y el Gerente General, además realizando cuestionamientos al personal sobre cómo manejaban la información de los equipos y cómo efectuaban la toma de decisiones sobre dicha información.

Con los datos que se lograron extraer de este registro, se pudieron realizar los análisis y se graficó la información, para lograr analizar mejor la situación y así determinar el compartimiento del proceso y a la vez establecer la mejor ruta de mejora.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

3.3.1 Diagrama de Ishikawa

Con el diagrama de Ishikawa se lograron identificar las posibles causas que están afectando el proceso productivo y provocando la tardanza en el proceso de calibración en las instalaciones del laboratorio MET-CAL. Las causas se analizaron según seis áreas distintas: equipo o máquina, medio ambiente, medición, material, mano de obra y métodos.

Al determinar las principales causas del problema, se logró explicar a profundidad cada una de ellas, y se agruparon en tres diferentes áreas de interés o de influencia: control, orden de los espacios o áreas de almacenamiento, y productividad. Esta agrupación facilitó la priorización de las causas.

Para la elaboración de este diagrama se realizaron dos reuniones: una con los técnicos de calibración y otra con los encargados de la programación de los equipos; ambas reuniones iniciaron solicitándoles que explicaran cómo realizaban sus funciones y qué problemas afrontaban al momento de desarrollarlas. Esto generó una idea global de las posibles fuentes de atraso; una vez que la información estuvo clara, se les realizaron diferentes preguntas enfocadas en explicar o justificar por qué los equipos llegaban a estar más tiempo del establecido en la meta. Las preguntas se enfocaron en áreas

como materiales, equipo, procedimientos, procesos, personas, ambiente o lugar de trabajo, entre otros, y con esta información se logró elaborar el diagrama de Ishikawa.

3.3.2 Priorización de causas

Las principales causas que afectan la permanencia de los equipos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL se clasificaron según su importancia. Para esto se utilizó la matriz de probabilidad-impacto formada por dos ejes: el eje vertical, donde se evaluó la probabilidad en una escala de 0 a 1 (“0” corresponde a una imposibilidad de ocurrencia y “1” equivale a una probabilidad de que se presente la situación), y el eje horizontal, donde se evaluó el impacto en una escala de 0 a 1 (“0” quiere decir que el riesgo no repercute sobre los objetivos del proyecto y “1” equivale a una repercusión alta sobre los objetivos del proyecto).

En este análisis el nivel más bajo se representa con color verde y con intervalo de 0 a 4%, el nivel medio se representa con el color amarillo y en un intervalo de 5 a 14 %, y el nivel alto de riesgo se representa en rojo con intervalos superiores al 14 %. El riesgo se obtuvo al multiplicar el valor de probabilidad por el valor del impacto, tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Matriz de probabilidad-impacto

		Riesgo= Probabilidad x Impacto				
Probabilidad	0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
	0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
	0.5	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4
	0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
	0.1	0.01	0.1	0.2	0.04	0.08
		0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
		Impacto				

Fuente: El autor.

Con la matriz de probabilidad-impacto se clasificaron las principales causas que ocasionaron el problema, con el objetivo de priorizarlas y así identificarlas de una forma más clara y la vez determinar a cuáles se les debe prestar más atención con el fin de establecer las medidas o acciones de respuesta que minimicen o eliminen su impacto en los resultados finales.

Después de realizar el análisis con la matriz de probabilidad-impacto, las principales causas del problema se agruparon según su área de influencia, y en cada grupo establecido se implementó una propuesta de solución que eliminó o minimizó las causas clasificadas como de nivel alto, y asimismo permitió que las causas clasificadas como de nivel medio y bajo no se convirtieran en causas de nivel alto.

Las áreas de influencia en las cuales se agruparon las principales causas del problema son:

- 1- Área de influencia de control. Nos referimos a las causas que tienen que ver con el control de los equipos en el laboratorio, al seguimiento que se les dio durante el proceso de calibración, y a la forma en que se programaron y se priorizaron las calibraciones una vez que los equipos se encontraban en el laboratorio.
- 2- Área de influencia del orden de los espacios o almacenes de equipos. Cualquier mal uso de esta área pudo ocasionar atrasos en las actividades de calibración, o que no se les diera un buen seguimiento, lo que a su vez provocó que un equipo permaneciera sin ser calibrado por más tiempo del debido, ya que no se llevaba un control de permanencia en el almacén. O podía ocurrir que un equipo ingresara al almacén, pero no se registró, y esto provocó que se tornara invisible para el sistema de control de equipos.
- 3- Área de influencia de la productividad. Esta área se vio influenciada principalmente en la forma que se ejecutaba el trabajo, es decir, cómo se llevaba el control de la productividad o cómo se administraban las labores en los diferentes laboratorios de calibración. Inclusive, cómo se distribuían las tareas de calibración y cómo se realizaba la asignación de labores en un día normal de trabajo. Finalmente, cómo se le dio seguimiento a la meta de productividad.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Esta etapa se desarrolló tomando en consideración las principales causas detectadas en la sección anterior. Para ello se realizó una tabla donde se plantearon las posibles soluciones para cada una de las causas, luego se clasificaron las soluciones para determinar la que mejor se ajuste a los criterios de tiempo de implementación, costo, complejidad, entre otros. También se definió un cronograma de trabajo con los roles de los responsables; se utilizó principalmente como herramienta el formato A3 para facilitar la aplicación de las mejoras y que las perspectivas de todos los involucrados en el proceso sean las mismas.

3.4.1 Formato A3

Como se mencionó anteriormente, las principales causas del problema se distribuyeron en tres áreas: orden, productividad y control. Para cada una de ellas se utilizó el formato A3, con el cual se narra y se da seguimiento al desarrollo de las mejoras. Es una herramienta que permite entrenar e involucrar a quienes intervienen en el proceso, y también permite llevar un flujo de acciones hasta llegar a la implementación de la mejora.

Con el desarrollo de esta herramienta se pudo entender el problema sin que se adelantaran conclusiones; junto con los datos recopilados en el desarrollo del proyecto, se logró no caer en la tendencia de definir una solución sin tener todo el conocimiento preciso, ya que esta herramienta permite entender las interrelaciones de las personas, procesos y acciones que intervienen en la actividad.

De esta manera se plantearon las actividades de mejora que minimizaron y/o eliminaron las principales causas que afectaban el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio.

En la Figura 16 se muestra el formato A3 que se utilizó en este proyecto.

Figura 16 Formato A3

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: none;">TEMA:</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">ANTECEDENTES</td> <td style="border: none; text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">CONDICIÓN ACTUAL</td> <td style="border: none; text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="height: 150px;"></td> <td style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Meta</td> <td style="border: none; text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ</td> <td style="border: none; text-align: center;">↓</td> </tr> </table>	TEMA:		ANTECEDENTES	↓		↓	CONDICIÓN ACTUAL	↓		↓	Meta	↓	ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">LÍDER</td> <td style="width: 25%;">SPONSOR</td> <td style="width: 25%;">INICIO:</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>FIN:</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="border: none;">CONTRAMEDIDAS</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="height: 50px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="border: none;">PLAN DE IMPLEMENTACIÓN</td> </tr> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">¿QUÉ?</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">¿CÓMO?</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">¿QUIÉN?</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">¿CUÁNDO?</td> </tr> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">¿DÓNDE?</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">¿POR QUÉ?</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="height: 100px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right; border: none;">Costo:</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="border: none;">SEGUIMIENTO (Control)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">PLAN</td> <td colspan="2" style="border: none;">RESULTADOS FINALES</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 100px;"></td> <td colspan="2" style="height: 100px;"></td> </tr> </table>	LÍDER	SPONSOR	INICIO:				FIN:		CONTRAMEDIDAS								PLAN DE IMPLEMENTACIÓN				¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?							Costo:				SEGUIMIENTO (Control)				PLAN		RESULTADOS FINALES					
TEMA:																																																															
ANTECEDENTES	↓																																																														
	↓																																																														
CONDICIÓN ACTUAL	↓																																																														
	↓																																																														
Meta	↓																																																														
ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	↓																																																														
LÍDER	SPONSOR	INICIO:																																																													
		FIN:																																																													
CONTRAMEDIDAS																																																															
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN																																																															
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?																																																												
¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?																																																														
Costo:																																																															
SEGUIMIENTO (Control)																																																															
PLAN		RESULTADOS FINALES																																																													

Fuente: El autor.

A continuación, se especifica la información que debe contener un formato A3.

1. Contexto requerido para entender el problema; se define la importancia del problema.
2. Explicación de las condiciones que se están dando actualmente.
3. Meta de la solución.
4. Causas raíz, y la técnica de 5 porqués.
5. Contramedidas propuestas, objetivos medibles.
6. Acciones para tomar, medidas en específico, responsables, tiempos, fechas, lugares y razones de la acción.
7. Plan de control.
8. Reporte de los resultados alcanzados.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Para la etapa de control se buscó que se institucionalizaran las mejoras del proceso, y que se realizara un control del desempeño para garantizar las acciones implementadas en la etapa de mejora. El objetivo del plan de control fue identificar los defectos y mantenerlos a raya, así como mantener el desempeño que satisfaga las necesidades del proceso.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Caracterización del proceso

En este capítulo se pormenorizan las principales causas que ocasionan el problema. A continuación, se muestra el hallazgo de las actividades realizadas, así como la situación actual del problema, y con la ayuda de varias herramientas se evaluará el proceso, se presentarán los datos que caracterizan y ayudan a explicar cómo se desempeña; por último, se hará una apreciación de los niveles de cumplimiento y productividad de la actividad de calibración de equipos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL.

En la Tabla 10 se organizan gráficamente las condiciones y elementos que conforman dicho proceso de calibración.

Tabla 10 Caracterización del proceso de calibración en las instalaciones de MET-CAL


<p>Objetivo del proceso: Entregar al cliente sus equipos calibrados junto con su respectivo certificado de calibración en el tiempo adecuado.</p>	
<p>Dueño del proceso: Gestor de Servicios</p>	<p>Gestores: Coordinador de Programaciones y Gestor de Servicios</p>
<p>Área/Canal/Cargo/Categoría: Departamento de Programaciones</p>	<p>Proveedores asociados: Encargado de Servicio al Cliente, Departamento Comercial, Gerencia General, Departamento Técnico</p>
<p>Factores críticos de éxito: Una excelente comunicación con los clientes externos e internos, entrega del producto final en el tiempo acordado, tener los recursos disponibles para ejecutar la labor.</p>	<p>Indicadores clave de desempeño utilizados: Equipos entregados en el tiempo acordado, cantidad de equipos calibrados por unidad de tiempo, y cantidad de equipos pendientes de calibración.</p>
<p>Inicio del proceso: Inicia con una orden de trabajo aprobada por el cliente, y la programación de la calibración del equipo de medición.</p>	<p>Fin del proceso: Finaliza con los equipos calibrados, ajustados si es necesario y lo permite el equipo; también con la entrega del equipo y el certificado al cliente.</p>
<p>Procesos (o transformaciones clave): necesario y si es posible, además de calibración.</p>	<p>Calibrar y/o ajustar el equipo si es entregarlo junto con su certificado de calibración.</p>
<p>Identificación de entradas: Orden de trabajo aprobada.</p>	<p>Identificación de salidas: Equipo calibrado y entregado con certificado.</p>
<p>Controles relacionados con el proceso: Tiempo que se tarda en programar un equipo, tiempo de permanencia de un equipo en el laboratorio, equipos pendientes de calibrar, tiempo que demora un equipo en calibrarse.</p>	<p>Servicios/Productos relacionados al proceso: Calibración de instrumentos de medición, ajuste de equipos que se encuentran fuera de especificación.</p>
<p>Herramientas tecnológicas: SharePoint, Office 365, Outlook.</p>	<p>Documentos relacionados con el proceso: Orden de trabajo, orden de servicio, formulario de recepción y devolución de equipos, certificado de calibración.</p>

Fuente: El autor.

4.1.1 Diagrama SIPOC

Con este diagrama SIPOC que se muestra en la Figura 17, se puede tener una visión más clara del proceso en estudio.

Figura 17 Diagrama SIPOC

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTES
				
Cliente externo	Orden de trabajo aprobada (en no más de 2 días)	Ver apartado 4.1.3	Equipo calibrado (en menos de 7 días)	Cliente externo
Encargado de Servicio al Cliente	Programación de servicios (no más de 2 semanas)		Certificado de calibración (no más de 24 horas)	
Técnicos de calibración	Equipo para calibrar		Factura del servicio	Cliente interno
Departamento Comercial			Equipo entregado a tiempo	
			Encuesta de satisfacción	

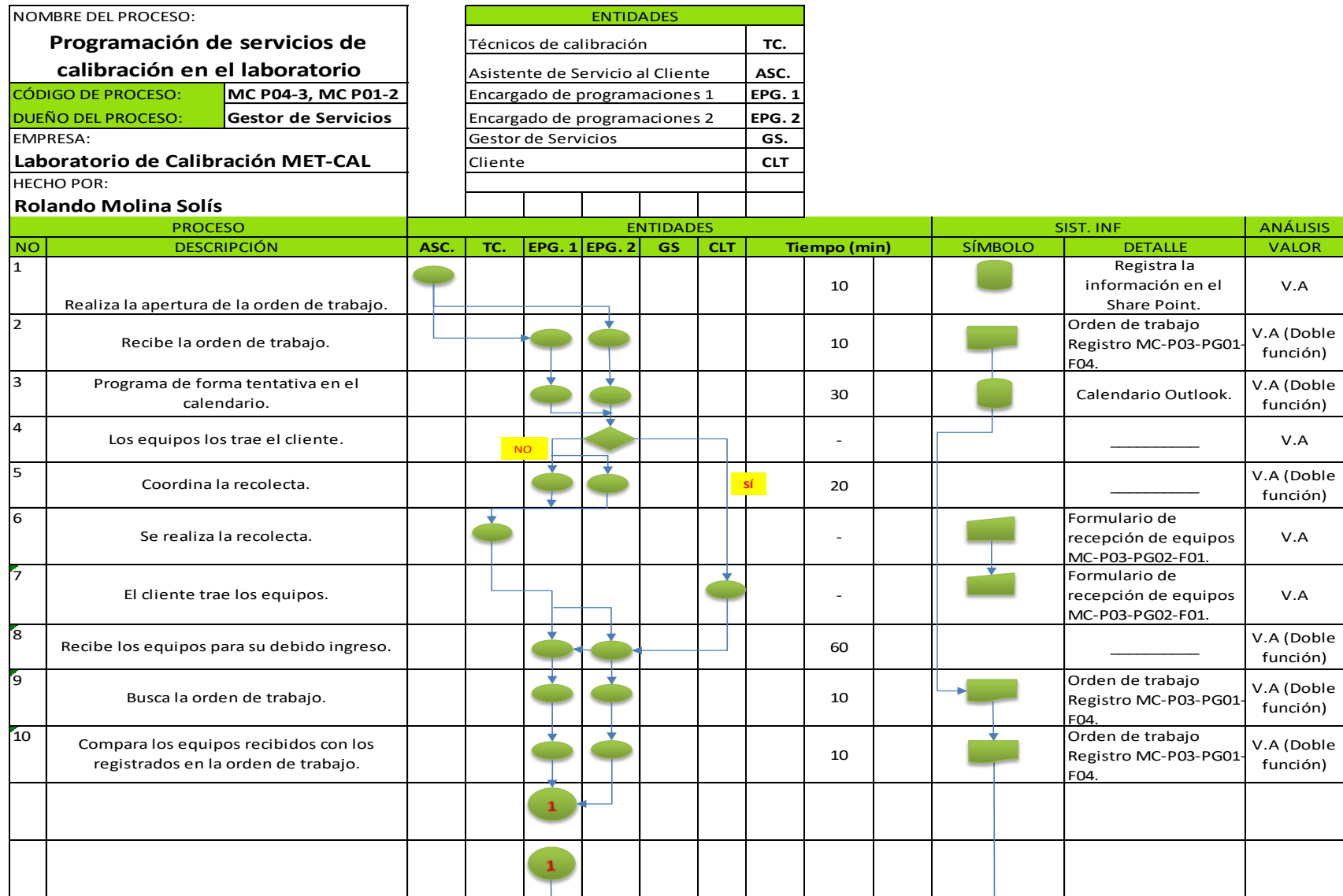
Fuente: El autor.

Con este diagrama se obtuvieron los requerimientos del cliente, siendo el más importante la necesidad de recibir un servicio a tiempo, junto con el certificado de calibración para poder colocar el equipo en su proceso productivo.

4.1.2 Diagrama de flujo del proceso

En esta etapa del desarrollo del proyecto se requiere conocer las principales actividades del proceso en estudio; por tal motivo en la Figura 18 *Diagrama de flujo del proceso de calibración de instrumentos de medición en las instalaciones de MET-CAL* se muestra el diagrama de flujo del proceso de calibración de instrumentos de medición en las instalaciones de MET-CAL.

Figura 18 Diagrama de flujo del proceso de calibración de instrumentos de medición en las instalaciones de MET-CAL



Etapa 1. Esta etapa corresponde a la actividad # 1 del diagrama. El Departamento de Servicio al Cliente realiza la apertura de la orden de trabajo; esto se ejecuta después de que se llega a un acuerdo contractual con el cliente, consistente en definir el precio el lugar de la calibración, los puntos a calibrar del equipo y si el servicio es acreditado mediante la norma ISO 17025 o no.

Etapa 2. Corresponde a la actividad #2 del diagrama. El Departamento de Programaciones recibe la orden de trabajo, por medio de un correo que envía el Departamento de Cotizaciones. En este caso ambos colaboradores de programaciones pueden recibir la información, por lo cual deben estar comunicándose constantemente para no hacer el trabajo dos veces.

Etapa 3. (Actividad # 3 del diagrama). El Departamento de Programaciones realiza la programación del servicio de forma tentativa en el calendario, en espera de tener toda la información para dejarlo programado en firme.

Etapa 4. Esta etapa corresponde a las actividades de la # 4 a la # 7 del diagrama. Se hace la consulta para determinar si el cliente trae los equipos al laboratorio (de ser así, el cliente define la fecha de cuándo los va a enviar), y solo en el momento en que llegan los equipos se programa la calibración. En ocasiones, no hay espacio en el calendario y el equipo debe permanecer hasta por dos semanas en espera de un espacio para poder ser calibrado. En el caso de que el laboratorio deba recoger los equipos, se coordina con el cliente, pero de igual forma hasta que el equipo llegue al laboratorio se procede a asignar la calibración en el calendario.

Etapa 5. (Actividades de la # 8 a la # 13 del diagrama). Los coordinadores de programaciones reciben los equipos y revisan la orden de trabajo para detectar anomalías; después de esto, se hace el ingreso formal de los equipos, y son almacenados para programar la calibración. Si existe algún problema se le comunica al cliente, de ser necesario se devuelve el equipo o bien se mantiene en el laboratorio hasta corregir la anomalía.

Etapa 6. Se trata de las actividades de la # 14 a la # 16 del diagrama. El coordinador de programaciones asigna al técnico para la revisión técnica del equipo. Si existe algún

problema se lo comunican al cliente; si el problema de los equipos no permite que se ejecute la calibración se coordina la devolución del equipo al cliente, o bien se espera a que el cliente sustituya el equipo.

Etapa 7. (Actividades de la # 17 a la # 22 del diagrama). El coordinador de programaciones verifica si la calibración es urgente; de ser así, identifica el equipo como urgente y programa la calibración. El problema es que, si no hay espacio en el calendario, se debe mover otro servicio para colocar el urgente, causando más atrasos a los equipos que ya están programados.

Etapa 8. Esta corresponde a las actividades de la # 23 a la # 24 del diagrama. El coordinador de programaciones continúa programándoles la calibración a los equipos restantes que ingresaron; además le notifica al técnico la labor de calibración que se le asignó por medio de correo, o por medio de Outlook. Cuando la labor se ejecuta en el laboratorio principalmente, el técnico no revisa con detalle esta información, y su desidia desencadena errores y atrasos. La comunicación se hace por medio electrónico y, a pesar de que hay dos personas encargadas de las programaciones, no se da un seguimiento estricto sobre la duración de las actividades de calibración en las instalaciones del laboratorio.

Etapa 9. (Actividad # 25 del diagrama). El coordinador de programaciones realiza la distribución de equipos en el laboratorio de calibración correspondiente. Se encontró que esto se hace sin control, no se da un seguimiento post entrega de los equipos al técnico de calibración ni tampoco una planificación previa; no se estiman los tiempos de *set-up* de cada calibración y menos aún se analizan las cargas de trabajo que se les asigna a los técnicos de calibración.

Etapa 10. Abarca las actividades de la # 26 a la # 30 del diagrama. Los técnicos ejecutan la calibración según los procedimientos necesarios, procesan los datos y hacen el envío de los certificados, además preparan el equipo para ser devuelto.

Etapa 11. Vale decir, la actividad # 31 del diagrama. El coordinador de programaciones, una vez terminada la calibración, coordina la devolución del equipo con el cliente. Esta devolución se efectúa sin controlar si el certificado de calibración ya fue emitido y

entregado al cliente, y sin verificar si hay más equipos del cliente que no han culminado el proceso de calibración.

4.2 Estadística descriptiva

En esta etapa se logró obtener la información que permitió entender y analizar el proceso, por medio del estudio de las quejas de los clientes, el tiempo de entrega de los equipos, entre otros.

4.2.1 Quejas de clientes

Se determinó que las principales quejas de los clientes consistieron en el tiempo que tardan los equipos en ser calibrados en el laboratorio. Algunos equipos tardaron más de siete días en el proceso de calibración, lo que puso en riesgo la operación de aseguramiento de calidad de los clientes. Con el formulario de seguimiento de encuestas de satisfacción código MC-P09-PG01-F03 versión 04, se pudo apreciar cómo se obtuvieron niveles de satisfacción inferiores a 5 puntos donde el puntaje máximo era 10 puntos, tal como se logra apreciar en el extracto de dicho registro que se proporciona en el Anexo 2.

En la Gráfica 1 de la sección 1.3.1 se puede apreciar el nivel de satisfacción de los clientes para el periodo de octubre del 2017 a marzo del 2018.

4.2.2 Tiempo de entrega de equipos

Se logró determinar que el tiempo promedio de entrega de los servicios de calibración efectuados en las instalaciones de MET-CAL era de 21.78 días. Esta información se extrajo del control informal que llevan en el Departamento de Programaciones; un extracto de dicho control se muestra en el Anexo 3.

Se logró determinar que algunos equipos permanecieron por más de 30 días en el laboratorio. También se encontró que, en ocasiones, si el cliente no llamaba al laboratorio para saber del estado del equipo, el personal encargado de las programaciones no sabía que el equipo estaba en MET-CAL, o no tenía control del tiempo que permanecen los equipos en el almacén sin ser calibrados.

Del registro de control de equipos en el laboratorio que lleva el Departamento de Programaciones se extrajo la información sobre el tiempo de permanencia, las variables que se calibran, los tipos de equipo de cada variable y además se recabaron datos como la cantidad de equipos que se calibran. Se llegó a determinar que en el laboratorio se calibran alrededor de 500 equipo por mes, los cuales son divididos en 14 variables, como se puede apreciar en la Tabla 11.

Tabla 11 Variables de calibración en el laboratorio MET-CAL

Variable	Ejemplo de equipos
Volumen	Micropipetas, balones aforados, pipetas, buretas
Torque	Herramientas de torque, destornilladores, analizadores de torque
Tiempo	Cronómetros, temporizadores (<i>timers</i>)
Temperatura	Termopares, sensores RTD, termómetros digitales y de líquido en vidrio
Radiometría	Radiómetros, luxómetros
pH	pHmetros
Presión	Manómetros, transductores de presión
Micro-Vu	Medición de piezas y dispositivos
Fuerza	Dinamómetros o medidores de fuerza (<i>force gauges</i>), celdas de carga
Eléctrica	Multímetros, osciloscopios, fuentes de voltaje y corriente
Dimensional	Calibradores (<i>calipers</i>), reglas, pines, indicadores de carátula, medidores de altura
HR	Termohigrómetros
Masa	Masas y set de masas
Otros	Conductividad, refractancia, viscosidad

Fuente: El autor.

Además, se lograron identificar los equipos que ingresaron en el periodo de estudio del proyecto, con lo cual se pudo determinar la cantidad de equipos que cumplieron con la

meta establecida de permanencia en el laboratorio que es de 7 días, y la cantidad de equipos que superaron ese lapso. Además, el hecho de dividirlos por variable fue de gran ayuda para el análisis de datos.

Con esta información se determinó también cuánto es el tiempo promedio de permanencia en días de los equipos por variable.

Al realizar esta búsqueda de información se encontró que el laboratorio a partir de marzo del 2018 creó un listado donde categorizó los clientes por el grado de importancia que estos representan para el giro del negocio, atendiendo a factores como la cantidad de equipos que calibran al año, la forma de pago, la responsabilidad de pago, el tiempo que tienen de relación con el cliente; además si tienen al laboratorio como único proveedor de calibraciones, o es el proveedor número uno. Las cuatro grandes categorías de clientes se denominan Platino, Oro, Plata y Bronce, como se puede apreciar en la Tabla 12.

Tabla 12 Categorías en que se clasifican los principales clientes del laboratorio

Categoría	Cantidad de clientes
Platino	4
Oro	8
Plata	9
Bronce	7
Total:	28

Fuente: El autor.

Cabe mencionar que esta cantidad de clientes representa una mayoría en los ingresos anuales del laboratorio.

Del análisis de estas categorías, junto con el registro de control de equipos en el laboratorio, se precisó el dato del tiempo de permanencia de los equipos por cliente, para así poder comparar este tiempo con la meta, con lo que se determinó el porcentaje de cumplimiento de entrega. Este tema se profundiza en el apartado 4.2.3 (Recolección y análisis de datos).

4.2.3 Recolección y análisis de datos

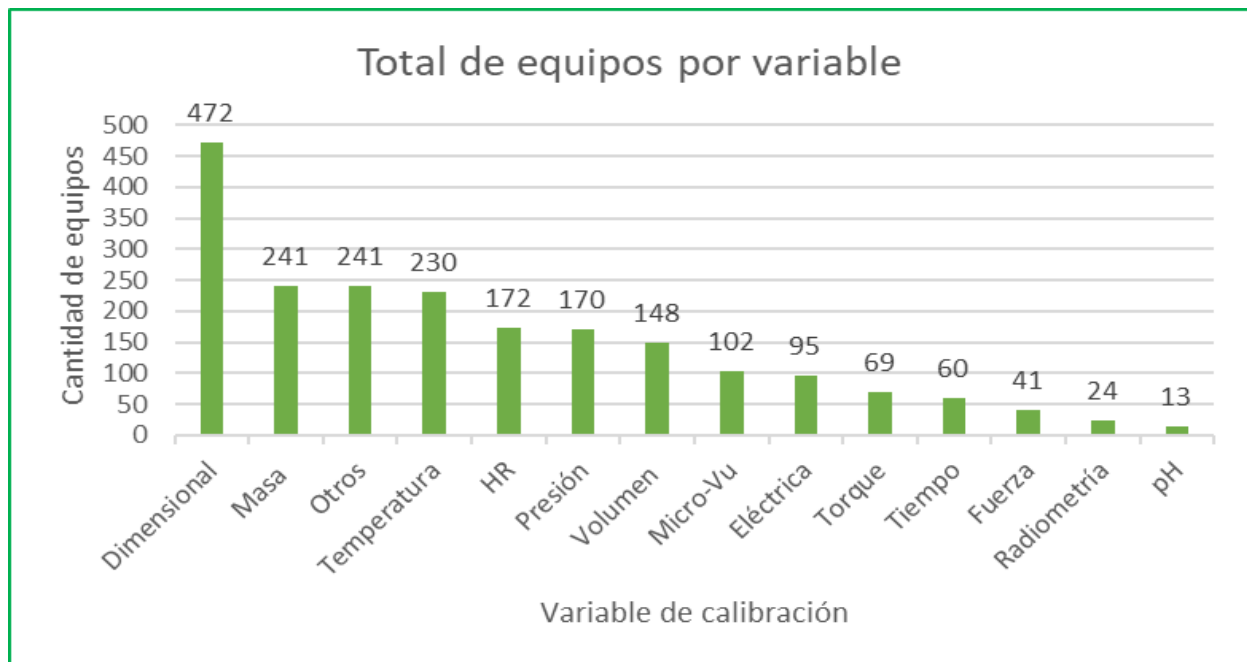
En los siguientes párrafos se expondrán detenidamente los datos que se recolectaron en este proyecto, relacionados con temas como el tiempo de permanencia de los equipos, y análisis del servicio prestado a los principales clientes.

4.2.3.1 Permanencia de los equipos en el laboratorio

Del control de equipos en el laboratorio se logró extraer información para el periodo entre octubre de 2017 y abril de 2018, donde solo el 37 % de los equipos que llegaron a ser calibrados cumplieron con la meta de permanencia de siete días.

En la Gráfica 2 se aprecia la cantidad de equipos por variable que ingresaron al laboratorio para el proceso de calibración.

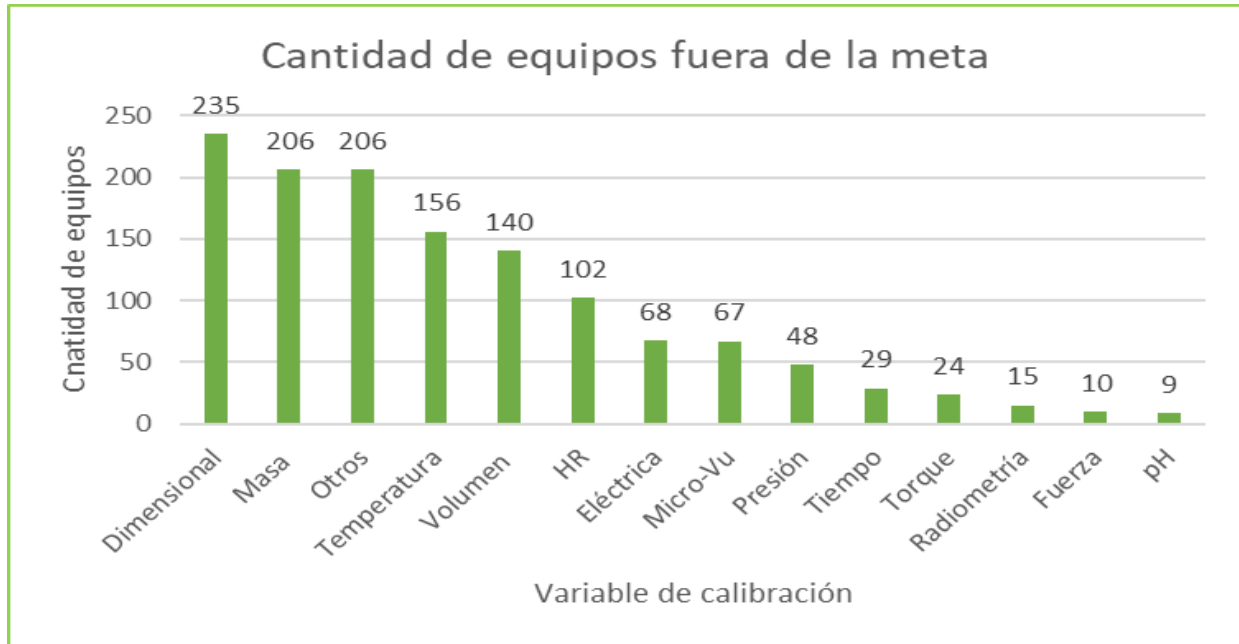
Gráfica 2 Total de equipos calibrados entre octubre 2017 y abril 2018



Fuente: Control de equipos en el laboratorio.

De los equipos que ingresaron al laboratorio, un buen número de ellos sobrepasó la cantidad de días que establece la meta del laboratorio. En la Gráfica 3 se desglosa la cantidad de equipos que estuvieron fuera de la meta.

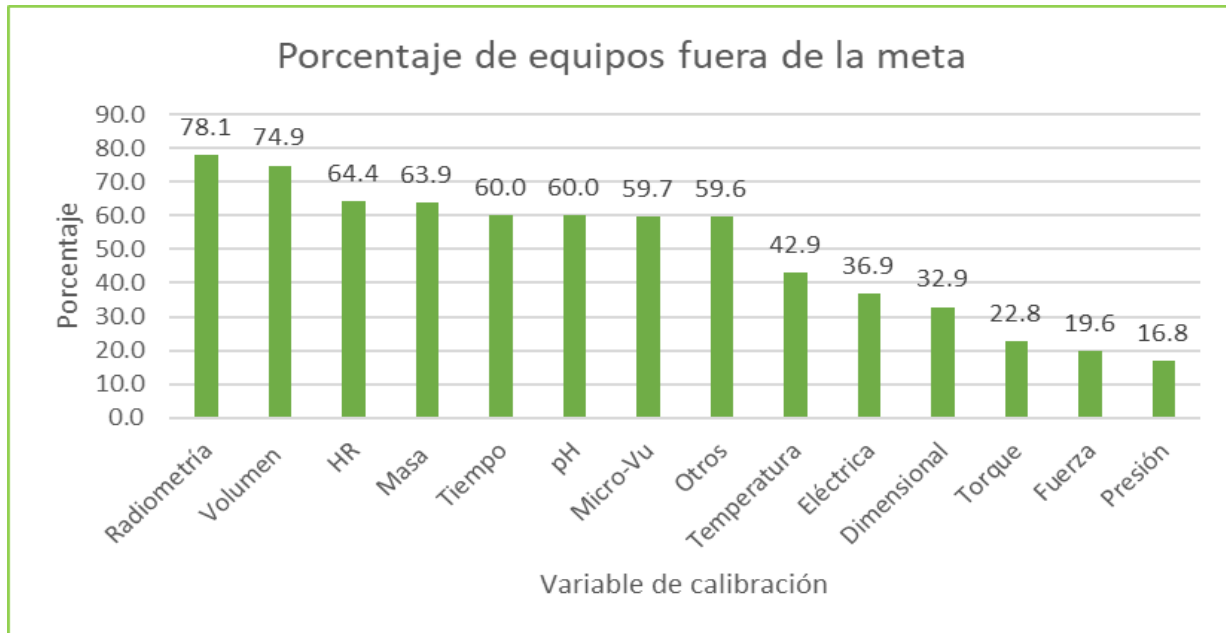
Gráfica 3 Cantidad de equipos fuera de la meta de 7 días



Fuente: Control de equipos en el laboratorio.

Después de determinar la cantidad de equipos que se encuentran fuera de la meta, se realizó el cálculo del porcentaje que representan estos equipos. En la Gráfica 4 se puede observar con más detalle este dato.

Gráfica 4 Porcentaje de equipos fuera de la meta

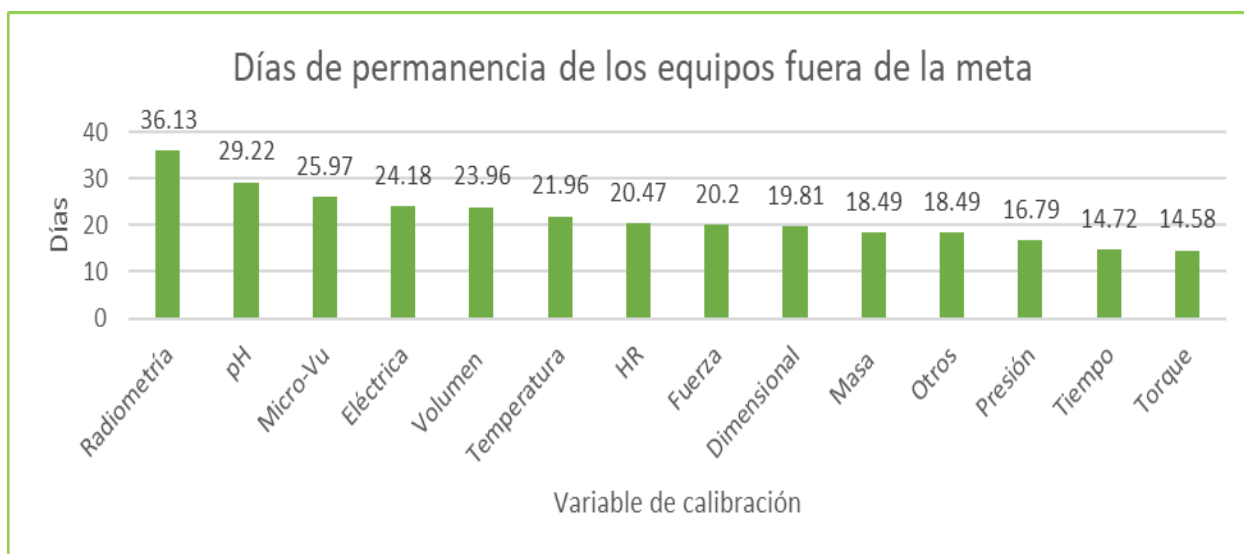


Fuente: Control de equipos en el laboratorio.

Después de observar el porcentaje tan alto de equipos que no cumplen con la meta, el análisis se enfocó en determinar cuánto tiempo permanecen estos equipos en las instalaciones de MET-CAL. En la

Gráfica 5 se exhibe el número de días que permanecen los equipos en el laboratorio después de sobrepasar la meta establecida.

Gráfica 5 Cantidad de días de permanencia de los equipos fuera de la meta



Fuente: Control de equipos en el laboratorio.

De la información anterior se puede determinar que el 63.28 % de los equipos no cumplen con la meta establecida por el laboratorio, sino que tienen una permanencia promedio en las instalaciones de 21.78 días.

Entre las variables de calibración que presentan mayor problema se encuentran las de volumen, temperatura, radiometría, pH, mediciones con Micro-Vu, eléctrica, humedad relativa, masa y una serie de variables menores denominadas como “otras”.

4.2.3.2 Análisis de los principales clientes

Partiendo de la escala jerárquica en que MET-CAL agrupa a sus clientes según su rentabilidad para el negocio (Platino, Oro, Plata y Bronce), en la Tabla 13 podemos observar el tiempo de permanencia en el laboratorio de los equipos con respecto a la meta de siete días. En el Anexo 4 se proporciona un extracto de la tabla donde se registró esta información.

Tabla 13 Tiempos de permanencia de los mejores clientes del laboratorio

Categoría	Cliente	Tiempo de permanencia de los equipos (días)	Meta (días)
Platino	1	7.36	7
	2	13.45	7
	3	8.08	7
	4	6.65	7
Oro	5	21.54	7
	6	9.62	7
	7	14.61	7
	8	21.18	7
	9	12	7
	10	9.35	7
	11	13.86	7
	12	7.44	7
Plata	13	2.17	7
	14	8.5	7
	15	14.39	7
	16	31.89	7
	17	11.2	7
	18	6	7
	19	8.37	7
	20	8.33	7
	21	18.91	7
Bronce	22	8.28	7
	23	19	7
	24	18.8	7
	25	18.2	7
	26	17.14	7
	27	13.88	7
	28	13.11	7

Fuente: El autor.

Si analizamos los datos de la tabla anterior, se puede determinar que solamente con el 11 % de los equipos de los principales clientes se cumple la meta establecida por el laboratorio de calibración. En el resto de los casos, el promedio de estadía en el laboratorio es de 13.94 días, es decir, casi el doble del tiempo esperado por la organización.

Ahora bien, si dejamos de lado el análisis de datos promedio y nos enfocamos en las cantidades totales de equipos de clientes principales ingresados en el periodo de estudio, surgen los datos que se muestran en Tabla 14.

Tabla 14 Datos de los equipos de los principales clientes

Cantidad de equipos recibidos de octubre 2017 a abril 2018	Cantidad de equipos que cumplen con la meta	Cantidad de equipos que no cumplen con la meta
1446	1109	337

Fuente: El autor.

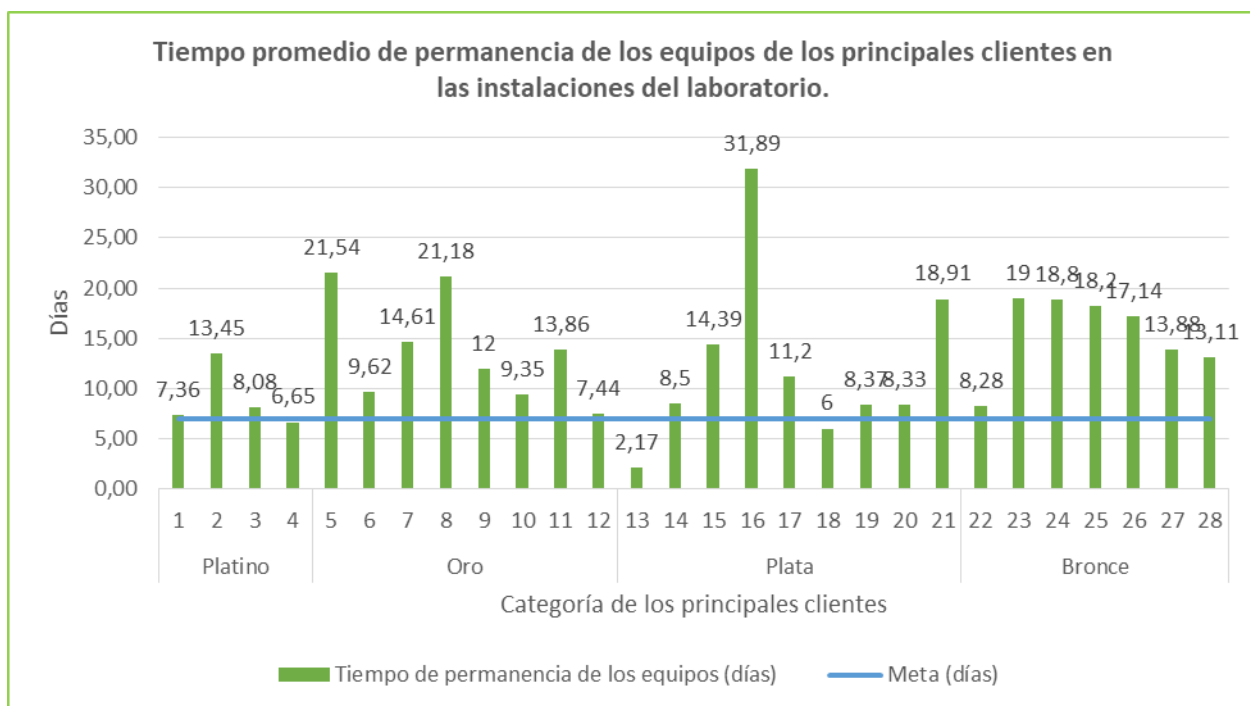
De 1446 equipos que ingresaron, 1109 fueron calibrados dentro de la meta o, lo que es lo mismo, 337 equipos (el 23.31 %) se quedaron más allá de la meta. Analizado monetariamente, esto representa alrededor de \$15 165 que el laboratorio no está recuperando en el tiempo esperado; la recuperación de dinero pasa de un intervalo de 30 a 60 días a un intervalo de 60 a 90 días.

Uno de los principales problemas detectados es que los equipos que no se entregan dentro de la meta tienen una permanencia promedio de 17.81 días, es decir, se supera la meta de permanencia en un 254.81 %, lo cual ocasiona que el tiempo promedio general se vea afectado, y que se obtenga un tiempo de permanencia de 12.98 días. Para los clientes significa que sus equipos permanecen en promedio el 185.43 % más del tiempo prometido por el laboratorio.

Dado el dato anterior, si estos clientes decidieran no contratar más al laboratorio, la pérdida podría ser de \$ 72 300 cada seis meses.

En la Gráfica 6 se pueden apreciar gráficamente los tiempos de permanencia de los equipos con respecto a la meta.

Gráfica 6 Tiempo promedio de permanencia de los equipos de los principales clientes del laboratorio



Fuente: Tabla 5.

En este caso es notoria la gran cantidad de equipos que no cumplen la meta y que permanecen por mucho tiempo en las instalaciones del laboratorio de calibración.

En la Tabla 15 se desglosa el tiempo de permanencia de los equipos que incumplen la meta de 7 días de los principales clientes del laboratorio.

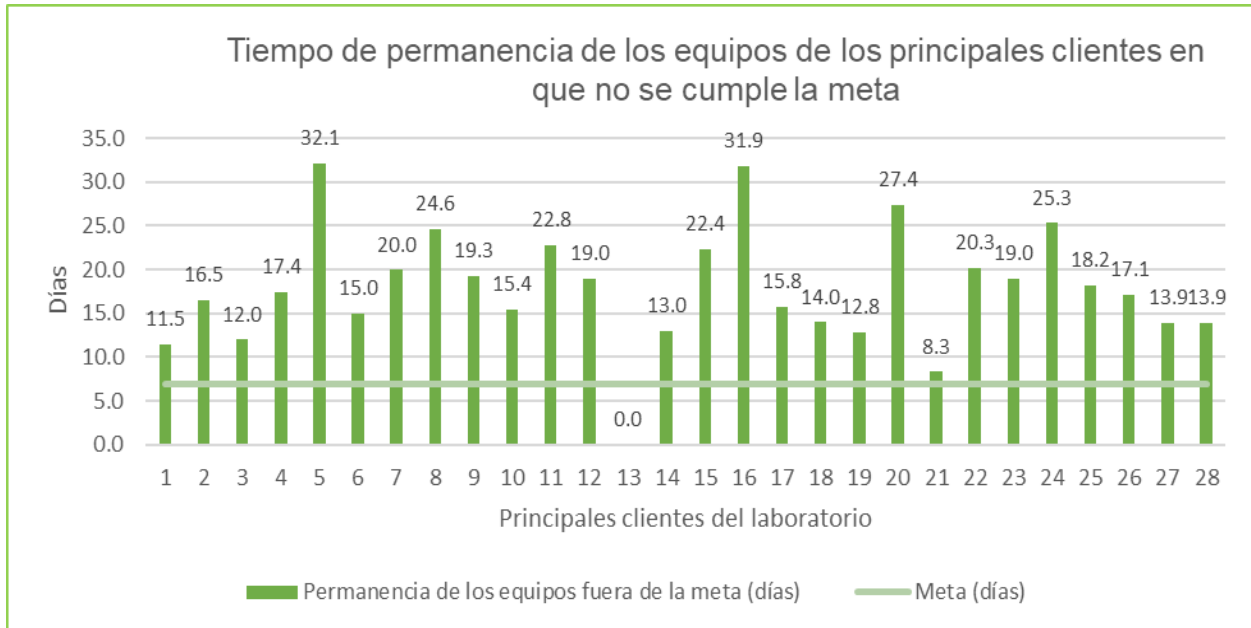
Tabla 15 Tiempo de permanencia de los equipos que sobrepasan la meta

Categoría	Cliente	Permanencia de los equipos fuera de la meta (días)	Meta (días)
Platino	1	11.50	7
	2	16.48	7
	3	12.00	7
	4	17.41	7
Oro	5	32.14	7
	6	15.00	7
	7	19.97	7
	8	24.64	7
	9	19.25	7
	10	15.43	7
	11	22.75	7
	12	19.00	7
Plata	13	0.00	7
	14	13	7
	15	22.36	7
	16	31.88	7
	17	15.75	7
	18	14	7
	19	12.83	7
	20	27.42	7
	21	8.33	7
Bronce	22	20.25	7
	23	19	7
	24	25.33	7
	25	18.2	7
	26	17.14	7
	27	13.87	7
	28	13.88	7

Fuente: El autor.

En la Gráfica 7 se presenta en detalle cuánto tiempo tardan los equipos que no cumplen la meta original de los 7 días.

Gráfica 7 Tiempo de permanencia de los equipos de los principales clientes en que no se cumple la meta



Fuente: Tabla 15.

La gráfica anterior pone de relieve que los equipos que no son calibrados en el periodo establecido de 7 días superan ese tiempo por más del doble, e inclusive hay equipos que llegan a estar en el laboratorio por más de 30 días, lo que ocasiona que el problema se agrave.

4.4 ANÁLISIS DE CAUSAS

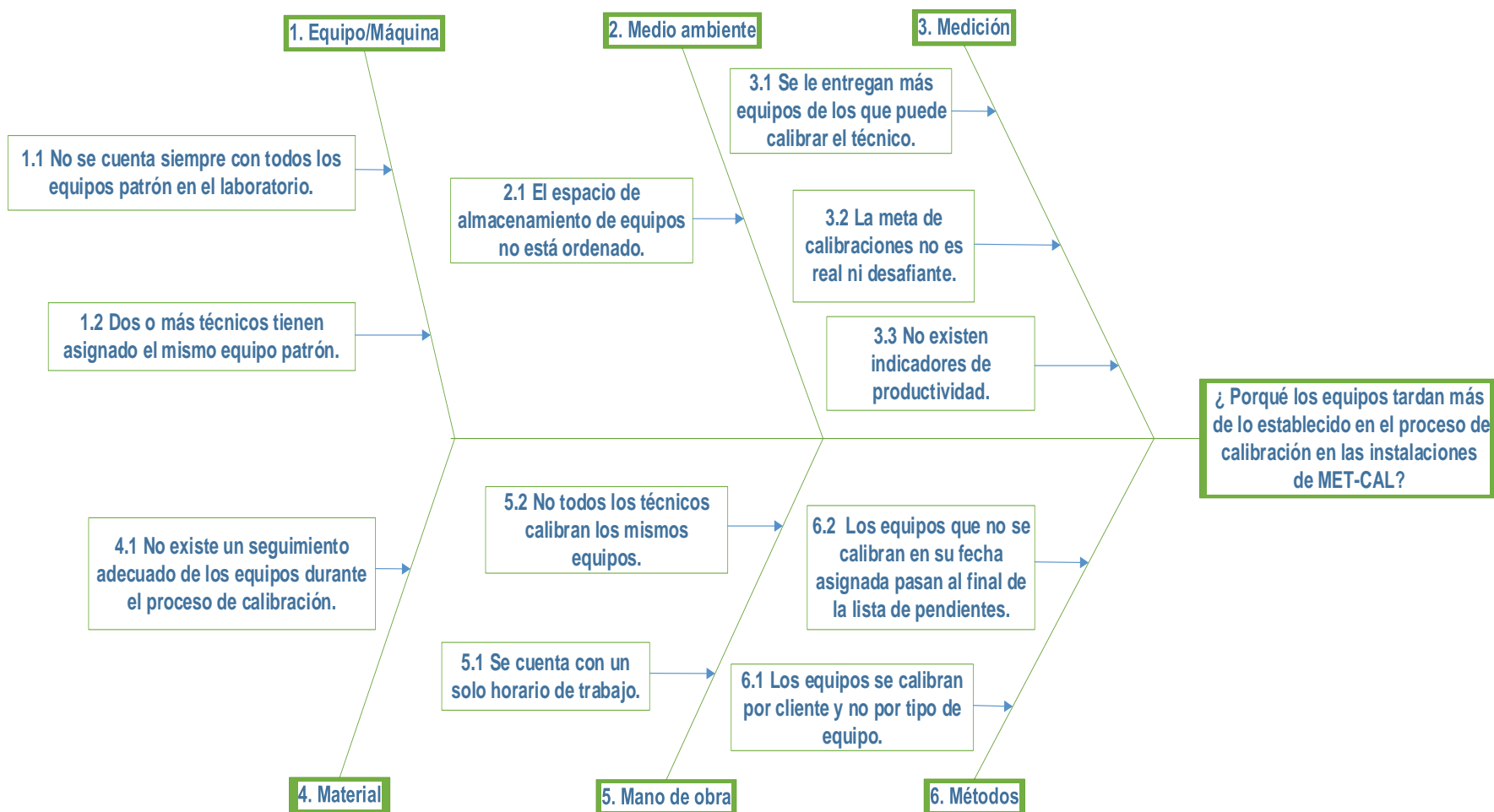
Dado que la afectación a los principales clientes del laboratorio es tan notoria y el riesgo de no tomar acciones concretas que produzcan resultados positivos es extremadamente alto, además de que la pérdida económica que podría sufrir el

laboratorio también sería elevada, el análisis de causas se enfocará en solucionar los problemas que interfieren con los principales clientes del laboratorio.

4.4.1 Diagrama de Ishikawa

Con el diagrama que se muestra en la Figura 19 *Diagrama de Ishikawa* se identificaron las principales causas que generan los retrasos en el proceso de calibración de equipos en las instalaciones de MET-CAL.

Figura 19 Diagrama de Ishikawa



Fuente: El autor.

Después de realizar el análisis con el diagrama de Ishikawa, se encuentran las siguientes causas de la demora que sufren los equipos en su proceso de calibración en las instalaciones de MET-CAL.

1.1 No siempre se cuenta con todos los equipos patrón en el laboratorio; muchos de ellos se deben utilizar también en los servicios que se ofrecen en las instalaciones del cliente, y cuando se programa la calibración en el laboratorio no realizan esa revisión de los equipos patrón que se tienen a mano para llevar a cabo las asignaciones. Como resultado, las labores de calibración no se efectúan, por ausencia de un equipo patrón.

1.2 Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón, al no existir control sobre la forma en que se asignan los trabajos de calibración dentro del laboratorio, por lo que existen “choques” en el uso de los instrumentos patrón. A fin de cuentas, lo que provoca es que un técnico no pueda cumplir con sus calibraciones programadas.

2.1 El espacio de almacenamiento de equipos no está ordenado, lo que provoca que no se tenga un buen control de los equipos que permanecen en las instalaciones del laboratorio. Esto es un riesgo, ya que, por la ausencia de un método de control estricto de permanencia de los equipos y asignación para las labores, hay equipos que pueden permanecer más de lo establecido y su calibración se atrasa.

3.1 Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico. Al tener un número considerable de equipos que deben ser calibrados a tiempo y que están cerca de la fecha límite, o ya sobrepasan el tiempo estipulado de permanencia, la carga de trabajo que se le asigna al técnico de calibración es superior a la que puede procesar en una jornada normal, por lo que quedan equipos sin calibrar en la jornada de trabajo.

3.2 La meta de calibraciones no es real ni desafiante; se estableció hace más de 3 años y no ha cambiado; además, se fijó al azar. El valor mínimo que se exige son 80 calibraciones por mes por técnico, lo cual produjo que los técnicos se mantuvieran en una zona de confort, es decir, los técnicos ya alcanzan esta meta con facilidad y tienen la percepción de que es suficiente, por lo que no se preocupan por aumentar la cantidad de calibraciones mensuales. Mientras esto ocurre, la carga de trabajo en MET-CAL ha venido en aumento, por lo que, al toparse con ese techo, la cantidad de

equipos sin calibrar en el laboratorio crece aceleradamente, y asimismo el tiempo de permanencia de los equipos en las instalaciones también se ha alargado.

3.3 No existen indicadores de productividad. A pesar de que se tiene una meta, no se llevan registros confiables en cuanto a la cantidad de certificados calibrados por unidad de tiempo, ni se cuenta con un indicador predictivo del tiempo de permanencia de los equipos en las instalaciones, por lo que no se puede tomar alguna decisión que agilice dicho tiempo de permanencia.

4.1 No se hace un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración. Esto hace que no se tenga control sobre el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio; incluso podría darse que el personal calibre solo lo que se le asignó inicialmente y no se le entreguen más equipos en su jornada laboral. En el caso de que un equipo no se pudiera calibrar en la jornada asignada, no existe un seguimiento para reprogramar la calibración.

5.1 Se cuenta con un solo horario de trabajo: la jornada de 7:30 a.m. a 5:00 p.m., por lo que se dejan los laboratorios ociosos después de las 5:00 p.m. y los fines de semana. Se desaprovecha la capacidad instalada del laboratorio, lo que ocasiona que los equipos albergados en MET-CAL permanezcan más tiempo del establecido o deseado.

5.2 No todos los técnicos se especializan en calibrar los mismos equipos; esto provoca que en ocasiones estén los equipos patrón disponibles pero el técnico no esté entrenado o autorizado para efectuar una determinada calibración. Es decir, aunque se tengan los recursos, el técnico puede estar imposibilitado en la práctica para ejecutar la calibración.

6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo. Esto hace que al técnico se le acumule una cierta cantidad de equipos diferentes, lo que eleva los tiempos de *set-up* (configuración de las actividades del trabajo), y reduce la productividad. En ocasiones dos técnicos tienen equipos iguales de diferentes clientes y requieren usar el mismo patrón; entonces uno de ellos debe esperar a que el compañero termine su calibración para efectuar la suya; todo esto en menoscabo del tiempo por cada *set-up*.

6.2 Los equipos que no se calibran en la fecha y el tiempo asignados se reprograman, pero situándolos al final de la lista de espera de calibraciones, lo que hace que el tiempo de permanencia en el laboratorio se incremente aún más. No existe un seguimiento para priorizar la reprogramación de los equipos que no fueron calibrados en el plazo programado.

4.5 PRIORIZACIÓN DE CAUSAS

Después de determinar las principales causas que afectan la permanencia de los equipos en las instalaciones del laboratorio MET-CAL, se clasifican según su importancia; para esto se utiliza la matriz de probabilidad-impacto. En la Tabla 16 se organizan en orden decreciente.

Tabla 16 Principales causas del problema y su nivel de riesgo

Causa	Probabilidad	Impacto	Riesgo
6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo.	0.9	0.8	0.72
4.1 No existe un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración.	0.7	0.8	0.56
5.2 No todos los técnicos calibran los mismos equipos.	0.7	0.8	0.56
1.1 No se cuenta siempre con todos los equipos patrón en el laboratorio.	0.7	0.4	0.28
5.1 Se cuenta con un solo horario de trabajo.	0.7	0.4	0.28
2.1 El espacio de almacenamiento de equipos no está ordenado.	0.5	0.4	0.2
6.2 Los equipos que no se calibran en su fecha asignada pasan al final de la lista de pendientes.	0.5	0.2	0.1

Causa	Probabilidad	Impacto	Riesgo
6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo.	0.9	0.8	0.72
1.2 Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón.	0.3	0.2	0.06
3.1 Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico.	0.3	0.2	0.06
3.3 No existen indicadores de productividad.	0.3	0.2	0.06
3.2 La meta de calibraciones no es real ni desafiante.	0.3	0.1	0.03

Fuente: El autor.

En la Tabla 17 se brindan nuevamente las causas, ahora en relación con sus áreas de influencia, las cuales fueron definidas en el capítulo 3.

Tabla 17 Principales causas y sus respectivas áreas de influencia

CAUSA	ÁREA DE INFLUENCIA
6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo.	Control
4.1 No existe un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración.	
6.2 Los equipos que no se calibran en su fecha asignada pasan al final de la lista de pendientes	
1.2 Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón.	
3.1 Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico.	
1.1 No se cuenta siempre con todos los equipos patrón en el laboratorio.	Orden
2.1 El espacio de almacenamiento de equipos no está ordenado.	
5.2 No todos los técnicos calibran los mismos equipos.	Productividad

CAUSA	ÁREA DE INFLUENCIA
5.1 Se cuenta con un solo horario de trabajo.	
3.3 No existen indicadores de productividad.	
3.2 La meta de calibraciones no es real ni desafiante.	

Fuente: El autor.

Estas causas provocan que se estén programando servicios de emergencia constantemente, y que se deban modificar las fechas de servicios ya programados para atender las emergencias que ocasionan estos atrasos. Todo esto ha redundado en que el nivel de estrés e inconformidad del personal involucrado en programación de servicios se eleve considerablemente.

4.6 Conclusiones de la situación actual

Después de realizar el análisis de la situación actual se puede concluir lo siguiente:

Las principales quejas de los clientes se presentan por el tiempo que tardan los equipos en ser calibrados en el laboratorio.

Los equipos permanecen en las instalaciones del laboratorio en promedio 21.78 días. Algunos llegan a permanecer por más de 30 días.

El laboratorio calibra en promedio 500 equipos al mes, y durante el periodo de octubre del 2018 a abril del 2019, el 63 % de esos equipos no cumplió con la meta de permanencia de 7 días.

Las variables de calibración con más problemas son: volumen, temperatura, radiometría, pH, medición de piezas, eléctrica, humedad relativa y masa.

De los principales clientes que tiene el laboratorio, solo al 11 % se le cumple con la meta de 7 días. Los equipos de los principales clientes que no cumplen con la meta duran en promedio 13.94 días.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Propuesta y diseño de la mejora

En esta sección se elaborará un resumen de las propuestas de diseño de mejora, contemplando las áreas de influencia que se ven impactadas por cada una de las causas del problema; de esta manera se presentarán las posibles soluciones que eliminen o minimicen dichas causas.

Para cada propuesta de mejora se realizó una lluvia de ideas, las cuales fueron evaluadas siguiendo los criterios de viabilidad y solución al problema, costo y tiempo de implementación, en una escala de 1 a 10. El 1 significa que no es viable, no soluciona el problema, tiene un costo elevado y el tiempo de implementación es muy alto, mientras que una puntuación de 10 significa que la solución es muy viable, soluciona el problema, el costo es bajo y el tiempo de implementación es corto. Para elegir una opción la sumatoria de los rubros debe ser mayor o igual a 20 puntos.

En esta sección también se presentará el diseño de la mejora enfocado en las áreas de control, orden y productividad. La forma en que se llevará a cabo la mejora se puede apreciar gráficamente en la Figura 20.

Figura 20 Diseño de mejora



Fuente: El autor.

Este diseño integral de mejora se llevará a cabo por medio de tres soluciones divididas en las tres áreas a las cuales afectan directamente, como se expuso en párrafos previos. Durante el desarrollo de estas soluciones se generarán indicadores para el control de los equipos, enfocados principalmente en el tiempo de permanencia de estos y la cantidad de calibraciones que ejecutan los técnicos. El encargado de programaciones responsable de los equipos en laboratorio completará los indicadores diariamente para llevar el pulso y el flujo adecuado de los equipos que llegan a calibrarse, todo esto principalmente para tomar decisiones de forma predictiva.

Con este diseño se pretende generar un cambio cultural donde los objetivos del proyecto se alineen con los objetivos de los colaboradores y los de la organización, con el fin de impulsar una cultura basada en la mejora continua.

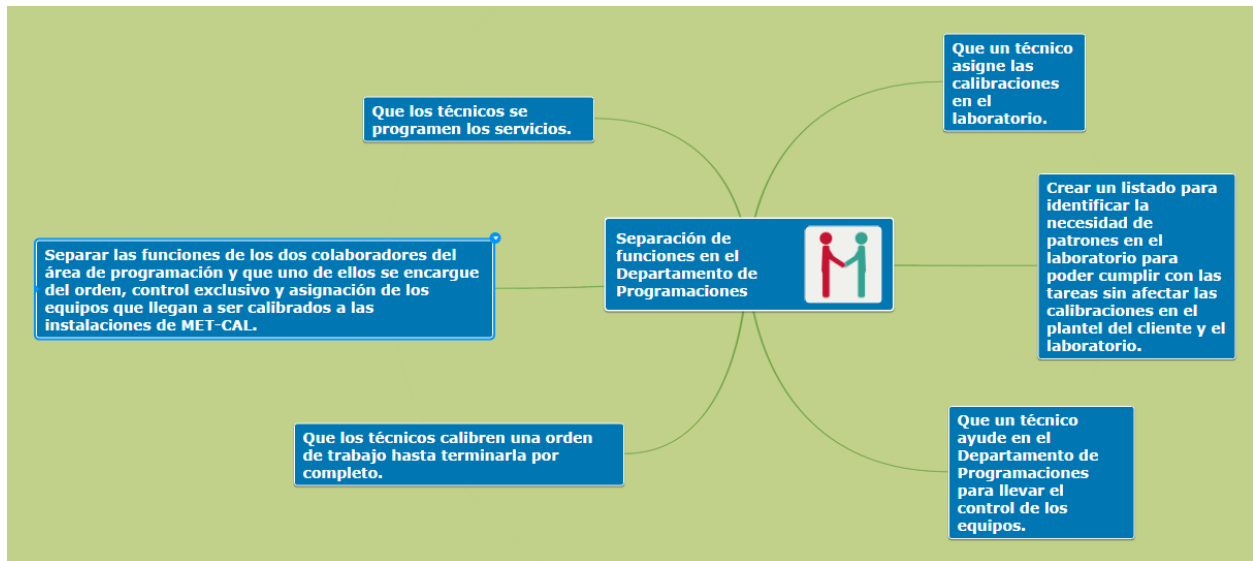
Este diseño no solo consiste en la aplicación de las herramientas sino también en generar un empoderamiento del personal en sus funciones, que les permita concientizarse en que cada mejora que hagan ayuda a los objetivos generales de la organización y por ende al desarrollo de todos en la empresa. Se crean las bases para iniciar con una cultura enfocada en la mejora de procesos y el crecimiento de la productividad, y principalmente enfocada en las necesidades de los clientes.

Los colaboradores por su formación académica tienen diferentes conocimientos, pero ahora se agrega el conocimiento de la mejora continua, lo que hace que sea más fácil que se integren a un rol de mejora de procesos, de entrega a tiempo y atención al cliente. De esta forma podrán marcar una diferencia competitiva en el mercado, pero principalmente mantenerla a través del tiempo para que se acople al sistema de gestión y a las actividades diarias del laboratorio.

Propuesta de mejora #1 Separación de funciones

Antes de llegar a las acciones de la solución #1 surgieron varias ideas preliminares, las cuales se muestran en la Figura 21.

Figura 21 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #1



Fuente: El autor.

En la Tabla 18 se muestra la priorización de las soluciones que se plantearon.

Tabla 18 Priorización de soluciones para la propuesta de mejora #1.

Solución	Viabilidad y solución del problema	Costo	Tiempo de implementación	Total
Crear un listado para identificar la necesidad de patrones con los cuales cumplir con las tareas sin afectar las calibraciones en el plantel del cliente ni el del laboratorio.	10	10	8	28
Separar las funciones de los dos colaboradores del área de programación y que uno de ellos se encargue del orden, control exclusivo y asignación de los equipos que llegan a ser calibrados a las instalaciones de MET-CAL.	10	10	7	27
Que los técnicos se programen los servicios.	5	7	5	17
Que los técnicos calibren una orden de trabajo hasta terminarla por completo.	5	4	6	15
Que un técnico asigne las calibraciones en el laboratorio.	4	3	5	12
Que un técnico ayude en el Departamento de Programaciones para llevar el control de los equipos.	4	3	5	12

Fuente: El autor.

Las últimas cuatro soluciones fueron descartadas porque implicaban tomar un recurso humano dedicado a las calibraciones para hacer funciones administrativas, por lo que la productividad del técnico o técnicos sacrificados disminuiría. Además, que un técnico

se hiciera cargo de una orden de trabajo completa implicaría más esfuerzo del Departamento de Programaciones, ya que no todos los técnicos calibran las mismas variables y sería más difícil el control de los equipos patrones al momento de asignar recursos. Por tanto, tomando en cuenta que en el Departamento de Calibraciones se realizaba una doble función, se plantearon las soluciones de la

Tabla 19 19.

Tabla 19 Causas y solución para el área de influencia denominada Control

Causa	Solución
6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo.	Separar las funciones de los dos colaboradores del área de programación y que uno de ellos se encargue del orden, control exclusivo y asignación de los equipos que llegan a ser calibrados a las instalaciones de MET-CAL.
4.1 No existe un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración.	
6.2 Los equipos que no se calibran en la fecha asignada pasan al final de la lista de pendientes.	
1.2 Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón.	
3.1 Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico.	
1.1 No se cuenta siempre con todos los equipos patrón en el laboratorio.	Crear un listado para identificar la necesidad de patrones con los cuales cumplir con las tareas sin afectar las calibraciones en el plantel del cliente ni el del laboratorio.

Fuente: El autor.

Para las causas 6.1, 4.1, 6.2, 1.2 y 3.1 se plantea la siguiente solución: “Separar las funciones de los dos colaboradores del área de programación y que uno de ellos se encargue del orden, control exclusivo y asignación de los equipos que llegan a ser calibrados a las instalaciones de MET-CAL”.

Al haber dos colaboradores, se plantea en primer término que uno de ellos asuma las programaciones en las instalaciones del cliente. Esta persona tendrá acceso a la información de qué equipos se calibran en el plantel del cliente y cuáles en MET-CAL; puede establecer una buena comunicación con el cliente y coordinar con el mensajero la actividad de recolecta y devolución de los equipos calibrados en el laboratorio. Conociendo cuándo llegan los equipos, el coordinador de programaciones puede ingresar estos equipos de una vez en el calendario de Outlook.

Por su parte, la segunda persona se hará cargo del control de los equipos una vez que llegan al laboratorio, revisará la información de los equipos contra la información de la orden de trabajo, y en caso de cualquier anomalía se comunicará con el cliente. Este colaborador será responsable del debido almacenamiento del equipo y programación de la calibración, así como de darle seguimiento al equipo mientras permanezca en las instalaciones de MET-CAL.

Esta persona manejará lo que en *Lean* se denomina un almacén, es decir, será el responsable de suministrar los equipos a los técnicos; de esta manera se evita entregar más equipos de los que los técnicos puedan calibrar, pues irá entregando equipos conforme los técnicos vayan finalizando sus labores. Un efecto positivo es que será capaz de controlar la cantidad de equipos que se calibran, así como la de los equipos pendientes de calibración; con esto se evita asignarles a dos técnicos el mismo equipo patrón. Y en caso de suceder, podrá tener control sobre la lista de equipos en espera, y así minimizará el problema del “choque de equipos patrón”.

Asimismo, podrá dividir los equipos por tipo de variable y no por cliente, de forma tal que se reduzcan considerablemente los tiempos de *set-up* y se estimule la productividad con esta medida.

En caso de que un equipo no se calibre en la fecha asignada, tendrá el control para reasignarlo o ponerlo en calibración lo más pronto posible y no dejarlo al final de la lista de espera, como hasta el momento se ha realizado.

Con esta persona a cargo de los equipos que están siendo calibrados en las instalaciones de MET-CAL se tendrá un control más estricto sobre la permanencia de

equipos en el laboratorio, se podrá llevar un control de la productividad y se minimizarán los errores que se han presentado históricamente. Se podrán tener datos semanales, con lo que se procederá a tomar decisiones predictivas para reducir al máximo la cantidad de equipos que superan el tiempo meta de estancia en el laboratorio.

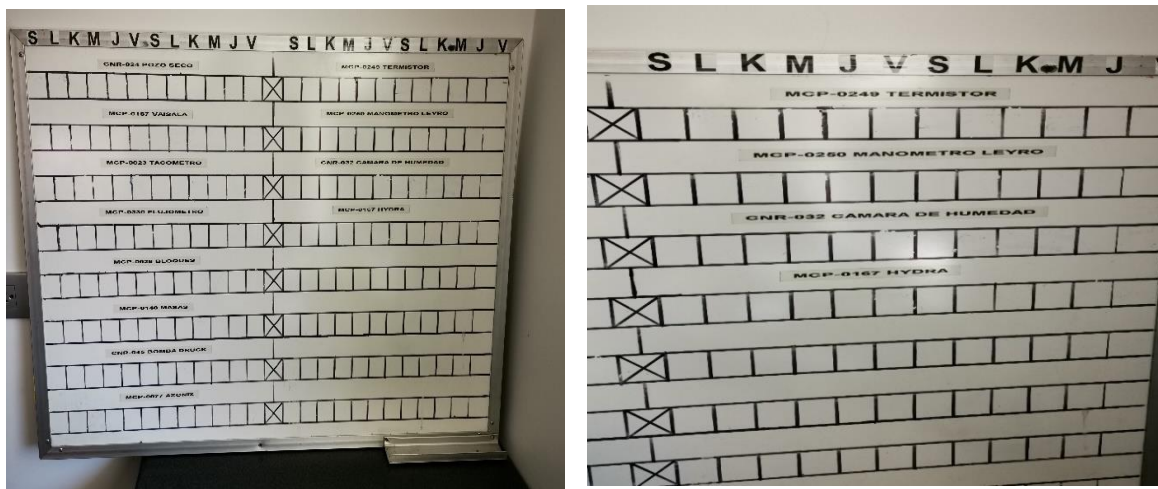
Lo importante de esta solución es que se hace un acomodo de funciones con el mismo personal y no se incurre en un costo adicional en las operaciones normales del laboratorio.

Para la causa 1.1 se plantea la solución de “Crear un listado para identificar la necesidad de patrones con los cuales cumplir con las tareas sin afectar las calibraciones en el plantel del cliente ni el del laboratorio”. Esta solución implica un costo económico que la Gerencia está dispuesta a analizar. Específicamente el Gestor de Servicios y el Gestor de Metrología tendrán que identificar la necesidad de equipos patrón que tiene el laboratorio, harán un estudio para priorizar la urgencia de cada uno y plantear, junto con la Gerencia General, un plan de compra de equipos según la demanda que experimente el laboratorio.

Para el diseño de esta propuesta se aprovecha el conocimiento y experiencia que tienen los dos colaboradores del Departamento de Programaciones. Al realizar la separación de funciones descrita en la solución #1, el seguimiento de los equipos que se calibran en el laboratorio se concentrará en uno de los colaboradores, a quien se le delegó esa responsabilidad con miras a que se empodere y continúe con el desarrollo de la mejora continua. Se le recalcó la importancia y el impacto que genera este proceso para el logro de los objetivos del proyecto y los objetivos generales de la organización, tendiente a que el proceso de mejora se mantenga en el tiempo. Y para esto se trabajaron las siguientes actividades en específico con esta persona:

- Llevar un indicador de la cantidad de equipos que permanecen en el laboratorio, donde se explicita cuántos y cuáles equipos tienen menos de 8 días de permanencia, más de 8 días, más de 15 días o más de 20 días en las

Figura 23 Pizarra de control de equipos críticos



Fuente: El autor.

Para llevar a cabo la solución #1 se dispuso del presupuesto que se puede observar en la Tabla 21.

- También junto con el Gestor de Metrología se elaborará un listado de los equipos patrón faltantes, que son necesarios para tener doble juego de equipos patrón en las variables críticas, en las que durante el desarrollo del proyecto se detectó una fuerte afectación.

En la Tabla 20 se puede apreciar el listado de equipos críticos, categorizados en 5 niveles de prioridad (baja, media baja, media, media alta y alta). El nivel “bajo” corresponde a aquellos equipos que no son tan prioritarios, y no harían un aporte significativo a la productividad. En cambio, en el nivel alto se encuentran los equipos cuya ausencia hace que se atrasen las actividades de calibración y que provocan problemas de productividad y tiempos de entrega.

Tabla 20 Equipos patrón faltantes

Categoría	Puntuación
baja	1
media baja	2
media	3
media alta	4
alta	5

Equipos necesarios	Prioridad Gestor de Metrología	Prioridad Gestor de Servicios	Clasificación final
Bomba hidráulica	Alta	Alta	Alta
Pozo seco <= -25 °C	Alta	Alta	Alta
Bañera	Alta	Alta	Alta
Bloques en mm	Alta	Alta	Alta
Bloques en in	Alta	Alta	Alta
Sets E2 (1 mg a 1 kg)	Alta	Alta	Alta
Sets F1 (1 mg a 1 kg)	Alta	Alta	Alta
Indicador Vaisala	Alta	Alta	Alta
Masas E1 (1mg-100g)	Alta	Alta	Alta
Analizadores de torque en varios rangos	Alta	Alta	Alta
Set de masas para colgar hasta 200 lb y accesorios	Alta	Alta	Alta
Cámara para humedad relativa para ampliar alcance	Alta	Alta	Alta
Multifunción Fluke 725	Alta	Alta	Alta
Patrón de tiempo	Alta	Alta	Alta
Accesorios para radiometría	Alta	Alta	Alta
Pozo seco > 400 °C	Media	Alta	Media alta
Micrómetro láser	Media	Alta	Media alta
Tacómetro (Ametek)	Media	Alta	Media alta
Masa 10 kg y 20 kg F1 y E2	Media	Alta	Media alta
Masas 2 Kg F1	Media	Alta	Media alta
Celda de carga	Media	Alta	Media alta
Pozo seco de 600 °C a 1200 °C	Media	Alta	Media alta
Bomba neumática	Media	Alta	Media alta
Multifunción Fluke 744-754	Media	Alta	Media alta

Equipos necesarios	Prioridad Gestor de Metrología	Prioridad Gestor de Servicios	Clasificación final
Termómetros portátiles 0.001 °C	Media	Media	Media
Cámara puntos fríos	Media	Media	Media
Calibrador de infrarrojos < 0°C y sustituto	Media	Media	Media
Balanzas volumen	Media	Media	Media
Masa de 500 kg	Baja	Media	Media baja
Minilogger 24 ch	Baja	Media	Media baja
Micrómetro de alta exactitud	Media	Baja	Media baja
RTD para pozo Fluke	Baja	Baja	Baja
Medidor de altura	Baja	Baja	Baja
Generador de funciones	Baja	Baja	Baja
Balanza para densidad	Baja	Baja	Baja

Fuente: Gestor de Metrología, laboratorio MET-CAL.

En la Tabla 21 se brinda el detalle del presupuesto utilizado para ejecutar esta solución.

Tabla 21 Presupuesto para implementar la solución #1

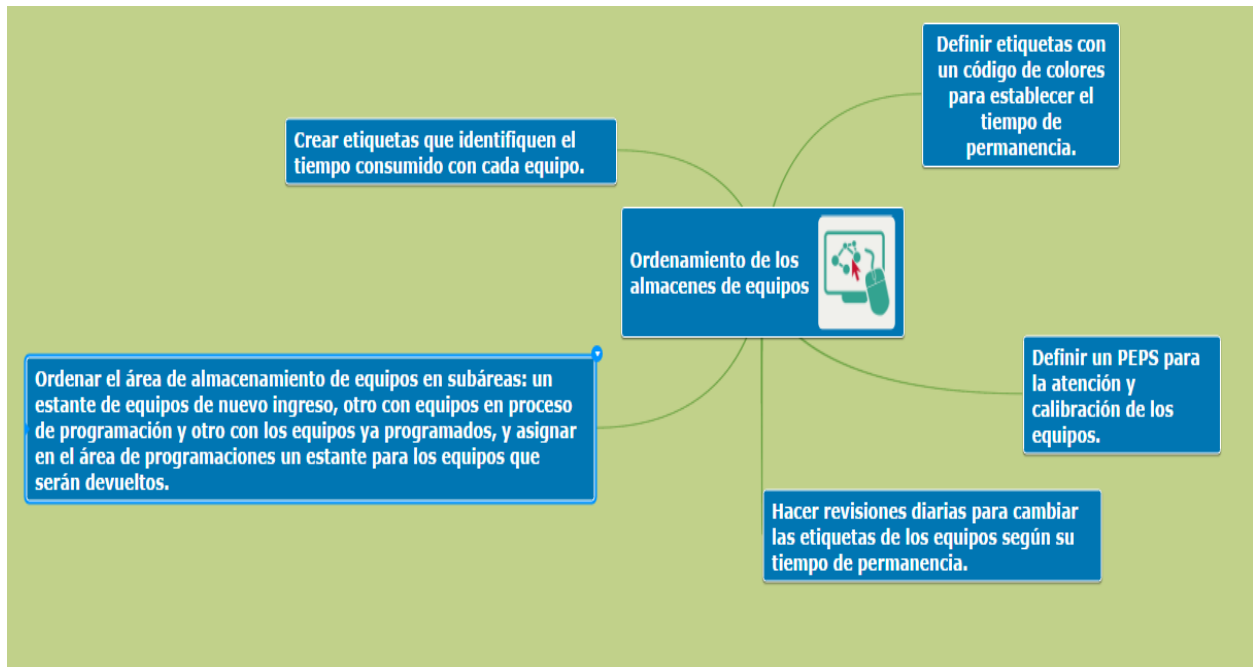
Actividad	Costo (₡)
Sesiones explicativas para los colaboradores de programaciones	100 000
Sesiones explicativas para Josseth Mejía	50 000
Materiales para confección de indicadores	5000
Confección de los indicadores	25 000
Confección de la pizarra de equipos críticos	20 000
Elaboración de la lista de equipos patrón faltantes	91 000
Total	291 000

Fuente: El autor.

Propuesta de mejora #2 Orden de los almacenes de equipos

Para la solución # 2 se plantearon las ideas de la Figura 24.

Figura 24 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #2



Fuente: El autor.

En la Tabla 22 se ofrece la priorización de las soluciones que se plantearon.

Tabla 22 Priorización de soluciones para propuesta de mejora #2

Solución	Viabilidad y solución del problema	Costo	Tiempo de implementación	Total
Ordenar el área de almacenamiento de equipos en subáreas, un estante de equipos de nuevo ingreso, otro con equipos en proceso de programación y otro con los equipos ya programados, y asignar en el área de programaciones un estante para los equipos que serán devueltos.	10	10	10	30
Crear etiquetas que identifiquen el tiempo consumido con cada equipo.	5	10	4	19
Definir etiquetas con un código de colores para establecer el tiempo de permanencia.	5	10	4	19
Hacer revisiones diarias para cambiar las etiquetas de los equipos según su tiempo de permanencia.	4	7	4	15
Definir un PEPS para la atención y calibración de los equipos.	4	6	4	14

Fuente: El autor.

Las últimas cuatro se descartaron porque conllevaban muchas horas de seguimiento, y no solucionaban el problema de la reducción de tiempos de permanencia de los equipos. El etiquetado fue puesto en práctica, pero el seguimiento y mantenimiento de la actividad resultaba muy tedioso y no dio resultados.

El manejo de los equipos mediante la técnica de “primero en entrar, primero en salir” no es posible pues los equipos entran con diferentes prioridades y requerimientos de contratos, por lo que atenderlos de esta manera no brindaba ninguna solución. A raíz de lo anterior, sale a relucir la solución de la Tabla 23.

Tabla 23 Causas y solución para el área de influencia denominada Orden.

Causa	Solución
2.1 El espacio de almacenamiento de equipos no está ordenado.	Ordenar el área de almacenamiento de equipos en subáreas, un estante de equipos de nuevo ingreso, otro con equipos en proceso de programación y otro con los equipos ya programados, y asignar en el área de programaciones un estante para los equipos que serán devueltos.

Fuente: El autor.

Para la causa 2.1 se plantea la siguiente solución: “Ordenar el área de almacenamiento de equipos en subáreas, un estante de equipos de nuevo ingreso, otro con equipos en proceso de programación y otro con los equipos ya programados, y asignar en el área de programaciones un estante para los equipos que serán devueltos”.

Esto responde a la lógica de que, si los equipos se mantienen juntos en la misma área, tienden a generar confusión y desorden. Bajo el principio de *Lean* de administración visual se reubicarán los estantes para separar los equipos según la etapa en que se encuentren del proceso de calibración. Ya sea equipos en ingreso, equipos en programación, equipos programados, equipos para reprogramación o equipos para devolución.

Con el principio de administración visual y 5 S, se podrá manejar un orden que ayudará al control de los equipos dentro del laboratorio y de esta manera se facilitará la labor de programación de los equipos para su respectiva calibración.

Para el diseño de la propuesta de mejora se aprovecha que el laboratorio cuenta con dos almacenes de equipos. El primero se encuentra ubicado en las oficinas de Programaciones, en la planta baja, donde se almacenan los de nuevo ingreso y los que se retornarán a los clientes, ya calibrados. La segunda área corresponde al almacén de equipos en proceso, es decir, los que están siendo sujetos a calibración, se hallan en plena calibración.

Para fomentar un flujo de trabajo continuo y que se tenga un control estricto y en tiempo real se propusieron las siguientes acciones de apoyo a la solución #2.

- Se realizó el traslado de los equipos de nuevo ingreso del Departamento de Programaciones al almacén de equipos en proceso y se destinó un estante exclusivo para aquellos, donde son revisados antes de colocarlos en calibración. Es acá donde se lleva el control con en el registro de equipos que permanecen en el laboratorio, para darles seguimiento mientras se calibran. La Figura 25 consiste en una toma del mencionado estante.

Figura 25 Estante de equipos de nuevo ingreso



Fuente: El autor.

- Se colocó un estante en el almacén exclusivo para los equipos que están pendientes de programar, es decir, son equipos que ya ingresaron, fueron recibidos adecuadamente y están en cola para que se les asigne su proceso de calibración. En la Figura 26 se puede observar este estante.

Figura 26 Estante de equipos pendientes de programar



Fuente: El autor.

- En el mismo almacén se asignó un estante para los equipos que ya se encuentran programados o asignados a un técnico para proceder con la calibración. La Figura 27 proporciona una imagen de dicho estante.

Figura 27 Estante de equipos programados



Fuente: El autor.

- En la Figura 28 se muestra cómo fue rotulado el estante donde se colocan los equipos de nuevo ingreso. Es acá donde se hace la revisión de las especificaciones y se ingresa la información al control de equipos en el laboratorio.

Figura 28 Estante de equipos de nuevo ingreso



Fuente: El autor.

En la Figura 29 se observa un acercamiento de la rotulación del estante de los equipos pendientes de programar, los equipos que ya están programados y los equipos de “casos especiales”. Estos últimos consisten en equipos que tienen alguna situación particular por la cual todavía no pueden pasar al proceso de calibración, ya sea porque faltan datos, falta la orden de compra, no cuentan con algún accesorio, o la información no es congruente con lo solicitado por el cliente.

Figura 29 Estante de equipos programados o por programar



Fuente: El autor.

En la Figura 30 se muestra la rotulación del estante de equipos ya asignados a los técnicos. En él se colocan los equipos separados por variable de calibración que ya están asignados en una fecha en específico a un técnico de calibración.

Figura 30 Estante de equipos asignados a un técnico de calibración



Fuente: El autor.

Por su parte, la Figura 31 otorga tres perspectivas del espacio destinado en la Oficina de Programaciones para el estante de equipos para devolución. En esta área los equipos se revisan y empaican para ser enviados a los diferentes clientes o bien se preparan para que el cliente pase a recogerlos.

Figura 31 Estante de equipos para devolución



Fuente: El autor.

Estos cambios le permitieron al encargado de Programaciones manejarse con mayor orden y control de los equipos que se encuentran dentro del laboratorio, y así tener noción sobre los tiempos de permanencia, que le permita tomar decisiones oportunas para que los equipos no sobrepasen la meta de 7 días.

Para llevar a cabo la solución #2 se dispuso del presupuesto tal como se desglosa en la Tabla 24.

Tabla 24 Presupuesto para implementar la solución #2

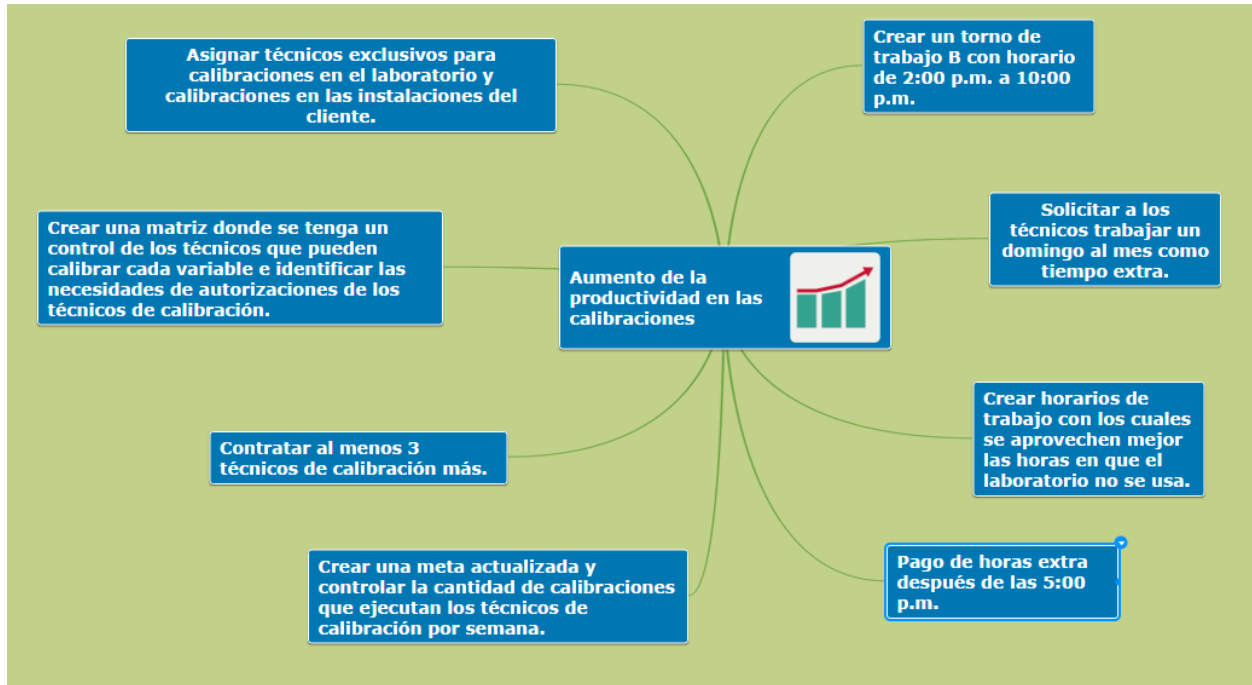
Actividad	Costo (C)
Materiales para rotular	15 000
Traslado y acomodo de los estantes	85000
Rotular los estantes	30000
Total	115000

Fuente: El autor.

Propuesta de mejora #3 Aumento de la productividad en las calibraciones

Para la solución #3 se plantearon las ideas de la Figura 32.

Figura 32 Lluvia de ideas para la propuesta de mejora #3



Fuente: El autor.

En la Tabla 25 se organizan en orden de prioridad las soluciones que se formularon.

Tabla 25 Priorización de soluciones para propuesta de mejora #3

Solución	Viabilidad y solución del problema	Costo	Tiempo de implementación	Total
Crear una matriz donde se tenga un control de los técnicos que pueden calibrar cada variable e identificar las necesidades de autorizaciones de los técnicos de calibración.	8	10	9	27
Crear horarios de trabajo con los cuales se aprovechen mejor las horas en que el laboratorio no está en uso.	8	9	8	25
Crear una meta actualizada y controlar la cantidad de calibraciones que ejecutan los técnicos por semana.	7	10	8	25
Asignar técnicos exclusivos para calibraciones en el laboratorio y calibraciones en las instalaciones del cliente.	5	7	7	19
Contratar al menos 3 técnicos de calibración más.	4	5	4	13
Pago de horas extra después de las 5:00 p.m.	4	5	4	13
Solicitar a los técnicos trabajar un domingo al mes como tiempo extra.	4	4	4	12
Crear un turno de trabajo B con horario de 2:00 p.m. a 10:00 p.m.	5	4	3	12

Fuente: El autor.

Las soluciones situadas al fondo de la tabla fueron rechazadas por la Gerencia General ya que no es factible dividir los técnicos, de tal manera que se tengan técnicos de calibración para el laboratorio y otros en el sitio del cliente, pues las labores de logística son muy distintas en un caso y en el otro, y se perdería la competitividad del laboratorio. Asimismo, la Gerencia General no desea mantener abierto el laboratorio

después de las 8:00 p.m. para proteger la integridad de los colaboradores, y no contempla extender su horario en un futuro cercano.

Además, hacer nuevas contrataciones no es factible hasta no mejorar los procesos. Y la Gerencia General es del criterio de que el uso de las horas extras no garantiza aumentar la productividad, pero sí ocasiona un gasto mayor.

Por lo tanto, se seleccionan únicamente las soluciones de la Tabla 26.

Tabla 26 Causas y solución para el área de influencia denominada Productividad

Causa	Solución
5.2 No todos los técnicos calibran los mismos equipos.	Crear una matriz donde se tenga un control de los técnicos que pueden calibrar cada variable e identificar las necesidades de autorizaciones de los técnicos de calibración.
5.1 Se cuenta con un solo horario de trabajo.	Crear horarios de trabajo con los cuales se aprovechen mejor las horas en que el laboratorio no está en uso.
3.3 No existen indicadores de productividad.	Crear una meta actualizada y controlar la cantidad de calibraciones que ejecutan los técnicos por semana.

Fuente: El autor.

Para la causa 5.2 se plantea la siguiente solución: “Crear una matriz donde se tenga un control de los técnicos que pueden calibrar cada variable e identificar las necesidades de autorizaciones de los técnicos de calibración”. Es decir, se creará una matriz donde se pueda apreciar la variable de calibración y el técnico autorizado; así a los coordinadores de programaciones se les facilitará seleccionar el personal adecuado conforme a la variedad de equipos con los que se cuenta para el proceso de calibración.

Al haber técnicos de calibración que no están autorizados, se le resta competitividad y productividad al laboratorio. Con esta matriz se espera crear un plan de capacitación a cargo del Gestor de Servicios para poder autorizar a más técnicos en las variables con más frecuencia de calibración, agilizar el proceso de programación de calibraciones y

por ende aumentar la productividad y reducir los tiempos de permanencia de los equipos en el laboratorio.

Para la causa 5.3 se plantea lo siguiente: “Crear horarios de trabajo con los cuales se aprovechen mejor las horas en que el laboratorio no se usa”. Actualmente la jornada de trabajo es de lunes a viernes de 7:30 a.m. a 5:00 p.m., dejando el laboratorio en desuso después de esa hora, así como los sábados y domingos.

Con el presente proyecto se pretende manejar horarios que cubran lapsos de tiempo donde el laboratorio no está usando los equipos, donde no hay tanto personal y la mayoría de los equipos patrón se encuentran en el laboratorio. Para el diseño de la propuesta # 3 se realizan las siguientes acciones:

- Se genera una matriz donde se lee el nombre del técnico de calibración y las variables en las cuales está autorizado para realizar calibraciones; esto empoderará a los técnicos para ser dueños de su proceso de autorización, tendrán el control de qué variables tienen pendientes y de esta manera pueden solicitar colaboración al Gestor de Servicios, o al Gestor de Metrología, y al Departamento de Programaciones, para completar los requisitos de las autorizaciones. Estarán conscientes del impacto que generan en la mejora continua del laboratorio y en el incremento de la productividad, se fomentará una sana competencia entre los técnicos que se responsabilizarán de la búsqueda de requisitos para cumplir con cada etapa del proceso de autorización. En el
- *Anexo 5 5* se puede apreciar un extracto de la matriz de autorizaciones para los técnicos de calibración.
- Para el diseño de la jornada laboral se realizaron varias sesiones de trabajo con la Gerencia General, donde se discutieron las necesidades del laboratorio, y la posibilidad de ampliar horarios (según la legislación laboral actual). Se discutieron varias propuestas de horarios, incluso se propuso crear un turno B que podría entrar a las 2:00 p.m. y salir a las 10:00 p.m., pero no contó con el apoyo de Gestor General. El horario de trabajo normal del laboratorio es de lunes a viernes de 7:30 a.m. a 5:00 p.m. para 9 de los técnicos, y hay una variante donde tres técnicos trabajan de martes a sábado en el mismo horario,

de forma que solo de martes a viernes se cuenta con los 12 técnicos trabajando de forma conjunta.

El Gestor General mantuvo reuniones y negociaciones con varios técnicos para llegar al acuerdo de la nueva jornada laboral que generó un aumento en la productividad del laboratorio al aprovechar las instalaciones y equipos patrón en horarios en que todos estaban siendo desaprovechados, y en horarios de poco personal se logró aumentar la cantidad de colaboradores, lo que permitió que el Departamento de Programaciones aplicara de forma más eficiente los recursos del laboratorio. En la Tabla 27 se pueden observar los horarios propuestos para la mejora.

Tabla 27 Horarios propuestos para la mejora

Cantidad de técnicos	Jornada de trabajo	Hora de entrada	Hora de Salida	Observaciones
1	Martes a sábado	9:30 a.m.	7:30 p.m.	N/A
1	Lunes a sábado	9:30 a.m.	7:30 p.m.	Los sábados trabaja de 7:30 a.m. a 12:00 m.
2	Lunes a viernes	7:30 a.m.	5:00 p.m.	N/A
5	Lunes a sábado	7:30 a.m.	12:00 m.	N/A
2	Martes a sábado	7:30 a.m.	5:00 p.m.	N/A
1	Jueves a domingo	7:30 a.m.	5:00 p.m.	Los sábados trabaja de 7:30 a.m. a 12:00 m. Hasta el momento se cuenta con 1 técnico. Gerencia está analizando contratar 2 más.

Fuente: El autor.

De esta manera se amplía la jornada de trabajo de martes a viernes en dos horas y media más, y se tiene capacidad los sábados con 3 técnicos en horario de 7:30 a.m. a 5:00 p.m., además de otros 7 técnicos también los sábados de 7:30 a.m. a 12 m., y los domingos 1 técnico de 7:30 a.m. a 5:00 p.m.

Con esto se aumenta y se aprovecha la capacidad instalada del laboratorio, se optimiza la productividad y se reduce el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio. En la Tabla 28 se especifica cómo es el aumento de horas efectivas de trabajo por semana después del cambio de horario.

Tabla 28 Horas efectivas de trabajo por semana después del cambio de horario

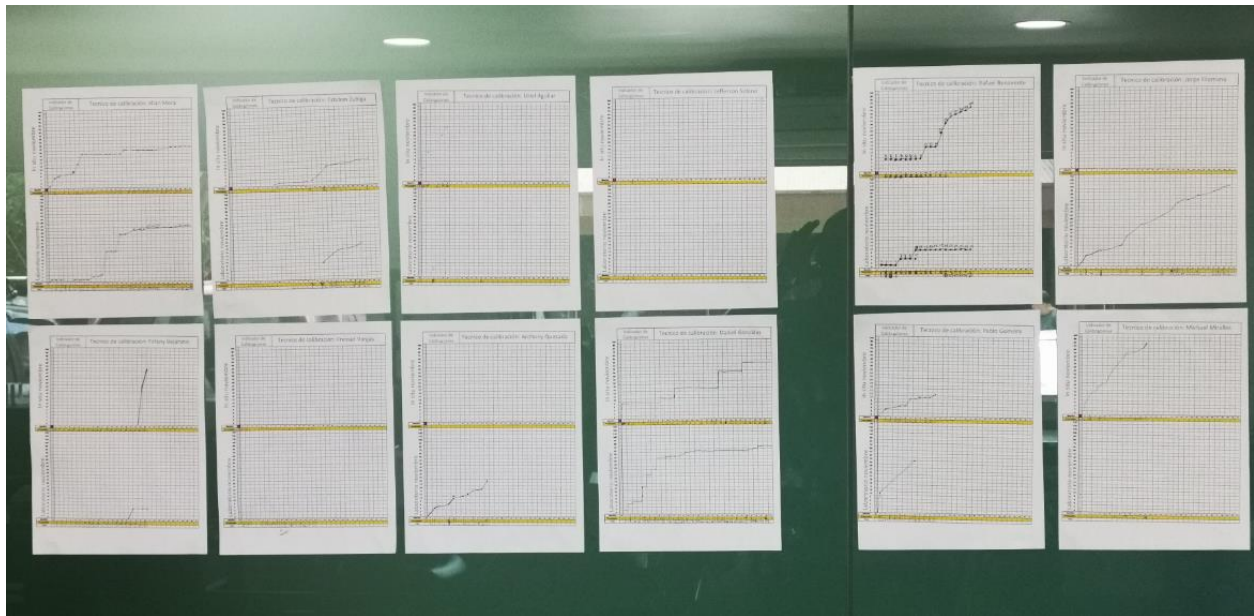
Horas de trabajo	
Antes del cambio	Después del cambio
96	123

Fuente: El autor.

Para las causas 3.3 y 3.2 se plantea lo siguiente: “Crear una meta actualizada y controlar la cantidad de calibraciones que ejecutan los técnicos de calibración por semana”.

- Como se explicó, la meta actual de 80 calibraciones mensuales por técnico tiene más de tres años de haberse establecido y no se apega a la actualidad del laboratorio. Con ayuda del Gestor General se determinó la cantidad mínima de equipos que se deben calibrar por mes para ser rentables; después de determinar este número, se fijó la meta mensual de 120 calibraciones por mes por técnico de calibración. Asimismo, se implementó un indicador en el que los técnicos de calibración registran sus calibraciones y llevan el control de sus labores diarias, lo que fomenta el aumento de la productividad individual y por ende la productividad general del laboratorio. En la Figura 33 se presentan los indicadores de calibraciones diarias.

Figura 33 Indicadores de calibraciones diarias



Fuente: El autor.

Para llevar a cabo la solución #2 se dispuso del presupuesto que se desglosa en la Tabla 29.

Tabla 29 Presupuesto para implementar la solución #3

Actividad	Costo (C\$)
Sesiones de actualización y elaboración de la matriz de autorizaciones de los técnicos de calibración.	94 000
Sesiones para definir la meta mensual actual de calibraciones por técnico de calibración.	120 000
Implementación de nuevos horarios.	450 000
Total	664 000

Fuente: El autor.

El diseño e implementación de las propuestas de mejora traen consigo una serie de implicaciones en cuanto al costo asociado, tal como se aprecia en la Tabla 30.

Tabla 30 resumen de propuestas, principales implicaciones y costos

Propuesta de mejora	Principales implicaciones	Costo (€)
Separación de funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se asigna de forma exclusiva una persona para el control de los equipos en el laboratorio. • Se lleva un control para calibrar los equipos por variable y no por clientes. • Se agiliza el proceso de reprogramación de los equipos que no se calibran en el tiempo asignado. • Se dispone de un indicador para el tiempo que llevan los equipos en el laboratorio. • Se genera una pizarra para el control de los 	291 000

Propuesta de mejora	Principales implicaciones	Costo (€)
	equipos críticos.	
Orden de los almacenes de equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Se reacomodan los equipos en las diferentes áreas destinadas para tal efecto, mediante asignar estantes para los equipos de nuevo ingreso, los pendientes de programar y los programados. • Se establece un área única para los equipos para devolución. 	115 000
Aumento de la productividad en las calibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se genera una matriz para el control de las autorizaciones de los técnicos de calibración. • Se establecen nuevos horarios de labores, con lo que se aumentaron las horas efectivas de trabajo y el tiempo 	

Propuesta de mejora	Principales implicaciones	Costo (₴)
	<p>de uso de los equipos patrón en el laboratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se establece una meta de calibraciones mensuales. 	664 000

Fuente: El autor.

5.1.1 Formato A3

El formato A3 constituye una herramienta para solucionar las principales causas del problema maximizando el aprendizaje y la adaptación de la solución al rol de las labores. Concretamente, los formatos A3 utilizados en este proyecto se pueden apreciar en el Anexo 6.

5.2 Implementación

En esta sección se presentará la forma en que se realiza la implementación, se muestran las acciones que se desarrollaron enfocadas en las tres áreas de mejora explicadas anteriormente, y mediante el diagrama de Gantt se presentan las actividades en específico que conformaron este proyecto de mejora.

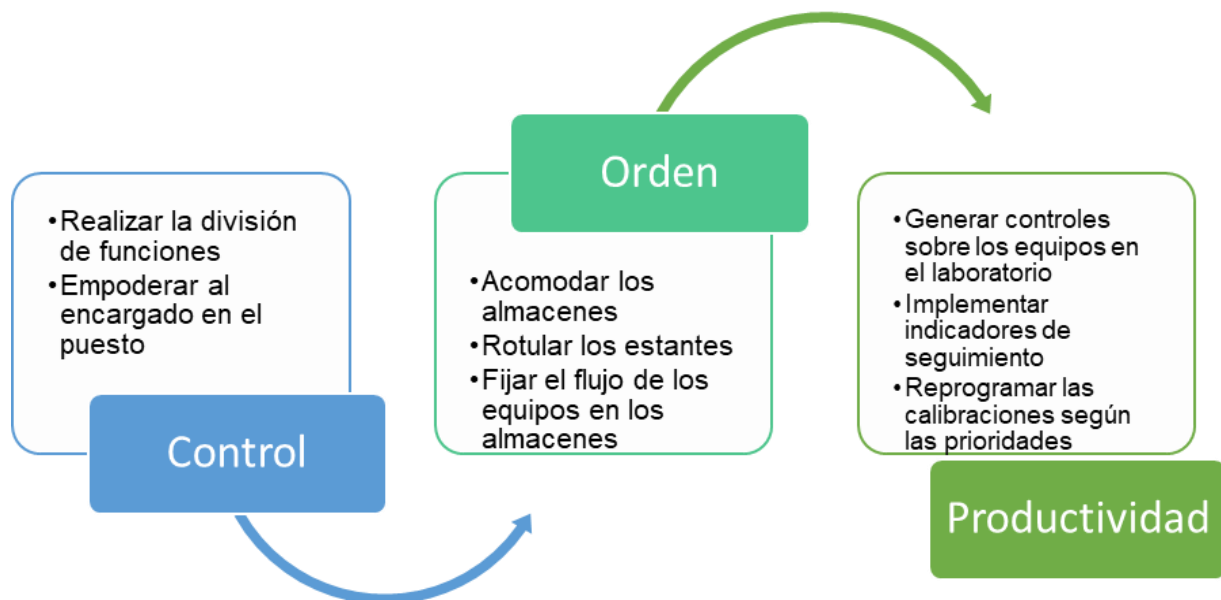
5.2.1 Ruta de mejora

La ruta de mejora definida para el presente proyecto se enfocó en atender los problemas de los principales clientes del laboratorio de calibración, pues ellos generan los ingresos más considerables de la empresa MET-CAL y son los referentes en sus

áreas de trabajo, de quienes se espera que procedan a recomendarla tanto a nivel nacional e internacional con base en su desempeño. No hay que perder de vista que, al mejorar el proceso en general para cubrir las necesidades de los principales clientes, automáticamente también se estará mejorando la atención que se les brinda a los demás clientes.

En la Figura 34 se organizan gráficamente los pasos en que fue implementada la propuesta de mejora integral.

Figura 34 Ruta de mejora



Fuente: El autor.

Para el desarrollo de la mejora se trabajó primero en el área control, que consiste en implementar las acciones para controlar los equipos que permanecen en el laboratorio. Esto se logró con la división de funciones, al asignarle a un colaborador de forma exclusiva que lleve el seguimiento de tales equipos.

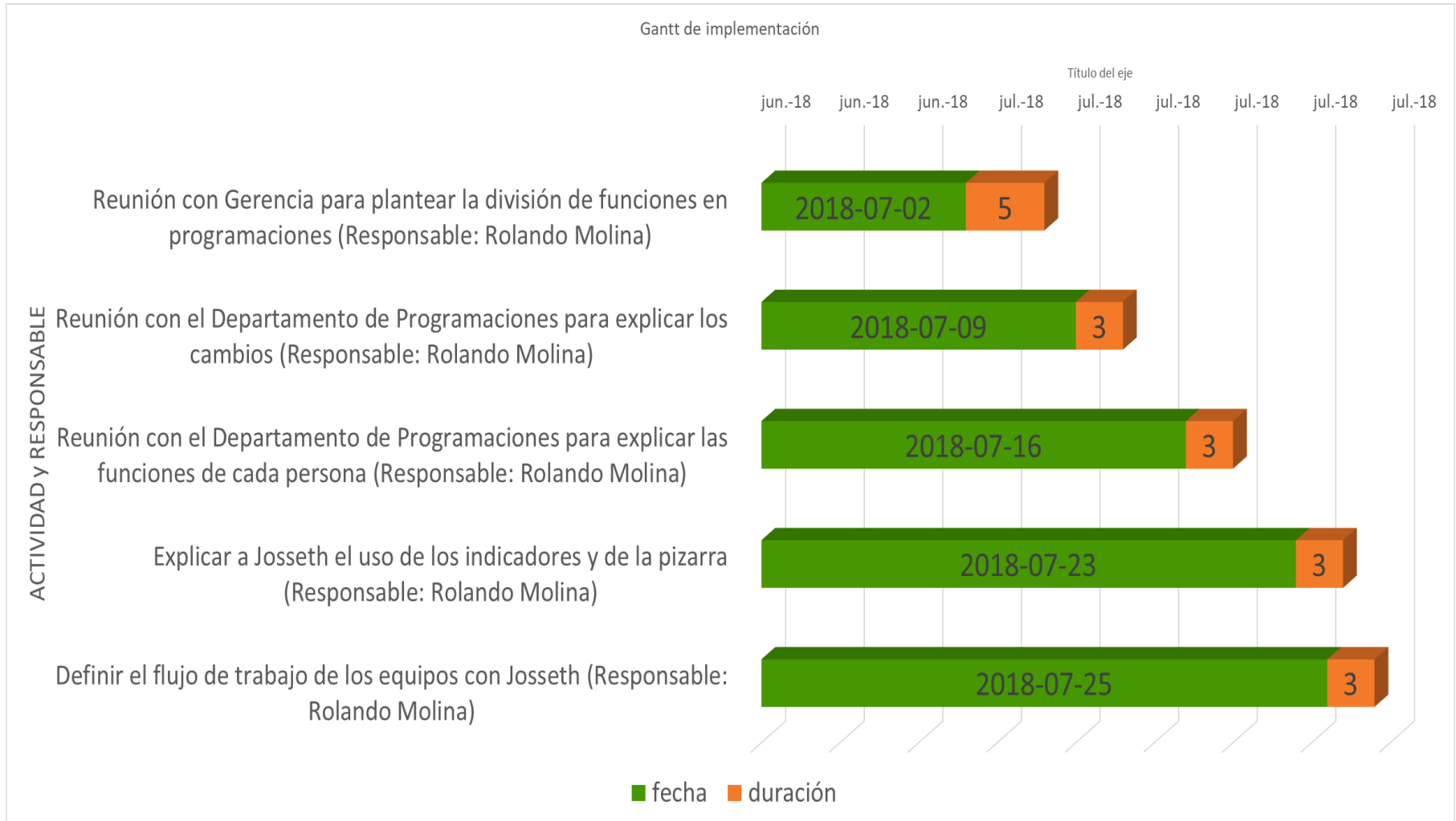
El segundo paso consistió en ordenar los almacenes de equipos, por medio de acomodar y rotular los estantes de los equipos en las áreas asignadas para tal fin, con

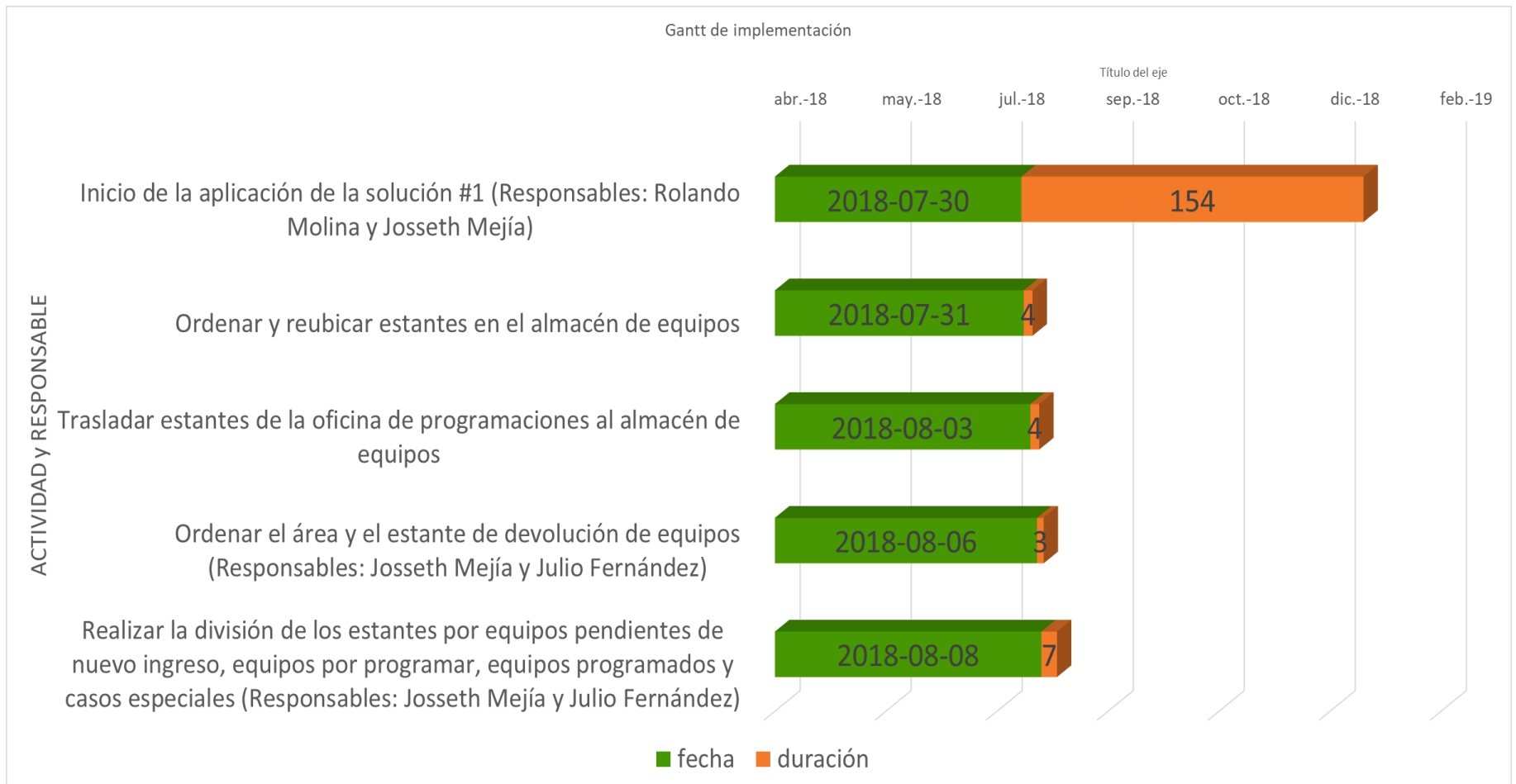
el objetivo de crear un flujo eficiente durante el proceso de calibración. Esto se realizó con el involucramiento de la persona asignada para el control de los equipos en el laboratorio.

La tercera etapa abordó el desarrollo y mejora de la productividad. Inició con la generación de los controles necesarios sobre los equipos que permanecen en el laboratorio, tales como indicadores que permiten acceder a la información necesaria para generar acciones predictivas en torno a que los equipos no permanezcan más de lo establecido en el proceso de calibración.

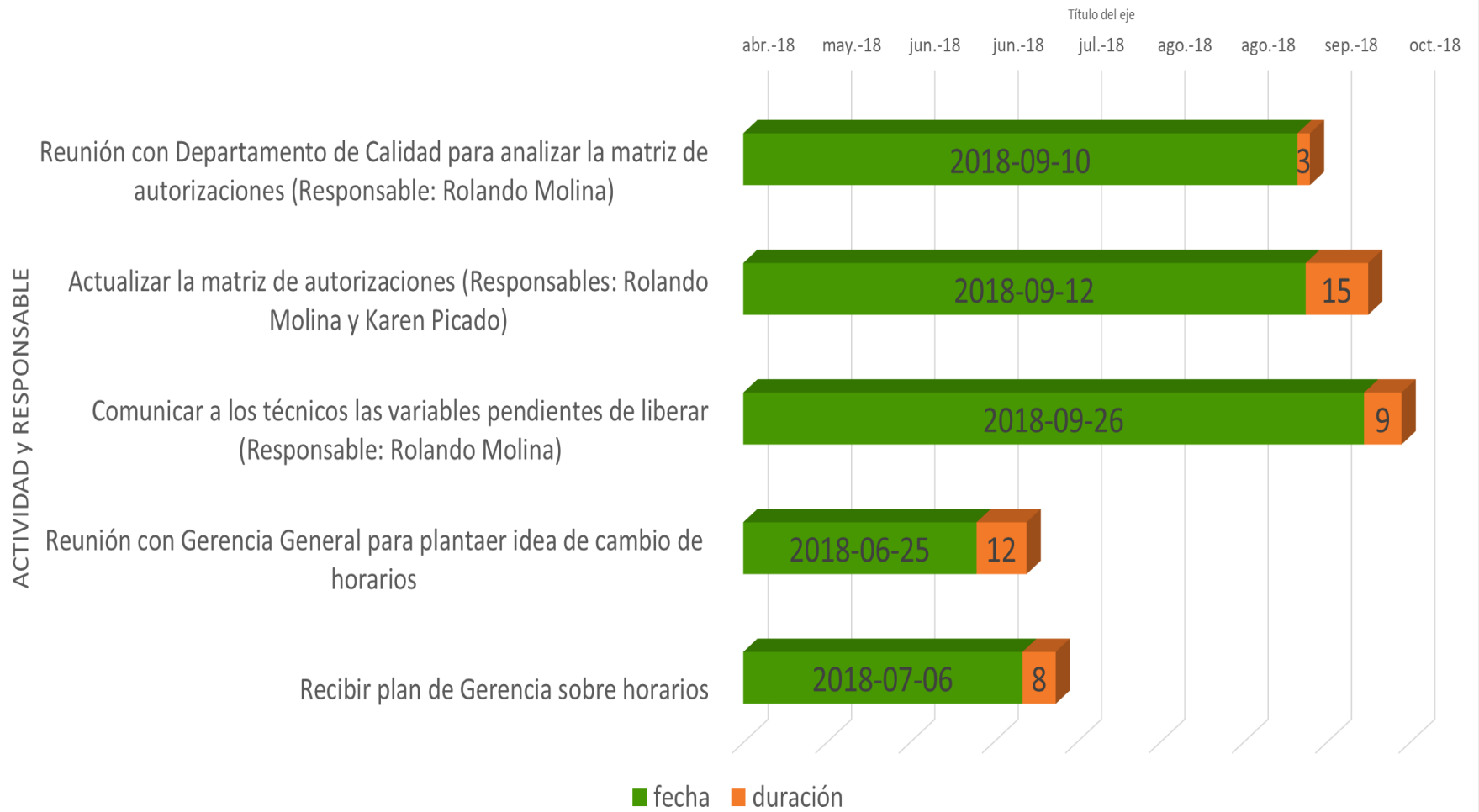
En la Figura 35 se muestra el diagrama de Gantt utilizado para la implementación de las mejoras derivadas de este proyecto.

Figura 35 Diagrama de Gantt

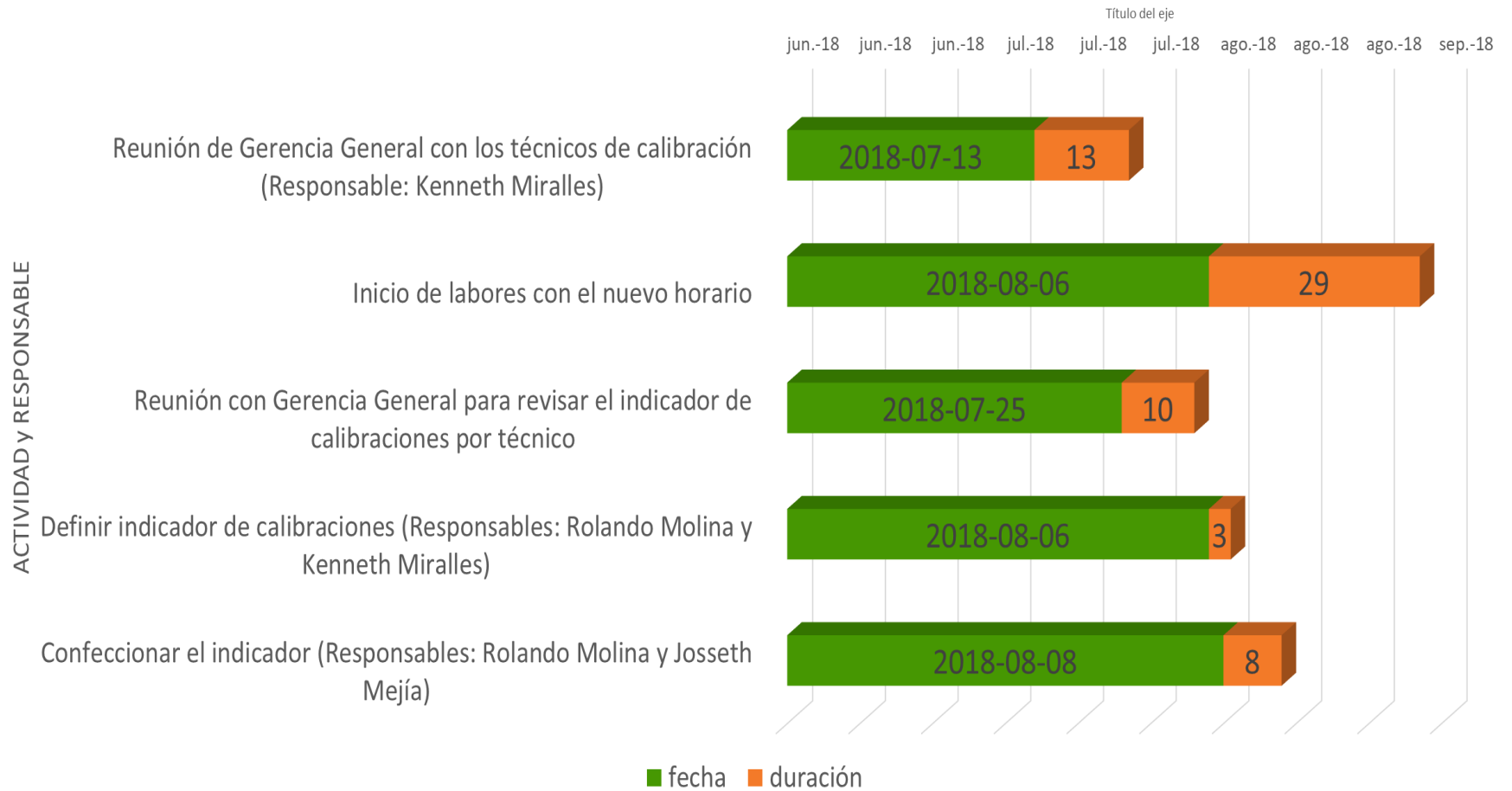


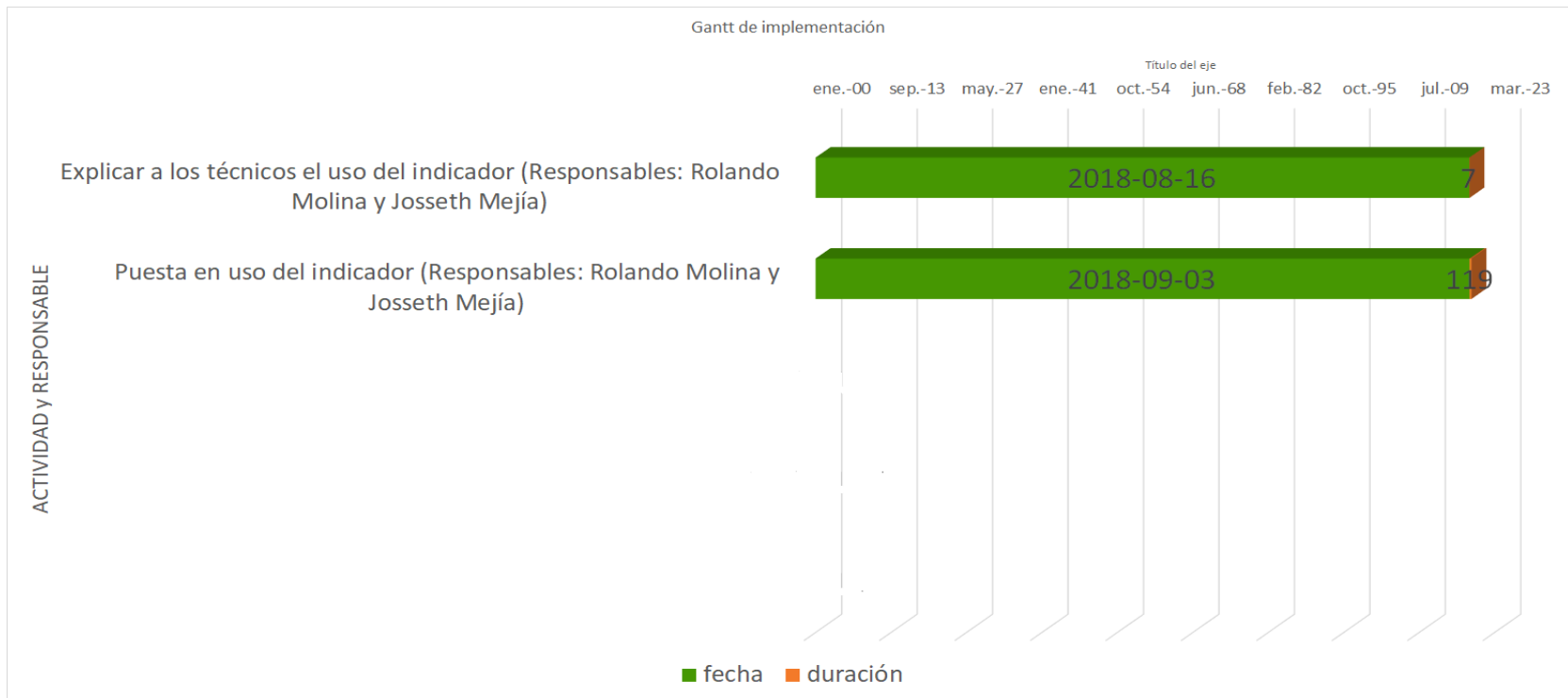


Gantt de implementación



Gantt de implementación





Fuente: El autor.

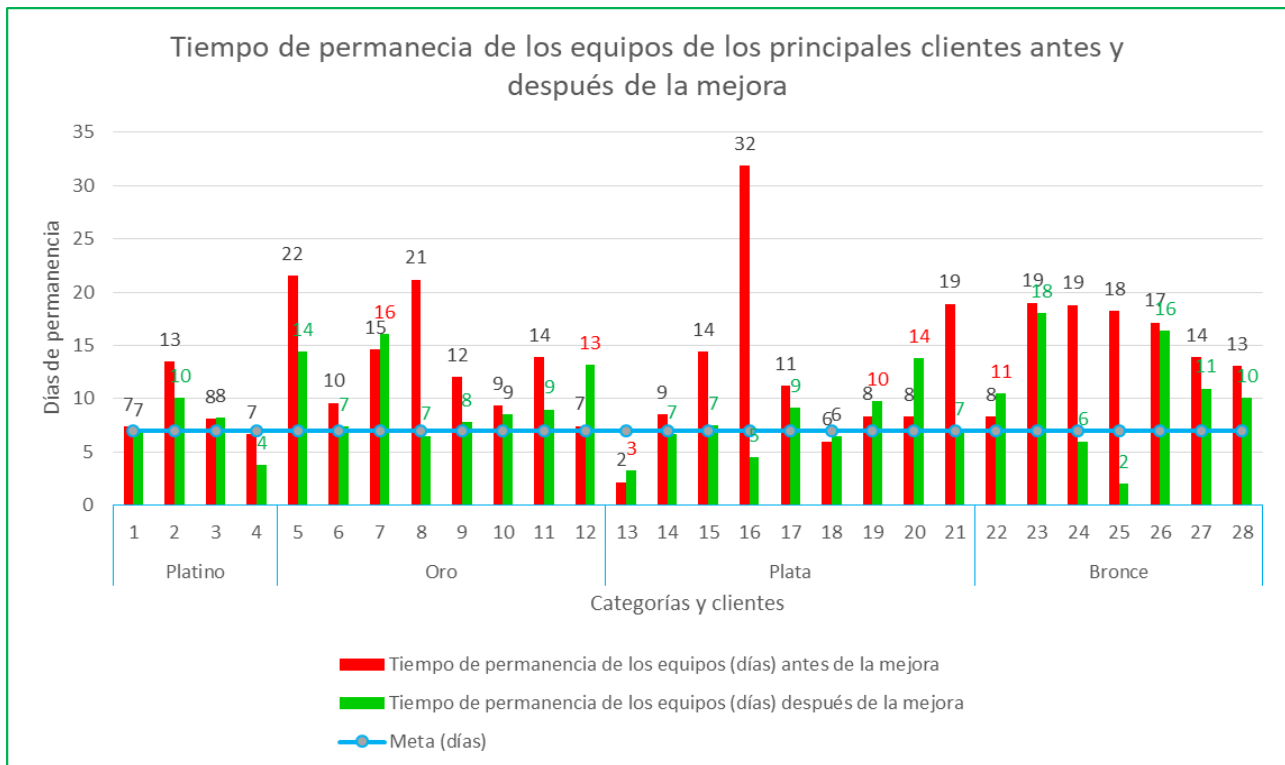
5.3 Resultados

Después de diseñar e implementar las soluciones al problema planteado se obtienen los siguientes resultados:

En la Gráfica 8 se pueden apreciar los tiempos de permanencia de los equipos de los principales clientes, tanto antes como después de la mejora. Antes de la mejora solo el 11 % de los equipos de los clientes preferenciales estaban dentro de la meta de 7 días, después de la mejora este porcentaje se elevó a un 36 %.

Después de la mejora se redujo el tiempo de permanencia de los equipos para el 64.3% de los clientes, se mantuvo el tiempo de permanencia para el 14.3 %, y no se produjo mejora para el 21.4 % de los equipos de los principales clientes.

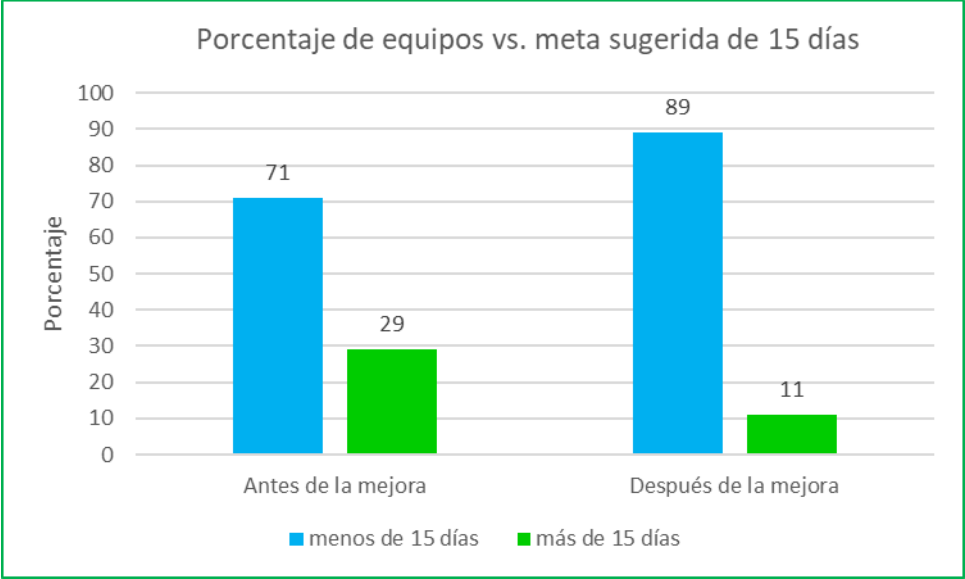
Gráfica 8 Tiempo de permanencia de los equipos de los principales clientes antes y después de la mejora



Fuente: El autor.

Ahora bien, se ha hablado de que un tiempo aceptado como normal para los clientes es de 15 días, por lo que si comparamos los datos después de la mejora con respecto a la meta de 15 días, de la Gráfica 9 se desprende que el 89 % de los equipos de los principales clientes se encuentra por debajo de esa meta y el 11 % supera levemente esta meta.

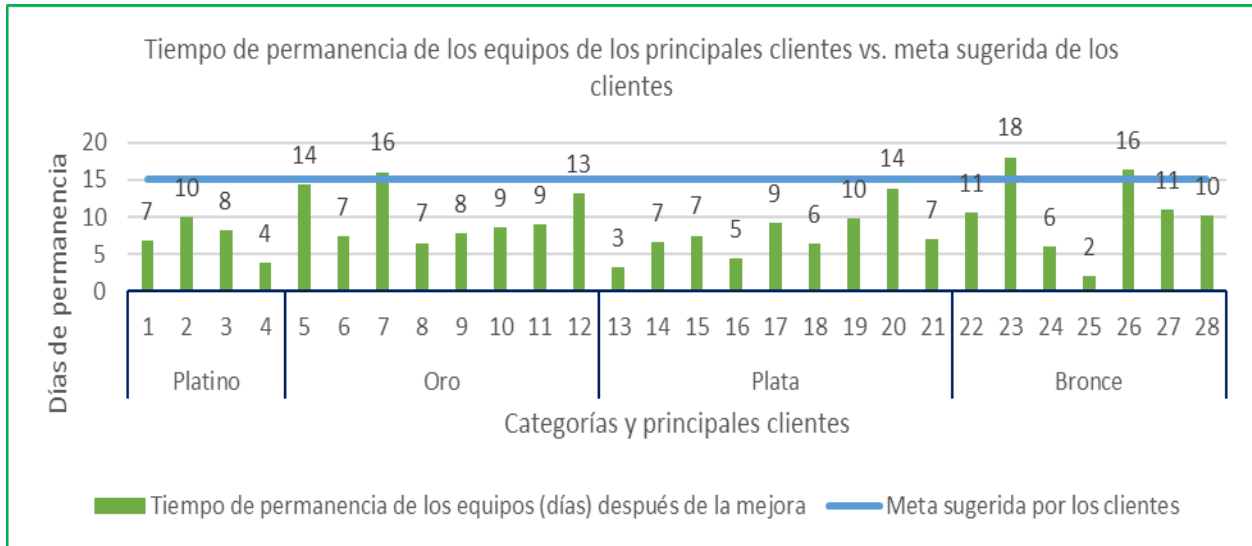
Gráfica 9 Porcentaje de equipos vs. meta sugerida de 15 días



Fuente: El autor.

Para observar mejor los plazos reales de permanencia respecto a la meta de 15 días, se brinda a continuación la Gráfica 10.

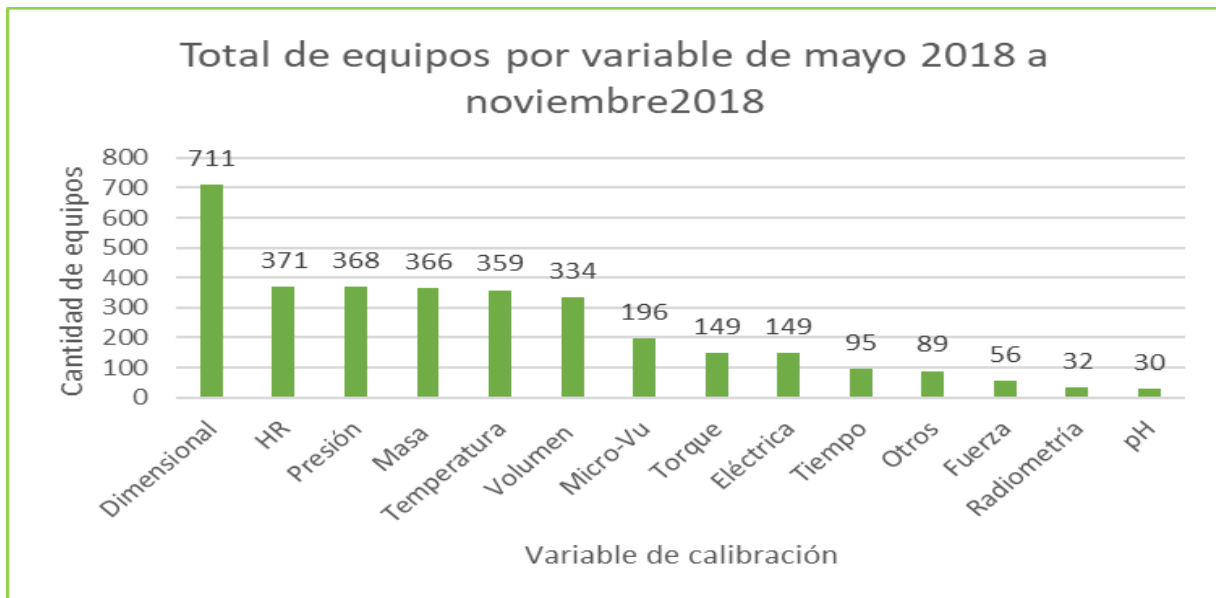
Gráfica 10 Tiempo de permanencia de los de los principales clientes vs. meta sugerida de los clientes



Fuente: El autor.

En la Gráfica 11 es posible observar la cantidad de equipos por variable de calibración que utilizaron para el análisis. En estos datos se toman en cuenta los equipos de todos los clientes, después de realizar la mejora.

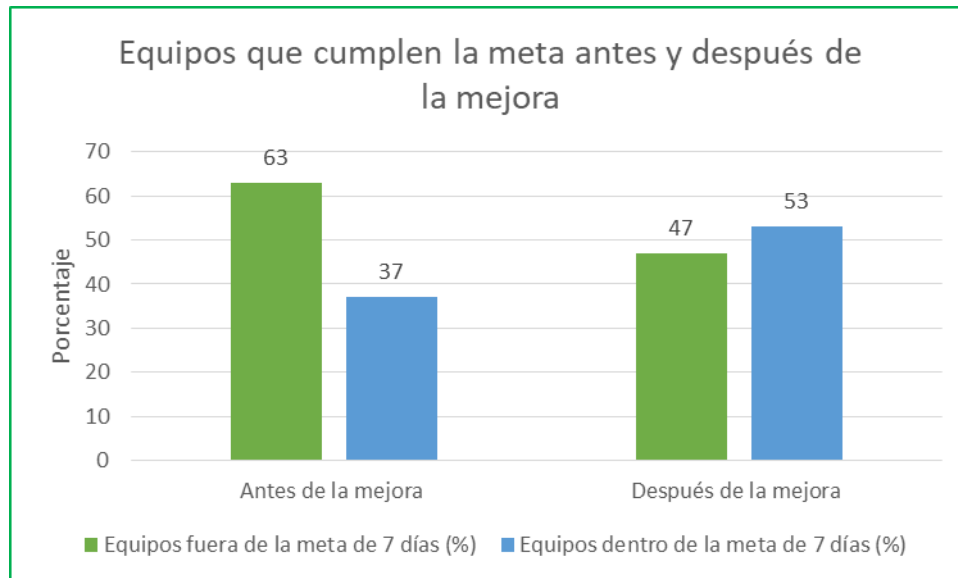
Gráfica 11 Total de equipos por variable de mayo 2018 a noviembre 2018



Fuente: El autor.

En la Gráfica 12 se ofrece el detalle de los porcentajes de equipos que están dentro de la meta de 7 días y los que están fuera de esa meta; los datos se muestran para los equipos analizados antes y después de la mejora.

Gráfica 12 Equipos que cumplen la meta antes y después de la mejora

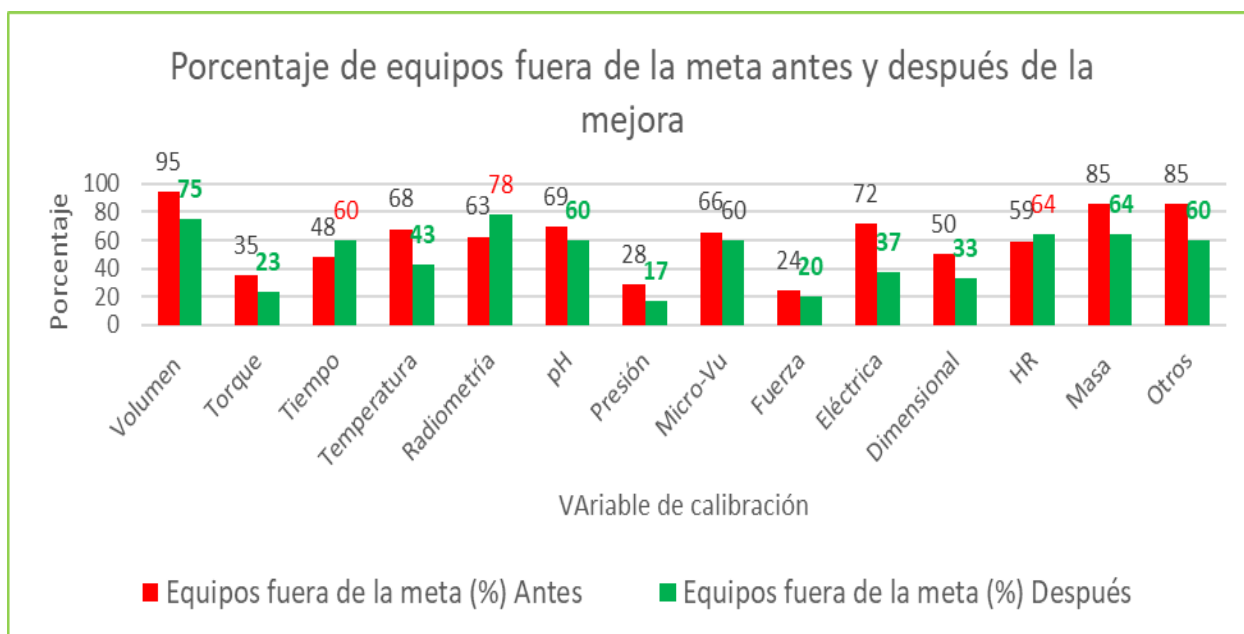


Fuente: El autor.

Cabe mencionar que la cantidad de equipos analizados antes de la mejora fue de 2078, y después de la mejora se analizaron en cambio 3305 equipos.

En la Gráfica 13 se presenta el detalle de los equipos que exceden la meta de 7 días de estadía, tanto para antes como después de la mejora. Tales equipos están distribuidos por variable de calibración y, como se puede apreciar en la gráfica, la cantidad de equipos que incumplen este parámetro se redujo: se logró una mejora del 79 % en las variables de calibración.

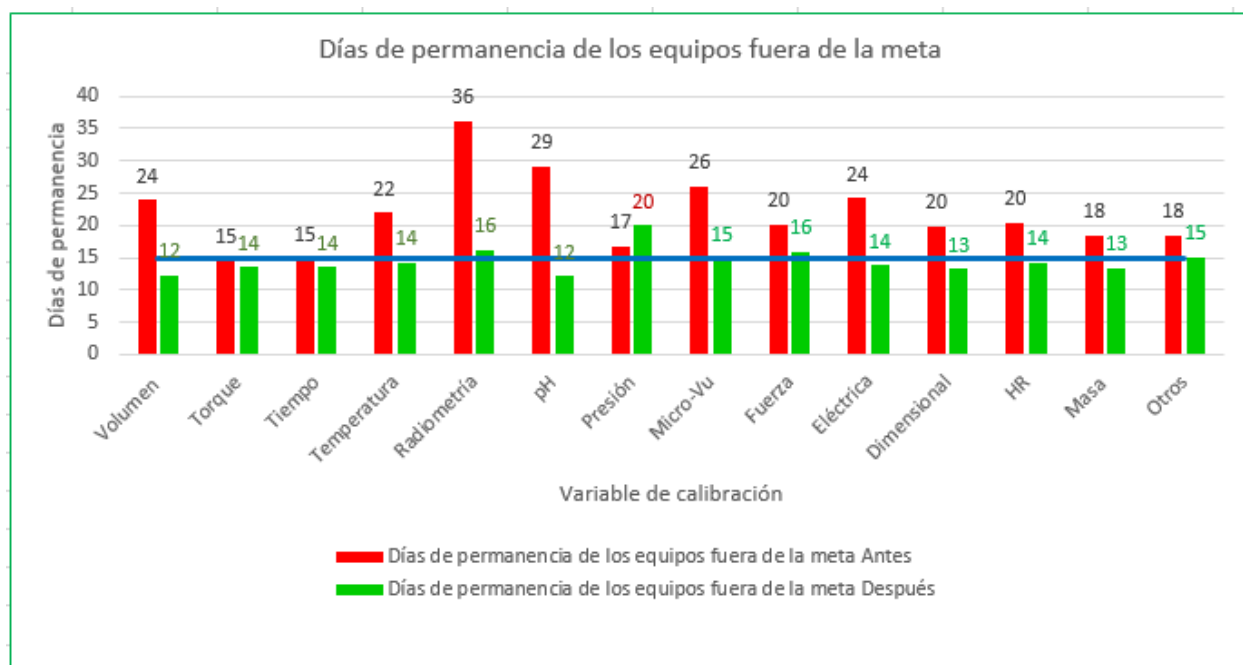
Gráfica 13 Porcentaje de equipos fuera de la meta antes y después de la mejora



Fuente: El autor.

En la Gráfica 14 se brinda el dato de los días que permanecen los equipos por encima de la meta de 7 días en el laboratorio, tanto antes como después de la mejora. Se puede apreciar la reducción significativa (93 % de las variables de calibración que superaban el parámetro) y solo una variable aumentó el tiempo de permanencia en tres días. Antes de la mejora los equipos permanecían en promedio 22 días, y después de la mejora el promedio descendió a 14 días, por lo que se logró reducir el tiempo de permanencia de los equipos en general en una semana.

Gráfica 14 Días de permanencia de los equipos fuera de la meta



Fuente: El autor.

En la Gráfica 13 se constata que, para las variables de radiometría, humedad relativa y tiempo, el porcentaje de equipos fuera de la meta aumentó, pero en la Gráfica 14 queda de manifiesto que el tiempo de permanencia de los equipos de esas variables se redujo.

En la Tabla 31 se proporciona el resumen de las mejoras logradas con el desarrollo de este proyecto. Se evidencia la mejoría en los tiempos de los principales clientes, así como los avances que se lograron para los demás clientes de la organización.

Tabla 31 Resumen de las mejoras alcanzadas con este proyecto

	Antes de la mejora	Después de la mejora
Datos de los equipos de los principales clientes		
Porcentaje de clientes dentro de la meta de 7 días	11 %	36 %
Porcentaje de equipos que se encuentran por debajo de los 15 días de permanencia	71 %	89 %
Porcentaje de equipos que sobrepasan los 15 días de permanencia	29 %	11 %
Tiempo de permanencia de los equipos que sobrepasan los 15 días	21 días	17 días
Datos de todos los equipos analizados que pertenecen a todos los clientes en general		
Porcentaje de equipos con menos de 15 días	37 %	53 %
Porcentaje de equipos con más de 15 días	63 %	47 %
Permanencia de los equipos que están fuera de la meta de 7 días	22 días	14 días

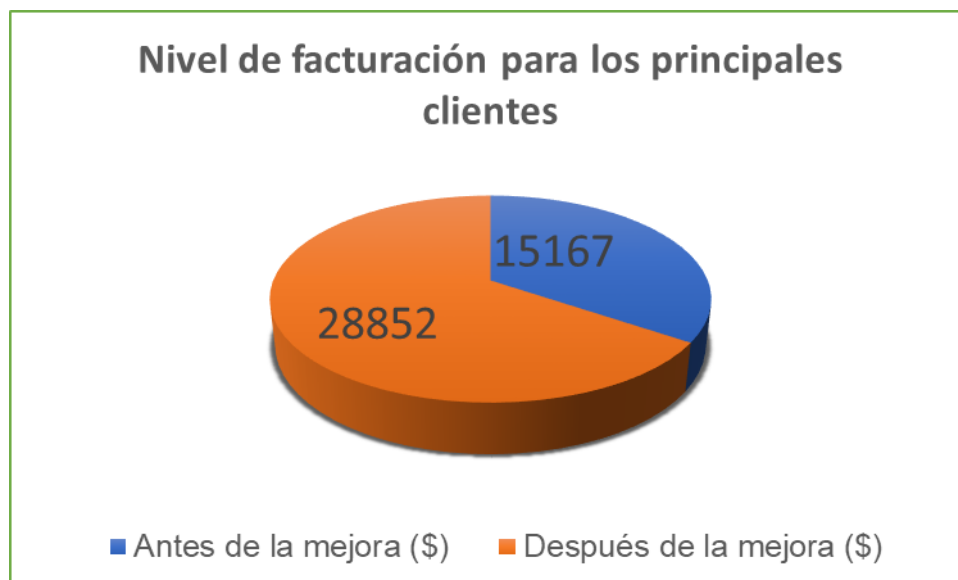
Fuente: El autor.

Después de implementar las mejoras y con base en los datos de la

Tabla 31 31, podemos observar lo siguiente:

- Un aumento en el nivel de facturación para los equipos calibrados en menos de 7 días, pertenecientes a los principales clientes del laboratorio. Los pormenores de dicho aumento se exhiben en la Gráfica 15.

Gráfica 15 Nivel de facturación para equipos que cumplen la meta de los principales clientes

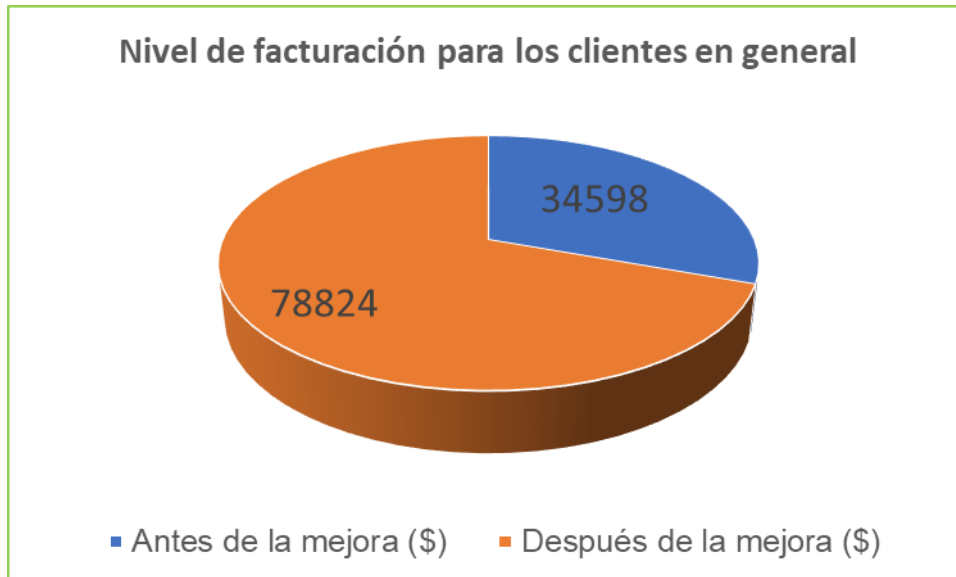


Fuente: El autor.

El laboratorio pasó de facturar mensualmente en promedio \$2528 a facturar \$4122 por mes, en lo que concierne a trabajos realizados a los principales clientes del laboratorio.

- Además, cuando se analizan los datos de todos los clientes a la luz de la reducción de los tiempos de calibración, en la Gráfica 16 se observa el crecimiento en el nivel de facturación para los equipos que duran menos de 15 días en ser calibrados, independientemente de cuál sea el estatus del cliente.

Gráfica 16 Nivel de facturación para equipos que cumplen la meta de los clientes en general



Fuente: El autor.

El nivel de facturación promedio mensual de todos los clientes pasó de \$5766 a \$11261 por mes.

Al implementar las acciones de mejora se redujo el impacto de las causas del problema. Estas causas no se eliminaron por completo, pero sí se logró controlarlas y por ende minimizar su riesgo asociado, lo que permitió que en el 79 % de las variables se verificara una reducción de tiempos.

En la Tabla 32 se observa cómo se redujeron los niveles de riesgo de las principales causas, si bien en algunas siguen siendo altos incluso después de la mejora.

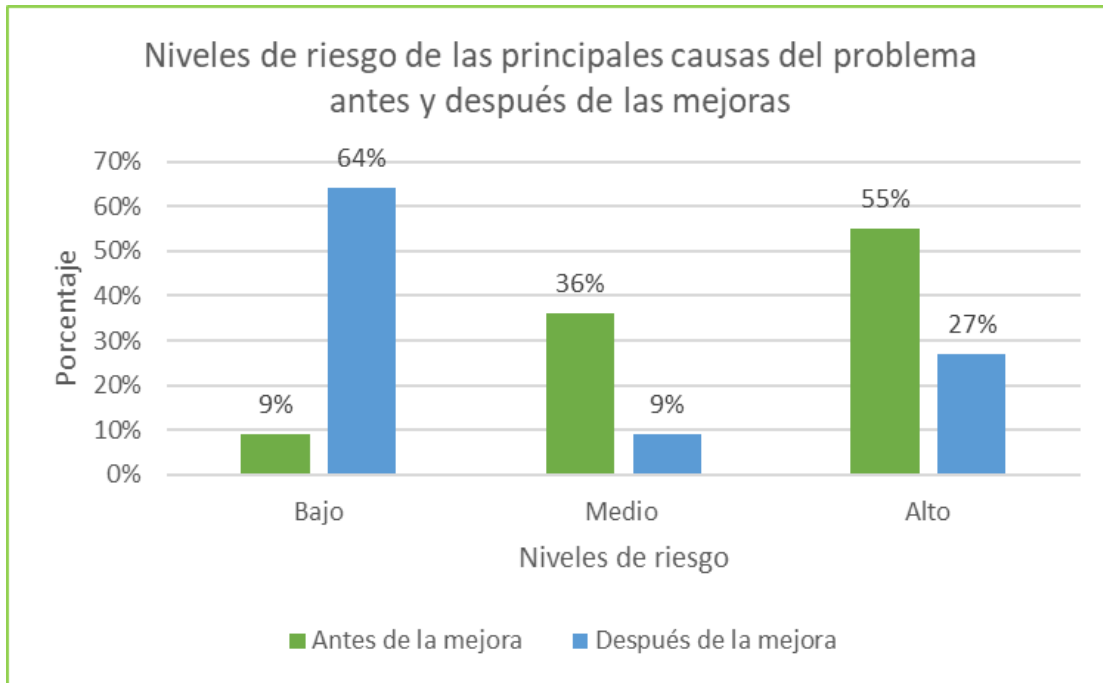
Tabla 32 Niveles de riesgo de las causas antes y después de la mejora

Causa	Probabilidad	Impacto	Riesgo antes de la mejora	Riesgo después de la mejora
6.1 Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo.	0.3	0.8	0.72	0.24
4.1 No existe un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración.	0.1	0.8	0.56	0.08
5.2 No todos los técnicos calibran los mismos equipos.	0.5	0.8	0.56	0.4
1.1 No se cuenta siempre con todos los equipos patrón en el laboratorio.	0.7	0.4	0.28	0.28
5.1 Se cuenta con un solo horario de trabajo.	0.1	0.4	0.28	0.04
2.1 El espacio de almacenamiento de equipos no está ordenado.	0.1	0.4	0.2	0.04
6.2 Los equipos que no se calibran en su fecha asignada pasan al final de la lista de pendientes.	0.2	0.2	0.1	0.04
1.2 Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón.	0.2	0.2	0.06	0.04
3.1 Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico.	0.2	0.2	0.06	0.04
3.3 No existen indicadores de productividad.	0.1	0.2	0.06	0.02
3.2 La meta de calibraciones no es real ni desafiante.	0.1	0.1	0.03	0.01

Fuente: El autor.

En la Tabla 32 se pone a disposición cómo bajaron los niveles de riesgo de las principales causas del problema. Por su parte, en la Gráfica 17 es posible observar los niveles de riesgo antes y después de la mejora.

Gráfica 17 Niveles de riesgo de las principales causas del problema antes y después de las mejoras



Fuente: Tabla 32.

Al analizar el flujo de trabajo del proceso en estudio se detectaron al menos 6 actividades que no agregaban valor al proceso, así como 13 actividades que se duplicaban. A partir de que se aplicaron las mejoras planteadas, el flujo de trabajo no disminuyó en la cantidad de actividades, pero las que no agregaban valor se convirtieron en actividades que agregan valor. Por ejemplo, la división de funciones para evitar su duplicación ayudó a que el proceso fluyera con más agilidad en busca de entregar los equipos calibrados en tiempos más cortos.

Con el diagrama de flujo planteado después de la mejora se logró lo siguiente:

- Los servicios ya no se programan en forma tentativa; ahora se programan de una vez que se hace la apertura de la orden de trabajo.
- No se espera hasta que los equipos ingresan al laboratorio para programar su calibración; más bien se programan desde la apertura de la orden de trabajo, lo que aminora los tiempos de permanencia en el laboratorio.
- Se eliminó la práctica de colocar en calibración los equipos urgentes quitándole el espacio a otro equipo.
- El flujo de trabajo en general del proceso experimentó una mejora, se ejecuta más ágilmente.

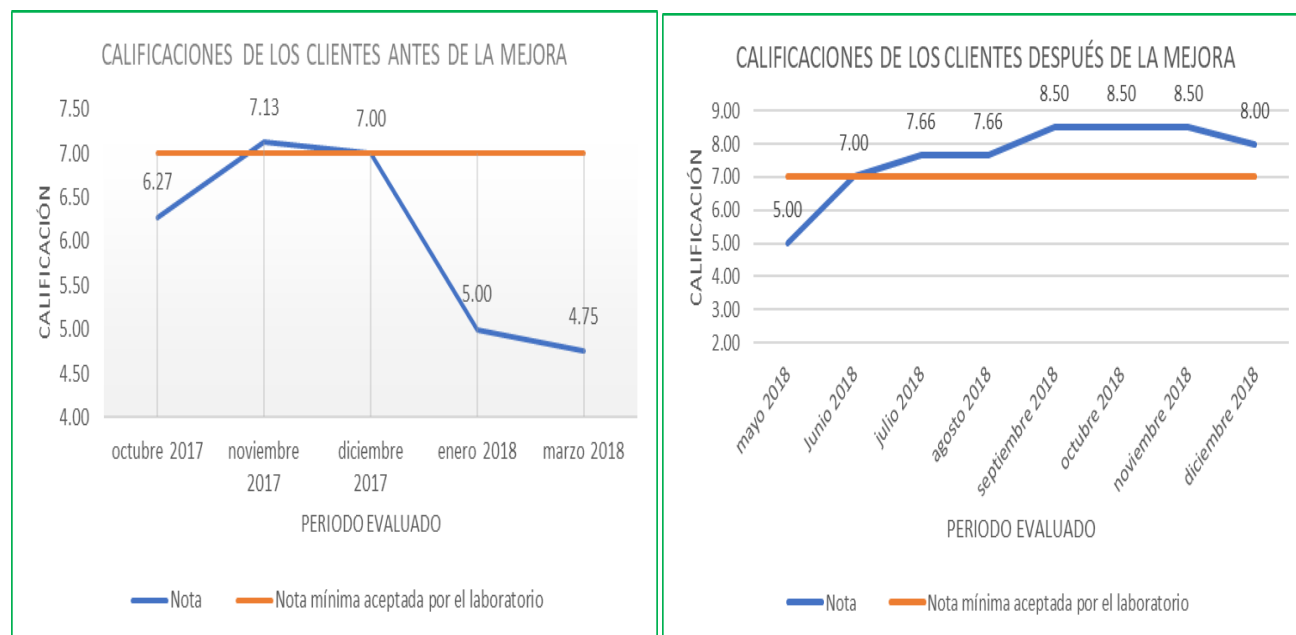
En la Figura 36 se muestra el diagrama de flujo propuesto después de implementar las mejoras al proceso.

				1									
9	Recibe los equipos para su debido ingreso.							60					V.A
10	Compara los equipos recibidos con los registrados en la orden de trabajo.							10				Orden de trabajo Registro MC-P03-PG01-F04.	V.A
11	¿La información es correcta?							-					
12	Informa al cliente la diferencia.							15					N.V.A
13	Realiza la sustitución o la adición del instrumento a la orden de trabajo.							15				Nueva orden de trabajo con la información correcta en el sistema.	V.A
14	Realiza la revisión técnica del equipo.							15					V.A
15	¿El equipo está en condiciones de ser calibrado?							-					
16	Le informa al cliente, y registra la situación en la orden de trabajo.							15				Orden de trabajo con información actualizada y almacenada en el sistema.	V.A
17	Los equipos son colocados en el estante de nuevo ingreso.							5					V.A
18	Identifica los equipos con la tarjeta de identificación y completa el registro de control de equipos.							5				Tarjeta de identificación de equipos MC P04-3 F04-1.	V.A
				2									

Como se ha mencionado, el laboratorio cuenta con una encuesta de satisfacción, que se aplica cada vez que realiza un servicio. Antes de la mejora la nota promedio de los clientes era de 6.03; en tanto que después de la mejora pasó a 7.23. Para este periodo se procesaron 102 encuestas y de esa cantidad solo 13 correspondían a retroalimentaciones negativas por el tiempo de permanencia de los equipos; también hay que destacar que para los meses de agosto, septiembre y noviembre no se recibieron retroalimentaciones negativas acerca del tema.

En la Gráfica 18 se ofrecen de forma comparativa las notas de satisfacción de los clientes antes y después de la mejora.

Gráfica 18 Notas de satisfacción de los clientes antes y después de la mejora



Fuente: El autor.

Para comprobar la factibilidad del proyecto se realizó un análisis financiero, considerando los ingresos de las calibraciones efectuadas en el laboratorio durante el periodo comprendido entre abril y noviembre del 2018. El dato de los ingresos se tomó a partir de la cantidad de equipos que fueron calibrados en menos de 7 días, los equipos calibrados entre 7 y 15 días y los que se calibraron en más de 15 días. Para la

alternativa # 1, como valor de inversión se utilizó el monto destinado a desarrollar las propuestas de mejora.

Durante el desarrollo del proyecto se detectó la necesidad de adquirir más equipos patrón para poder agilizar las calibraciones y reducir los tiempos de permanencia. Se tienen dos opciones: hacer una inversión de \$60 000 para comprar equipos en general (esta sería la opción # 2), y la otra opción (la # 3) sería invertir un monto de \$21 500 en las variables críticas que afectaron los tiempos de entrega de equipos; esto es, las variables de tiempo, humedad relativa y radiometría, cuyo grado de afectación se revela en la Gráfica 13.

.

Para analizar la factibilidad, la organización estableció una tasa de retorno mínima (TMAR) de 30 % anual, la cual se comparó con la tasa interna de retorno (TIR), y además se examinó el valor presente neto (VAN). Los flujos de efectivo se pueden apreciar en la Figura 37.

Figura 37 Flujo de efectivo para las alternativas # 1, # 2 y # 3

Alternativa #1 Inversión realizada en el proyecto

Flujo									
Rubro		abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 a 7 días		9135	13950	14490	11295	11970	9180	13815	10890
8 a 15 días		7785	5760	12645	6840	10260	8145	7650	3015
más de 15 días		7830	8730	4275	1260	3060	1530	1440	225
Mano de obra		-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400
Utilidad		22350	26040	29010	16995	22890	16455	20505	11730
Impuesto		-3352.5	-3906	-4351.5	-2549.25	-3433.5	-2468.25	-3075.75	-1759.5
Utilidad neta		18997.5	22134	24658.5	14445.75	19456.5	13986.75	17429.25	9970.5
Inversión	-1748	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498
Total	-1748	18499.5	21636	24160.5	13947.75	18958.5	13488.75	16931.25	9472.5

TMAR	30 %	anual
------	------	-------

VAN 52,925.41 dólares

TIR 1074 %

Alternativa # 2 Inversión con \$60 000 en
equipos

Flujo									
Rubro		abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 a 7 días		9135	13950	14490	11295	11970	9180	13815	10890
8 a 15 días		7785	5760	12645	6840	10260	8145	7650	3015
más de 15 días		7830	8730	4275	1260	3060	1530	1440	225
Mano de obra		-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400
Utilidad		22350	26040	29010	16995	22890	16455	20505	11730
Impuesto		-3352.5	-3906	-4351.5	-2549.25	-3433.5	-2468.25	-3075.75	-1759.5
Utilidad neta		18997.5	22134	24658.5	14445.75	19456.5	13986.75	17429.25	9970.5
Inversión	-60000	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498
Total	-60000	18499.5	21636	24160.5	13947.75	18958.5	13488.75	16931.25	9472.5

TMAR	30 %	anual
------	------	-------

VAN (5,326.59) dólares

TIR 26 %

Alternativa # 3 Inversión de \$21 500 en equipos de las variables críticas

Flujo									
Rubro		abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 a 7 días		9135	13950	14490	11295	11970	9180	13815	10890
8 a 15 días		7785	5760	12645	6840	10260	8145	7650	3015
más de 15 días		7830	8730	4275	1260	3060	1530	1440	225
Mano de obra		-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400	-2400
Utilidad		22350	26040	29010	16995	22890	16455	20505	11730
Impuesto		-3352.5	-3906	-4351.5	-2549.25	-3433.5	-2468.25	-3075.75	-1759.5
Utilidad neta		18997.5	22134	24658.5	14445.75	19456.5	13986.75	17429.25	9970.5
Inversión	-21500	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498	-498
Total	-21500	18499.5	21636	24160.5	13947.75	18958.5	13488.75	16931.25	9472.5

TMAR	30 %	anual
------	------	-------

VAN 33,173.41 dólares

TIR 91 %

Fuente: El autor.

En la Tabla 33 se hacen presentes las medidas de valor para las tres alternativas. Queda claro que para las alternativas # 1 y # 3 tenemos los montos más altos para los valores presentes netos, y la tasa interna de retorno es más alta que la tasa de retorno mínima fijada por la Gerencia del laboratorio. Por lo tanto, tal como se llevó a cabo y con las inversiones que requirió, se afirma que el proyecto es completamente viable. En el caso de la inversión total en equipos (alternativa # 2) se descarta la ejecución del plan, pues no se alcanza una tasa interna de retorno mínima requerida; mientras que la alternativa # 3 sí es viable y, de ejecutarse, el laboratorio se aseguraría una muy buena tasa interna de retorno y mejoraría los tiempos de entrega de los equipos de las tres variables en la que la mejora no alcanzó el mismo nivel de éxito que en las demás.

Tabla 33 Resumen de las medidas de valor para las alternativas # 1, # 2 y # 3.

Cuadro resumen			
Medida de valor	Alternativa		
	1	2	3
VAN	52 925	3 870	33 173
TIR	1074 %	26 %	91 %

Fuente: El autor.

Después de ejecutar las acciones de mejora, se utilizó una ANOVA o análisis de varianza para demostrar estadísticamente que la mejora fue significativa.

En el caso de los principales clientes del laboratorio, se analizó el tiempo de permanencia de los equipos antes y después de la mejora. Con los resultados que se obtuvieron, se demuestra que los datos son estadísticamente diferentes y que la reducción de tiempos es evidente; lo mismo sucede al analizar los tiempos de permanencia de todos los equipos de las diferentes variables que se calibran en las instalaciones de MET-CAL.

En la Figura 38 se puede apreciar, por medio de las comparaciones de Tukey, que los datos antes y después de la mejora son significativamente diferentes y que se verifica una mejoría con un nivel de confianza del 95 %, tanto en los equipos de los principales clientes como en todas las variables de calibración en general.

Figura 38 Comparaciones en parejas de Tukey

Comparaciones en parejas de Tukey para los principales clientes

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Condición	N	Media	Agrupación
Antes de la mejora	28	12.98	A
Después de la mejora	28	9.064	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones en parejas de Tukey para todos los equipos de las diferentes variables de calibración

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Condición	N	Media	Agrupación
Antes de la mejora	14	21.78	A
Después de la mejora	14	14.468	B

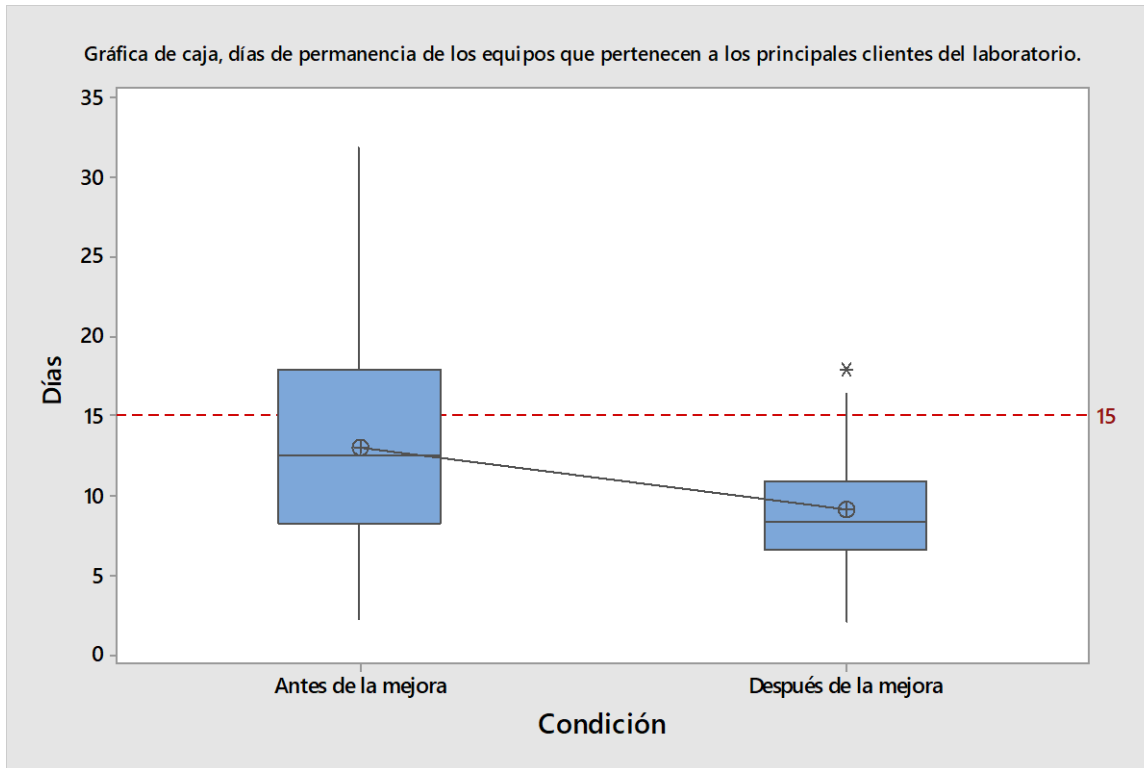
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: El autor.

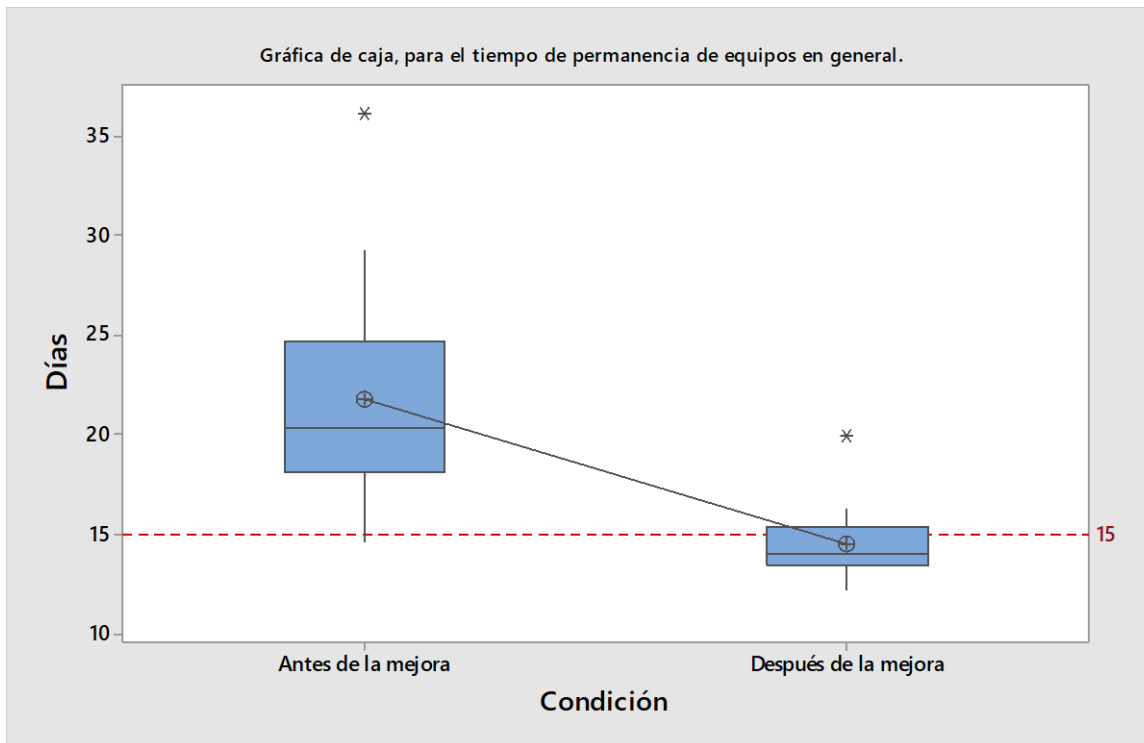
En la Figura 39 están plasmadas las gráficas de caja para los casos mencionados anteriormente. En ellas se aprecia cómo se reducen los días de permanencia de los equipos después de la mejora; también se registra una mayor concentración de datos después de los cambios, con lo que queda demostrado que existe una menor variabilidad en los tiempos de entrega.

Las gráficas contienen la línea que representa la meta de entrega de 15 días y es notable cómo, a raíz de la mejora, la permanencia de los equipos de los principales clientes está por debajo de esa meta; y si analizamos los equipos en general, la mayoría tampoco rebasa el plazo establecido.

Figura 39 Gráficas de caja



Fuente: El autor.



Fuente: El autor.

5.4 PROPUESTA DE CONTROL

Con esta propuesta de control se pretende dar seguimiento a las actividades de mejora que se plantearon para solucionar el problema de la permanencia excesiva bajo calibración en las instalaciones de MET-CAL.

El plan de control tiene como propósito reforzar los conocimientos adquiridos por el personal a lo largo de este proyecto, de forma que se fortalezca la cultura de mejora continua y de atención al cliente con la entrega de equipos a tiempo. El plan de mejora debe ser sostenible en el tiempo, para que se logre trasladar e incorporar a las demás actividades y procesos productivos de la organización.

En la Tabla 34 se proporciona el plan de control de este proyecto, al interior del cual se definen indicadores, frecuencia de recopilación de información, responsables de ingresar los datos y personas que tomarán decisiones con la información que se genere con estos indicadores y controles.

Estos indicadores se alimentan de forma diaria, por medio de los responsables: el Gestor de Servicios hará rondas diarias para velar que se mantengan al día, y una vez a la semana o cuando la situación lo amerite los encargados de los indicadores le pasarán al Gestor de Servicios un resumen para analizar cómo se avanza con las mejoras y la productividad general. Con este procedimiento se pueden generar actividades predictivas que corrijan cualquier anomalía o desviación del proceso productivo.

Tabla 34 Plan de control

criterio de desempeño	Requerimientos de información	Indicador	Unidades	Estándar	Departamento	Fuente de datos	Generador	Frecuencia de generación	Responsable de digitar los datos en los indicadores	Responsable de tomar decisiones
Productividad	Cumplimiento del monitoreo de los almacenes	# de monitoreos / # de encargados	Monitoreos / encargado	5 monitoreos por encargado	Programaciones	Control de equipos en el laboratorio	Encargado de programaciones	Diaria	Josseth Mejía	Gestor de Servicios
Productividad	Cantidad de calibraciones realizadas por día	(# de equipos calibrados / # de equipos por calibrar) * 100	%	100 %	Técnico	Indicador de calibraciones diarias	Técnicos de calibración	Diaria	Josseth Mejía	Gestor de Servicios
Calidad	Cantidad de equipos calibrados en un máximo de 7 días	(# de equipos calibrados / # total de equipos en el laboratorio) * 100	%	≥ 40 %	Programaciones	Control de equipos en el laboratorio	Encargado de programaciones	Diaria	Josseth Mejía	Gestor de Servicios
Calidad	Cantidad de equipos calibrados en un máximo de 15 días	(# de equipos calibrados / # total de equipos en el laboratorio) * 100	%	≥ 60 %	Programaciones	Control de equipos en el laboratorio	Encargado de programaciones	Diaria	Josseth Mejía	Gestor de Servicios

Criterio de desempeño	Requerimientos de información	Indicador	Unidades	Estándar	Departamento	Fuente de datos	Generador	Frecuencia de generación	Responsable de digitar los datos en los indicadores	Responsable de tomar decisiones
Calidad	Días de permanencia de los equipos en el laboratorio	(# de equipos calibrados en menos de 15 días / # total de equipos en el laboratorio) * 100	%	100 %	Programaciones	Control de equipos en el laboratorio	Encargado de programaciones	Semanal	Josseth Mejía	Gestor de Servicios
Satisfacción de los clientes	Porcentaje de clientes satisfechos	(# de clientes satisfechos / # total de clientes encuestados) * 100	%	100 %	Calidad	Encuesta de satisfacción de clientes	Asistente de calidad	Mensual	Maylin Machado	Gestor de Servicios / Gestor de Calidad

Fuente: El autor.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con este proyecto se reduce el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio de 22 días a 14 días, lo que beneficia a toda la organización y se convierte en una ventaja competitiva que marcará la diferencia en el mercado.

Antes de la mejora solo el 11 % de los clientes preferenciales estaba dentro de la meta de 7 días. Después de la mejora este porcentaje aumentó al 36 %, o incluso al 89 % si se considera un tiempo de entrega menor a 15 días.

Se redujo el tiempo de permanencia de los equipos en un 64.3 % de los principales clientes del laboratorio.

Al analizar todos los clientes en general, encontramos que el 63 % de los equipos estaba fuera de la meta de 15 días, y después de la mejora el porcentaje se redujo a 47%. Asimismo, antes de la mejora el 37 % de los equipos cumplía efectivamente con el límite de los 7 días, y después de la mejora el porcentaje aumentó a un 53 %.

Después de ejecutar la mejora para el 79 % de las variables que se calibran en las instalaciones del laboratorio, se logró reducir el porcentaje de los equipos que se encuentran fuera de la meta.

Al analizar las variables que se calibran en el laboratorio después de la mejora, se logró reducir el tiempo de permanencia de los equipos para el 93 % de las variables.

Para las variables de humedad relativa, tiempo y radiometría el porcentaje de equipos fuera de la meta aumentó, pero el tiempo de permanencia de estos se redujo. Para radiometría se redujo en un 56 %, para humedad relativa en un 20 % y para tiempo se redujo un 7 %.

Con este proyecto se mejora el flujo de caja de la organización, ya que al reducir el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio se eleva el nivel de facturación por mes y por ende la recuperación del efectivo.

Del mismo modo, se mejora el servicio prestado a los clientes, se entregan los equipos con mejores tiempos, haciendo que las quejas se redujeran y el promedio de calificación aumentará en un 19.9 %.

El laboratorio ahora mantiene un control adecuado, consistente y efectivo sobre los equipos que llegan a sus instalaciones para el debido proceso de calibración.

Se lograron determinar las principales causas que afectaban el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio, y fue posible minimizarlas con las soluciones planteadas, lo que produjo una mejora en los tiempos de entrega y que el riesgo asociado a estas causas se redujera considerablemente. Las causas determinadas de nivel alto se redujeron en un 51 %, las causas de nivel medio se redujeron en un 75 % y las de nivel bajo pasaron de 9 % a 64 %.

Al implementar las soluciones planteadas en este proyecto, se mejora el proceso de calibración en las instalaciones de MET-CAL y se logra aumentar la satisfacción de los clientes.

Los mecanismos de control permitieron que la mejora se mantuviera en el tiempo y que el personal a cargo se involucrara en el proceso de tal manera que se cimientan las bases de una cultura de mejora continua en la organización.

Al hacer un análisis de las medidas de valor, se puede determinar que el proyecto fue rentable para la organización y que la propuesta de invertir \$21 500 para la compra de equipos patrón requeridos es una opción viable, ya que tiene una tasa interna de retorno del 91 %.

6.2 Recomendaciones

Durante el desarrollo de este proyecto se determinó que variables de calibración como tiempo y humedad relativa no mejorarán con respecto a las demás variables, y una de las causas principales para que no se diera la mejora esperada radicó en la ausencia de equipos patrón para estas variables. Se le recomienda al laboratorio hacer la inversión para la compra de los equipos faltantes.

En este sentido, se podría utilizar la lista de patrones faltantes para crear el presupuesto de compra de equipos que permitirá aumentar la productividad y consecuentemente continuar con la mejora de reducción de tiempos.

Por otra parte, se recomienda al laboratorio aumentar la cantidad de técnicos autorizados para la variable de radiometría.

También se hace la recomendación de continuar con el proceso de autorización de técnicos de calibración, para dotar de más recursos al Departamento de Programaciones. Esto también tendrá un impacto positivo en la productividad del laboratorio y en la agilización de los plazos de entrega.

Finalmente, se le recomienda al laboratorio definir una nueva meta de tiempo para la entrega de los equipos que se calibran en sus instalaciones, con lo cual se estaría afianzando en el camino de la superación y la mejora continua.

Bibliografía

- Acuña, J. A. (2012). *Control de calidad: Un enfoque integral y estadístico*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Méndez Bañuelos, J. A.; Salgado García, L. & Sánchez, L. (Marzo de 2016). Implementación de la metodología Lean en un departamento de servicios informáticos. *Academia Journals*. Tlaxcala, México.
- CICR (10 de junio de 2018). *CICR documentos*. Obtenido de www.cicr.com/documentos/
- Chavarría, E. G. (2016). *Desarrollo de proyectos de innovación con Design for Six Sigma*. San José: Editorial Ludovico.
- Ruano Vázquez, G.; Tenopala Hernández, C. & Torres López, A. (Noviembre de 2015). DMAIC: Metodología aplicada a la reducción de costos de producción en semirremolques. Celaya, Guanajuato, México.
- Ponce, H.; Cornejo, D.; Molina J. & López Benavides, F. (Agosto de 2015). Implementación de la metodología Seis Sigma para mejoramiento de troqueles de alta velocidad. *CULCYT- Cultura Científica y Tecnológica*. Juárez, México.
- Polendo Doménico, M.; Parroquín Amaya, P.; Noriega Armendáriz, R. & Romero López, R. (Mayo-agosto de 2016). Mejoramiento de tiempos de servicios a usuarios de laboratorios de una institución de educación superior. *CULCYT- Cultura Científica y Tecnológica*. Juárez, México.
- Parra Mantilla, M. & Ontiveros, R. (mayo-abril de 2015). Aplicación de reingeniería y filosofía lean para crear un nuevo concepto de un centro de enseñanza de idiomas y servicios lingüísticos asociados. *Academia Journals*. Chihuahua, México.
- Rodrigo Oltra, A. & Soler, G. (2016). Qué es Seis Sigma, barreras y claves de funcionamiento en las Pymes. *3C Tecnología*, 13-24.

ANEXOS

Anexo 1 Lista de servicios del laboratorio de calibración MET-CAL

- **Presión:**



- ✓ Manómetros con indicación digital y analógica hasta 5000 psi
- ✓ Manómetros diferenciales
- ✓ Vacuómetros (presión negativa).

- **Temperatura:**



- ✓ Termocuplas, RTD
- ✓ Termómetros de líquido en vidrio
- ✓ Termómetros e indicadores digitales
- ✓ Simuladores de temperatura
- ✓ Hornos e incubadoras
- ✓ *Chart recorders.*

- **Tiempo**



- ✓ Cronómetros, temporizadores.

- **Dimensional:**



- ✓ Reglas
- ✓ Cintas métricas
- ✓ *Pin gages*
- ✓ Fijaciones
- ✓ Micrómetros
- ✓ Verniers
- ✓ Indicadores de carátula
- ✓ Comparadores ópticos
- ✓ Medición de *fixtures*.

- **Velocidad:**



- ✓ Lineal y angular (RPM).

- **Variable eléctrica**



- ✓ Multímetros con medición de resistencia, corriente y voltaje AC y DC
- ✓ Resistencias y medidores de resistencias
- ✓ Fuentes de corriente y de voltaje AC/DC
- ✓ Conductancias
- ✓ Osciloscopios
- ✓ Frecuencia.

- **Humedad relativa:**



- ✓ *Chart recorders* con instalación de sensores de señales eléctricas
- ✓ Monitores y transmisores
- ✓ Medidores de condiciones ambientales.

- **Masa y fuerza:**



- ✓ Básculas y balanzas
- ✓ Calibración de masas patrón
- ✓ Medidores de fuerza
- ✓ *Torque analyzers y torque screwdrivers.*

- **Volumen**



- ✓ Pipetas y dosificadores
- ✓ Balones aforados
- ✓ Buretas
- ✓ Micropipetas.

- **pH y conductividad**



- **Viscosidad:**



- Viscosímetros
- Copas.

- **Radiometría y fotometría:**



- Radiómetros
- Luxómetros

Anexo 2 Formulario de seguimiento de encuestas de satisfacción código MC-P09-PG01-F03 versión 04

METCAL		SEGUIMIENTO DE ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN						MC-P09-PG01-F03	
								Versión 04	
								Fecha de emisión: 2018-04-17	
								Copia n°: FM	
Período	2018								
Revisado por:	Maylín Machado								
Fecha última revisión	2018-08-07								
n°	OS n°	Cliente	Fecha	Nivel de satisfacci	¿Cómo podemos mejorar el servicio?	Tendencia comentarios	Observaciones adicionales		
11	13804-1	Confidencial	2018-01-04	3	Tiempo de entrega- tiempo de coordinación Atención quejas- solicitudes- reclamos	Tiempo de servicios, atención del cliente y de los reclamos	N/A		
464	14120-14	Confidencial	2018-03-11	1	Equipo calibrado catorce días después de vencimiento	N/A	N/A		
523	14331-1	Confidencial	2018-03-22	5	Se calibró después del vencimiento	Tiempo de servicio (después fecha vencimiento)	N/A		
674	14095-6	Confidencial	2018-04-13	5	Tiempos de respuesta post venta Servicios Atención Requerimientos	Atención general en el servicio	N/A		
746	14095-7	Confidencial	2018-04-19	1	De acuerdo a lo solicitado y según certificado del 18 de abril el equipo no fue ajustado	N/A	N/A		
768	14306-6	Confidencial	2018-05-02	1	Se atrasa la fecha de entrega más de dos semanas	Fecha de entrega	N/A		
770	14306-7	Confidencial	2018-05-02	0	Se pospuso la fecha de calibración por más de dos semanas después de lo ofrecido	Atraso de dos semanas en la calibración.	N/A		
791	13766-1	Confidencial	(Ctrl) 4	2	Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta.	N/A		

Anexo 3 Control de equipos de calibración en el laboratorio

OT	Cliente	Equipo	Variable	Está cotizado?	Prioridad	Estado	Ingreso	Días en Lab
13674	confidencial	Picnometro laser COR-PL-11	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13674	confidencial	Picnometro laser COR-PL-14	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13674	confidencial	Picnometro laser COR-PL-18	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13674	confidencial	Termometro digital GOM-TE-05	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13844	confidencial	Termohigrometro 09TH-02	Cond. Amb.	Sí	Normal	Calibrada	18-12-2017	9
13609	confidencial	Torque PM-022	Torque	Sí	Normal	Calibrada	15-12-2017	12
13715	confidencial	Multimetro de precisión TES-029	Electrica	Sí	Normal	Calibrada	07-12-2017	20
13640	confidencial	Micropipeta CR-0246	Volumen	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13801	confidencial	Chart recorder 0036	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13801	confidencial	Chart recorder 0037	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	20-12-2017	7
13604	confidencial	Micropipeta MB-EQ-963	Volumen	Sí	Normal	Calibrada	23-11-2017	34
13604	confidencial	Micropipeta MB-EQ-005	Volumen	Sí	Normal	Calibrada	23-11-2017	34
12668	confidencial	Datalogger 7009117	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	01-12-2017	25
12668	confidencial	Datalogger 7008933	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	01-12-2017	25
12668	confidencial	Datalogger 7009021	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	01-12-2017	25
12668	confidencial	Datalogger 7009219	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	01-12-2017	25
12668	confidencial	Datalogger 7009216	Temperatura	Sí	Normal	Calibrada	01-12-2017	25
13361	confidencial	Termohigrometro N/I	Cond. Amb.	Sí	Normal	Calibrada	29-11-2017	27

Anexo 4 Información general de los equipos que se calibraron en el laboratorio en el periodo de octubre del 2017 hasta abril del 2018

Porcentaje de equipos que cumplen la meta de 7 días de permanencia en el laboratorio

Periodo de octubre 2017 a abril del 2018					Días promedio de permanencia en el laboratorio	
Variable	Equipos dentro de la meta	Equipos fuera de la meta	% Dentro de la meta	% Fuera de la meta	Equipos dentro de la meta	Equipos fuera de la meta
Volumen	8	140	5.41	94.59	4.75	23.96
Torque	45	24	65.22	34.78	5.00	14.58
Tiempo	31	29	51.67	48.33	5.00	14.72
Temperatura	74	156	32.17	67.83	4.92	21.96
Radiometría	9	15	37.50	62.50	7.00	36.13
pH	4	9	30.77	69.23	5.00	29.22
Presión	122	48	71.76	28.24	6.51	16.79
Micro-Vu	35	67	34.31	65.69	3.80	25.97
Fuerza	31	10	75.61	24.39	4.32	20.20
Eléctrica	27	68	28.42	71.58	5.19	24.18
Dimensional	237	235	50.21	49.79	5.84	19.81
HR	70	102	40.70	59.30	5.23	20.47
Masa	35	206	14.52	85.48	5.37	18.49
Otros	35	206	14.52	85.48	5.37	18.49

Fuente: El autor.

Anexo 5 Matriz de autorizaciones de técnicos de calibración

			MATRIZ DE AUTORIZACIÓN DE TÉCNICOS DE CALIBRACIÓN										MC-P05-PG01-F16 Versión 01 Fecha de emisión: 2018-07-20 Copia n°: FM	
Procedimiento	Método de calibración	Tipo de equipo	Allan Morán	Freyser Vargas	Uriel Aguilar	Pablo Guevara	Jorge Filomeni	Rafael Benaven	Michael Miralles	Anthony Quesada	Yirlany Bejaran	Daniel González	Esteban Zúñiga	Jefferson Solano
MC-P03-PG04	N/A	Aprobación de CC	2013-01-29	2014-11-26	2013-11-04	2015-09-18	2015-10-13	2015-10-13	2017-06-26	2017-04-03	2017-06-26	2017-06-26	NO	NO
MC-P03-PC01	CD	Manómetro	2009-12-21	2012-04-15	2013-03-04	2015-06-09	2015-07-30	2016-06-08	2017-06-24	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC01	CD	Manómetro diferencial	2009-12-21	2012-04-15	2013-03-04	2015-06-09	2015-07-30	2016-06-08	2017-06-24	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC01	CD	Vacuómetro	2009-12-21	2012-04-15	2013-03-04	2015-06-09	2015-07-30	2016-06-08	2017-06-24	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC01	CD	Esfigmomanómetro	2009-12-21	2012-04-15	2013-03-04	2015-06-09	2015-07-30	2016-06-08	NO	NO	NO	NO	NO	NO
MC-P03-PC01	CD	Transductor y transmisor de presión	2009-12-21	2012-04-15	2013-03-04	2015-06-09	2015-07-30	2016-06-08	NO	NO	NO	NO	NO	NO
MC-P03-PC02	CD	RTD y termopar con indicador de temperatura	2010-01-15	2012-04-27	2013-03-05	2015-04-01	2015-08-07	2015-08-28	2017-06-28	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC02	CD	Termómetro de espiga	2010-01-15	2012-04-27	2013-03-05	2015-04-01	2015-08-07	2015-08-28	2017-06-28	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC02	CD	Termómetro bimetalico y metálico	2010-01-15	2012-04-27	2013-03-05	2015-04-01	2015-08-07	2015-08-28	2017-06-28	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC02	CD	Termómetro ambiental	2010-01-15	2012-04-27	2013-03-05	2015-04-01	2015-08-07	2015-08-28	2017-06-28	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO
MC-P03-PC02	CD	Termómetro digital	2010-01-15	2012-04-27	2013-03-05	2015-04-01	2015-08-07	2015-08-28	2017-06-28	NO	2017-06-24	2017-06-24	NO	NO

Fuente: Procedimiento MC-P05.

Anexo 6 Formatos A3 para la implementación de soluciones

TEMA: Redefinir las funciones de los coordinadores de programaciones

ANTECEDENTES

Existen dos personas realizando la misma labor de programar de los servicios de calibración, ellos se encargan de las programaciones tanto en las instalaciones de los clientes como en las instalaciones de Met-Cal, en este caso se les da prioridad a las programaciones en las instalaciones de los clientes, dejando de lado y sin un control estricto la programación y el seguimiento de los equipos que se encuentran en el laboratorio para ser calibrados.

CONDICIÓN ACTUAL

Los equipos de los clientes permanecen en el laboratorio por más tiempo del establecido en la meta de entrega, no se ejecuta un control efectivo sobre los equipos que permanecen en el laboratorio, hay equipos que tardan más de 20 días en ser calibrados, y otros son calibrados en menos de siete días a pesar de que ingresaron después de los que llevan más tiempo en las instalaciones. no se conoce con certeza o de forma inmediata cantos equipos hay en el laboratorio, ni cuanto tiempo llevan ahí, o si son urgentes.

Meta

Tener a una persona que realice las programación y seguimiento de los equipos que se encuentran en el laboratorio, además de que se tenga un control adecuado de los equipos para que sean entregado en el tiempo establecido.

ANALISIS DE CAUSAS RAIZ

Los equipos se calibran por cliente y no por tipo de equipo cuando están en el laboratorio. No existe un seguimiento adecuado de los equipos durante el proceso de calibración en el laboratorio. Los equipos que no se calibran en su fecha asignada, y su reprogramación pasa al final de la lista de Dos o más técnicos tienen asignado el mismo equipo patrón. Se le entregan más equipos de los que puede calibrar el técnico.

LÍDER	Rolando Molina	Patrocinador	Kenneth Miralles	INICIO:	junio 2018
				FIN:	diciembre 2018

CONTRAMEDIDAS

Lograr que uno de los encargados de programaciones se dedique exclusivamente a las programaciones de calibraciones en las instalaciones del cliente, y que la otra persona se dedique con prioridad a dar seguimiento y mantener el control sobre los equipos que permanecen en las instalaciones de Met-Cal durante el proceso de calibración. asegurarse que el control de equipos en el laboratorio se lleve al día, generar un indicador que de forma fácil brinde el panorama de la cantidad de equipos que se tienen y que se pueda determinar el tiempo de permanencia de esos equipos en el laboratorio.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?
Una de las personas se encargará de llevar el control de los equipos que ingresan al laboratorio, los ordenará en los diferentes almacenes, se hará cargo de llevar el control de equipos en el laboratorio, y de entregarle los equipos a los técnicos de calibración y verificar que la labor se ejecute.	Revisar los equipos en el momento del ingreso al laboratorio, colocarlos en el estante de equipos de primer ingreso, completar el control de equipos en el laboratorio, después colocar los equipos en el estante de equipos por programar, luego asignar al técnico los equipos y colocar los equipos en el estante de equipos programados, hacer rondas diarias para revisar el estado de las calibraciones y supervisar de que las labores se ejecuten a tiempo.	Kenneth Mejía	A partir de junio del 2018, esta labor se ejecutará de forma diaria	En la oficina de programaciones, en el almacén de equipos y los laboratorios de calibración	Para llevar el control de cuantos equipos hay en el laboratorio, y determinar cuánto tiempo llevan en las instalaciones y brindar esta información al gestor de servicios para que tome decisiones para cumplir con la meta de entrega.
Costo: ninguno se usan los recursos con los cuales cuenta el laboratorio.					

SEGUIMIENTO (Control)

PLAN	RESULTADOS FINALES
Realizar de forma diaria un "Gemba Walk", para supervisar las acciones de mejora. Además, revisar los tableros de control asignados para tal tarea, y solicitar un indicador diario de la cantidad de equipos calibrados y revisar semanalmente el control de equipos en el laboratorio.	Se implementa un tablero de control de tiempos de permanencia de los equipos en el laboratorio, se programan las calibraciones en el laboratorio por variable, es decir, por tipo de equipo y no por cliente, se lleva un control detallado de los equipos en el laboratorio, y con base en esa información se toman decisiones de forma predictiva para lograr la meta, con estas acciones se reducen los tiempos de permanencia de los equipos en el laboratorio.

TEMA: Crear un listado de los equipos patrón faltantes en el laboratorio.

ANTECEDENTES

En ocasiones las calibraciones en las instalaciones del laboratorio no se pueden ejecutar porque algún equipo patrón no se encuentra disponible, ya que el equipo patrón se está ocupando en alguna labor de calibración fuera del laboratorio. O en algunas ocasiones se tienen muchos equipos por calibrar, pero se cuenta con un solo equipos patrón, lo que demora la actividad.

CONDICIÓN ACTUAL

El laboratorio carece de algunos equipos patrón para no detener labores en el laboratorio, ya que en ocasiones se necesitan tanto en las instalaciones del cliente como en las instalaciones de Met-Cal y así poder enfrentar toda la carga de trabajo.

Meta

Lograr definir una lista prioritaria de equipos faltantes en el laboratorio para que la Gerencia pueda realizar un programa de adquisición de equipos patrón.

ANALISIS DE CAUSAS RAIZ

No se ha logrado tener un plan de adquisición de equipos que compensen el aumento de las cargas de trabajo. La cantidad de técnicos aumentó de calibración, pero no la cantidad de equipos patrón.
 No se ha priorizado que equipos son necesarios para lograr cubrir la carga de trabajo.
 El laboratorio no cuenta con un presupuesto extraordinario para cubrir la compra de equipos patrón.

LÍDER	Adolfo Brenes	Patrocinador	Kenneth Miralles	INICIO:	octubre 2018
				FIN:	diciembre 2018

CONTRAMEDIDAS

Crear un control de los equipos que se encuentran en el laboratorio y son críticos para minimizar la asignación de labores en el laboratorio cuando los equipos patrón se necesitan fuera del laboratorio.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?
Identificar los equipos patrón faltantes, generar un listado de equipos por variable y según necesidad o demanda.	Se definirá que tipo de equipo patrón que debe ser al menos duplicado, se analizará cual variable presenta la carga de trabajo más elevada y que tiene faltante de equipos, se hará un listado priorizando estos elementos, luego se analizará el costo para generar un segundo filtro y definir la lista definitiva de equipos faltantes, para que la gerencia busque el presupuesto para la adquisición.	Adolfo Brenes	De octubre 2018 a diciembre 2018	En las instalaciones de Met-Cal	Para generar un listado que sirva de guía para la gerencia, para que puedan buscar el presupuesto o el financiamiento para la compra de equipos que se presentan en el listado o plan de adquisición de equipos patrón.
Costo: por definir según el listado					

SEGUIMIENTO (Control)

PLAN	RESULTADOS FINALES
Supervisión semanal del uso de la pizarra de equipos patrón críticos. Y supervisión semanal del avance de la elaboración del listado de equipos para el plan de adquisición.	Se tienen un control sobre los equipos críticos, con los cuales no se cuenta con doble juego de equipos así se evita que se asignen para dos labores al mismo tiempo, y se generó un listado de equipos por orden de prioridad para que la Gerencia general.

TEMA: Ordenar los almacenes de equipos que se encuentran en el laboratorio.

ANTECEDENTES

Existen equipos que han permanecido por más de 22 días en las instalaciones del laboratorio sin ser calibrados, al revisar los controles, se ha notado que son equipos que no estaban registrados, y además no existe un control exacto del tiempo que permanecen en el laboratorio, y fueron colocados en calibración, porque algún cliente preguntó por el estado de los equipos, o porque en una revisión esporádica se dieron cuenta que el equipo no esta en el calendario de calibraciones.

CONDICIÓN ACTUAL

Los estantes de los almacenes de equipos no se encuentran rotulados, no existe un orden definido de como almacenar los equipos. Dentro del almacén de equipos de devolución de equipos, están también los equipos de nuevo ingreso, esto puede producir una confusión de equipos. en el almacén de equipos por calibrar, los equipos están depositados sin ningún orden, no se ven fácilmente los equipos que tienen prioridad, ni se encuentra un flujo definido de atención de los equipos, esto puede producir que algún equipo no se calibre en el tiempo acordado, o que por el desorden un equipo pequeño no quede a la vista por estar detrás de otro más grande y al no existir un control adecuado el equipo puede quedar invisible para el sistema o el control de equipos.

Meta

Lograr tener los almacenes y los estantes ordenados y que los equipos estén ordenados según en la etapa de calibración que se encuentren, ya sea de nuevo ingreso, en proceso de calibración. Equipos programados y equipos para devolución, y con esto tener un control estricto de la permanencia de los equipos en el laboratorio.

ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

Los almacenes no cuentan un orden establecido.
 Los equipos no están ordenados, según la etapa en que se encuentra dentro del proceso de calibración.
 Los equipos que tienen diferentes fechas de ingreso, y diferentes tiempos de permanencia se encuentran juntos en los estantes, y el control de equipos no refleja esa situación.

LÍDER	Rolando Molina	Patrocinador	Kenneth Miralles	INICIO:	junio 2018
				FIN:	octubre 2018

CONTRAMEDIDAS

Separar los equipos, según la etapa en que se encuentran dentro del proceso de calibración, y lograr determinar el tiempo de permanencia en el laboratorio y poder tomar decisiones predictivas para lograr que la calibración de los equipos esté dentro de la meta establecida.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?
Ordenar el área de almacenamientos y los estantes de equipos que se encuentra en la oficina de programaciones, y el almacén de equipos.	Pasando los equipos de primer ingreso al almacén de equipos, y destinando un estante exclusivo para ellos, y dejando en esta área los equipos que ya se calibraron y serán devueltos a los clientes. En el almacén de equipos tener un estante con los equipos por programar y otro con los equipos programados. estos estantes estarán debidamente rotulados y los equipos estarán almacenados en bandejas para facilitar su ubicación y su correcta identificación.	Josseth Mejía	En el periodo de junio del 2018 a octubre del 2018.	En la oficina de programaciones y el almacén de equipos.	Para separar los equipos de nuevo ingreso de los equipos por programar y de los equipos ya programados, y que los equipos para devolución se encuentren en otra área, para así saber en qué etapa se encuentran y cuánto tiempo llevan en el laboratorio, determinando así si cumplen o no con la meta de calibración establecida.
Costo: ninguno se utilizan los mismos recursos con los que cuenta el laboratorio.					

SEGUIMIENTO (Control)

PLAN	RESULTADOS FINALES
Realizar de forma diaria un "Gemba Walk", para supervisar que los equipos se almacenen de forma correcta y que pasen de estante a estante según el flujo de trabajo. Además, revisar los tableros de control asignado para tal tarea.	Se cuenta con dos áreas de almacenamiento ordenadas, los equipos se encuentran separados según la etapa de calibración en la que se encuentran, además se encuentra con un tablero de administración visual que indica cuantos equipos tienen tiempo de permanencia por debajo de la meta, cuantos se encuentran con más de 8 días cuantos se encuentran con más de 15 días y cuantos con más de 20 días, así como los equipos que se encuentran en proceso de calibración, con esto se pueden tomar decisiones y distribuir las cargas de trabajo según el estado el tiempo de permanencia de los equipos, principalmente para los que se han salidos de la meta.

TEMA: Crear una matriz de autorización de Técnicos de calibración.

ANTECEDENTES
 Con algunas calibraciones se tiene el problema de que se programan las calibraciones se cuenta con los equipos patrón necesarios, pero el técnico que podría ejecutar la calibración no se encuentra autorizado para ejecutar dicha calibración. Lo que ocasiona atrasos en los tiempos de calibración y de entrega de los equipos a los clientes.

CONDICIÓN ACTUAL
 En el departamento de programaciones no se cuenta con un registro de autorizaciones actualizado de los técnicos de calibración, ni se cuenta con un plan para realizar las autorizaciones de los técnicos lo que provoca inconvenientes ya que, las personas que programan asignan labores a técnicos que no pueden ejecutar ese tipo de calibración lo que hace que se reduzca la productividad y que se deba reprogramar la calibración afectando el tiempo de permanencia de los equipos que deben ser

Meta
 Tener una matriz actualizada de autorizaciones para los técnicos de calibración, que permita definir un plan para realizar las autorizaciones futuras según la necesidad del laboratorio.

ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ
 Hasta el momento se utilizan los técnicos con las autorizaciones vigentes, sin preocuparse de autorizar a los técnicos en una mayor cantidad de variables.
 No se había notado la afectación hasta que se dio la salida de la empresa de dos técnicos de mucha experiencia.
 La carga de trabajo que tenía el laboratorio se podía cubrir bien meses atrás con los técnicos que se

LÍDER	Adolfo Brenes	Patrocinador	Kenneth Miralles	INICIO:	septiembre 2018
				FIN:	noviembre 2018

CONTRAMEDIDAS
 Crear una matriz con la información actualizada, y revisar los requisitos de autorización para evaluar que autorizaciones se requieren con urgencia y determinar que técnicos pueden autorizarse según la información actual y la necesidad del laboratorio.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN					
¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?
Actualizar la matriz de autorizaciones, identificar las variables que requieren de mayor personal y establecer el plan de autorizaciones requeridas.	Actualizar la matriz de autorizaciones con ayuda del departamento de calidad, identificar las variables que requieren de mayor personal por medio del control de equipos en el laboratorio, se escogerán las variables que más demoras tienen, se establecerán los responsables para ejecutar las actividades del proceso de autorización y se actualizará la matriz con la nueva información.	Adolfo Brenes	En el periodo que comprende de septiembre del 2018 a noviembre del 2019	Departamento Técnico	Para tener más personal autorizado para ejecutar la mayor cantidad de calibraciones, para procurar un aumento en la productividad y así reducir el tiempo de permanencia de los equipos en el laboratorio.
Costo: 500 000 Colones en horas hombre					

SEGUIMIENTO (Control)	
PLAN	RESULTADOS FINALES
Revisar junto con el Gestor de metrología y el Gestor de calidad el avance de las autorizaciones de forma semanal. Revisar junto con el departamento de calidad cuando un técnico cumple con los requisitos del sistema de gestión de calidad, para ejecutar la autorización. Revisar la matriz de autorizaciones para determinar en que están autorizados los técnicos y en que variables pueden autorizarse para gestionar y dar seguimiento a este proceso.	Se tienen 6 técnicos con autorizaciones, la cuales suman 23 autorizaciones más, lo que hace que se aumente la productividad y que el departamento de programaciones cuente con más personal para ejecutar las calibraciones en el laboratorio.