



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Implementación de herramientas de Manufactura Esbelta para la
reducción de tiempos en los ensayos mecánicos de materiales de
construcción”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

María José Bastidas Ronquillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia por su guía y apoyo incondicional durante este proceso.

A mis tutoras de proyecto y a mis profesores de este programa de maestría por su apoyo y conocimiento brindado en este periodo.

A mi enamorado y a mis amistades quienes me alentaron y dieron soporte en todo momento.

A mis compañeros de trabajo que con su colaboración facilitaron el desarrollo exitoso de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres

A mi hermano

A mis abuelitos

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**María Fernanda López S., M.Sc.
DIRECTORA DE PROYECTO**

**María Denise Rodríguez Z., Ph.D.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

María José Bastidas Ronquillo

RESUMEN

El presente proyecto consistió en la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta para el mejoramiento de los procesos de un tipo de servicio, ensayo mecánico, que brinda un organismo evaluador de la conformidad de materiales de construcción. Se seleccionó la aplicación de esta filosofía de trabajo buscando la eficiencia en los puestos de trabajo y mejorar el ambiente laboral.

Este organismo evaluador de la conformidad, también llamado laboratorio de ensayos, brinda una gran cantidad de servicios para dar soporte a la infraestructura de la calidad en el país, en el sector de la construcción. La diversidad de ensayos que se realizan en esta empresa para atender las necesidades de sus clientes, los continuos cambios organizacionales y adecuaciones en sus instalaciones, han generado controversia en la planificación de actividades de su personal y el cumplimiento de dicha planificación.

El objetivo del proyecto es plantear mejoras para disminuir el tiempo empleado por el personal del laboratorio desde que inician con las actividades de las órdenes de trabajo de cada cliente hasta que se autoriza el informe de resultados de los servicios prestados, mediante la aplicación de herramientas Lean en el ensayo con mayor demanda para en un siguiente proyecto replicar este proceso en los demás servicios.

El proyecto inició con el levantamiento de información referente al desarrollo del ensayo de tracción en el área de materiales metálicos mediante la revisión de documentos del Sistema de Gestión de la empresa, registros históricos, testificaciones y entrevistas con el personal involucrado, todo esto permitió esquematizar a través de un SIPOC el proceso en cuestión, la declaración del problema a mejorar y la definición de las variables de control del proyecto. Junto al equipo de trabajo se elaboró el VSM actual de este servicio y luego de su análisis, se identificó los desperdicios presentes en este proceso y las oportunidades de mejora a considerar en este proyecto. Después de la definición de los problemas enfocados para este ensayo, se procedió al análisis de causas empleando Diagrama de Ishikawa, posteriormente se verificaron a través de la revisión de documentación del laboratorio y gemba, y aplicando herramientas estadísticas como el Diagrama de Pareto. Con esta información se continuó con la determinación de las causas raíces mediante 5 Por qué y gemba, y por medio de una matriz de priorización se elaboró el plan de implementación de mejoras del proceso. Entre las actividades planificadas están Just-do-it, Control visual, Poke-Yoke, Lecciones de Un Punto para capacitar y retroalimentar al personal, aplicación de 5S en las áreas de trabajo para este ensayo, la adecuación de documentación del laboratorio donde se establecen métodos de control y seguimiento de las mejoras implementadas.

Finalmente, todas las actividades ejecutadas permitieron el análisis del antes y el después de la ejecución del ensayo de tracción observando cambios significativos y superando el objetivo inicialmente planteado, se obtuvo una reducción en el tiempo total promedio de ensayo del 43.13%, lo cual generó interés en el personal de la empresa para replicar este ejercicio en sus otros servicios.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Declaración del problema	5
1.4. Objetivo general	7
1.5. Objetivos específicos.....	7
1.6. Resultados esperados	7
1.7. Metodología.....	8
CAPÍTULO 2.....	10
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1. Elaboración del VSM	11
2.2. Identificación de desperdicios.....	12
2.3. Análisis de causa por problema enfocado	15
2.4. Evaluación de las posibles causas identificadas.....	19
2.5. Verificación de las posibles causas	21
2.6. Determinación de las causas raíces	28
2.7. Propuesta de soluciones.....	30
2.8. Priorización de soluciones	32
CAPÍTULO 3.....	36
3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS	36
3.1. Implementación de la propuesta de mejora - A.....	36
3.2. Implementación de la propuesta de mejora - B.....	39
3.3. Implementación de la propuesta de mejora - C.....	41
3.4. Implementación de la propuesta de mejora - D.....	50
3.5. Implementación de la propuesta de mejora - E.....	51
3.6. Implementación de la propuesta de mejora – F1	51

3.7. Implementación de la propuesta de mejora – F2	56
3.8. Resultados obtenidos	59
CAPÍTULO 4.....	62
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1. Conclusiones.....	62
4.2. Recomendaciones.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	64
A. INFORMACIÓN RECOLECTADA DEL PROYECTO.....	65

ABREVIATURAS

AF	Asistente Financiero
AM	Analista del área de Metales
AP	Analista del área de Plásticos
AV	Actividad que agrega valor
A/C	Acondicionador de aire
CTQ	Critical to Quality, o Parámetros de Calidad Críticos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IES	Institución de Educación Superior
ISO	Organización Internacional de Normalización
NAV	Actividad que no agrega valor
NAVN	Actividad que no agrega valor, pero es necesaria
OEC	Organismos Evaluador de la conformidad
OPL	Lecciones de Un Punto
OT	Orden de trabajo
RC	Responsable de Calidad
RT	Responsable Técnico del área de Metales
SC	Asistente de Servicio al Cliente
SERCOP	Servicio Nacional de Contratación Pública
SG	Sistema de gestión
SMED	Single Minute Exchange of Die
TDR	Términos de referencia
UCFA	Unidad Central Financiera por Autogestión
VSM	Value Stream Mapping, o Mapa de la cadena de valor

SIMBOLOGÍA

h	Horas
m	Metros
min	Minutos
s	Segundos
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Posible representación esquemática de los procesos operacionales de un laboratorio ISO/IEC 17025.	2
Figura 1.2 SIPOC de la operación de atención a clientes de la empresa.	3
Figura 1.3 Demanda histórica de ensayos en el área de metales. Desde enero 2020 hasta mayo 2021.	4
Figura 1.4 Tiempo de ejecución de ensayos de tracción en metales por OT entre mayo y junio de 2021.	6
Figura 2.1 Equipo de trabajo del proyecto de mejora.	10
Figura 2.2 Probetas de tracción tipo: A-circular, B-plancha, C-barra y D-placa.	11
Figura 2.3 VSM Junio 2021.	12
Figura 2.4 Proceso de preparación de muestras.	13
Figura 2.5 Proceso de preparación de equipamiento.	14
Figura 2.6 Proceso de elaboración de informe de resultados.	14
Figura 2.7 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #1.	15
Figura 2.8 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #2.	16
Figura 2.9 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #3.	16
Figura 2.10 Personal realizando la evaluación de los diagramas Ishikawa.	17
Figura 2.11 Extracto del comunicado de la UCFA sobre nueva resolución SERCOP.	21
Figura 2.12 Interrupciones durante la preparación de muestras.	23
Figura 2.13 Interrupciones durante la preparación de equipamiento.	23
Figura 2.14 Interrupciones durante el proceso de realización de ensayo.	24
Figura 2.15 Área para preparación superficial de muestras y almacenamiento de insumos.	25
Figura 2.16 Área para almacenamiento de accesorios, preparación de muestras y almacenamiento de instrumentos de medición.	25
Figura 2.17 Cantidad de informes de resultados de ensayo de tracción enviados a corregir entre mayo y julio de 2021.	27
Figura 2.18 Aplicación de herramienta para priorización de soluciones.	32
Figura 3.1 Ejemplar del CheckList del Kit de ensayo.	37
Figura 3.2 Distribución de ítems para preparación de muestras.	37
Figura 3.3 Distribución de ítems para preparación de máquina y realización de ensayo.	37
Figura 3.4 Extracto de procedimiento de ensayo actualizado.	38
Figura 3.5 Difusión de nuevo procedimiento y testificación de ensayo con las mejoras.	39
Figura 3.6 Organigrama del laboratorio hasta julio 2021.	40
Figura 3.7 Organigrama del laboratorio desde agosto 2021.	40
Figura 3.8 Extracto de documento de gestión actualizado.	41
Figura 3.9 Áreas de trabajo del laboratorio.	42
Figura 3.10 Área de preparación de muestras y almacenamiento de herramientas e insumos.	42
Figura 3.11 Área para almacenamiento de accesorios y área de ensayo.	42
Figura 3.12 Área para preparación de muestras (medición).	43
Figura 3.13 Guía para la clasificación de ítems (1S).	43
Figura 3.14 Durante la aplicación de 1S.	44

Figura 3.15 Después de la aplicación de 1S y 2S.....	45
Figura 3.16 Reubicación de las herramientas, accesorios e insumos.....	45
Figura 3.17 Zona naranja durante la aplicación de 1S.....	46
Figura 3.18 Zona naranja durante la aplicación de 2S.....	47
Figura 3.19 Uso de herramienta para emisión de informe de resultados.....	50
Figura 3.20 Árbol de decisión 1 para restricción de uso de herramienta, accesorios e instrumento.....	52
Figura 3.21 Árbol de decisión 2 para restricción de uso para insumos.....	53
Figura 3.22 Aplicación de mejora para uso de herramientas de trabajo.....	55
Figura 3.23 Extracto de procedimiento actualizado.....	56
Figura 3.24 Clasificación de errores en informes de resultados.....	57
Figura 3.25 Tipos de errores frecuentes en hojas de ensayos.....	57
Figura 3.26 Lección de Un Punto para emisión de informe de resultados.....	58
Figura 3.27 Reducción de movimientos en el área de trabajo.....	59
Figura 3.28 Tiempo de ejecución de ensayos de tracción a partir de agosto de 2021.....	60
Figura 3.29 Gráfica de cajas de tiempos por proceso del ensayo de tracción con una muestra.....	61
Figura A.1 Plantilla para auditoría 5S.....	67
Figura A.2 Documento para revisión previa al envío de informes de resultados.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Métricas para seguimiento del proyecto.	5
Tabla 2.1 Resumen de la escala de tiempo VSM Junio 2021. Tiempo en minutos.	12
Tabla 2.2 Escala de ponderación.....	17
Tabla 2.3 Ponderación de las posibles causas a los problemas enfocados.	17
Tabla 2.4 Método de verificación para las posibles causas identificadas.	19
Tabla 2.5 Registro de interrupciones durante los procesos del ensayo de tracción en junio 2021.....	22
Tabla 2.6 Resumen de la verificación de las posibles causas.....	27
Tabla 2.7 Análisis de Causa 1.	28
Tabla 2.8 Análisis de Causa 2.	29
Tabla 2.9 Análisis de Causa 3.	29
Tabla 2.10 Propuesta de soluciones.	30
Tabla 2.11 Listado de propuestas de mejora.	32
Tabla 2.12 Plan de implementación (5W2H).	33
Tabla 3.1 Registro de interrupciones junio, julio y agosto 2021.....	40
Tabla 3.2 Resumen de las mejoras realizadas en las áreas de trabajo.....	47
Tabla 3.3 Resultados primera auditoría 5S.	50
Tabla 3.4 Ítems para ensayo de tracción.	52
Tabla 3.5 Estado actual de insumos.	54
Tabla 3.6 Estado actual de instrumentos y accesorios.....	54
Tabla 3.7 Estado actual de herramientas.....	55
Tabla 3.8 Registro de tiempos promedio antes y después en ensayos de tracción con una muestra.....	61
Tabla A.1 Toma de datos de tiempos de ejecución de procesos.	65
Tabla A.2 Registro de tiempo invertido en búsqueda de ítems para ejecución de ensayos de tracción.	66
Tabla A.3 Toma de datos de tiempos de ejecución de procesos en agosto 2021.	66

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1. Antecedentes

Uno de los objetivos de la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad es “promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la sociedad ecuatoriana” (Ley 76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, 2010, Art. 1), y para ello, se soporta en los integrantes de la Infraestructura del Sistema de la Calidad Ecuatoriana, en la cual los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC) acreditados son parte.

La empresa de estudio es un OEC, un laboratorio de ensayos mecánicos que evalúa la conformidad de los materiales y productos empleados en el sector de la construcción desde el año 2009 para dar soporte al ente rector de la Infraestructura del Sistema de la Calidad Ecuatoriana. Cuenta con un sistema de gestión (SG) acreditado bajo la norma internacional ISO/IEC 17025, con el cual respalda su competencia técnica en la realización de ensayos y emisión de resultados confiables. Ha brindado soporte técnico a la industria a través de más de 100 ensayos para materiales y productos metálicos, plásticos, cerámicos y materiales compuestos.

Es una empresa de primera y tercera parte, pues es parte una universidad pública, Institución de Educación Superior (IES), y cuenta con una dirección ejecutiva, departamento de servicio al cliente, administrativo y financiero, departamento de calidad y departamento técnico. Este último está conformado por cuatro analistas cualificados en los diversos ensayos y su equipamiento es de aproximadamente 800 ítems entre equipos de medición, instrumentos de medición, equipos auxiliares y materiales de referencia, los cuales fueron adquiridos a través de proyectos entre la IES y las entidades de control del gobierno nacional.

Desde su creación, el laboratorio se ha mantenido en constante rotación y crecimiento del personal, así como de espacio físico. Es preciso mencionar que, al laboratorio se le asignaron espacios antes usados por otro tipo de laboratorio y oficinas. Hasta la fecha se han realizado varias adecuaciones de las áreas del laboratorio buscando funcionalidad, así como la seguridad del personal, y al mismo tiempo se ha calificado a los analistas en el uso de más equipos, en la ejecución de más ensayos por la demanda variable de servicios y en estrategias de venta y atención al cliente para aportar al índice de ventas del laboratorio junto al personal administrativo.

Sin embargo, se ha detectado que, desde la emisión de órdenes de trabajo para la realización de ensayos hasta la emisión de informes de resultados a los clientes, en la mayoría de los casos, los analistas invierten más del tiempo programado solo para la ejecución de ensayos, y en algunos casos laboran luego de la hora de salida o fines de semana para cumplir con la entrega de trabajos y cumplir con los objetivos del laboratorio. Al tiempo de los analistas también se debe considerar el tratamiento de las solicitudes de servicios de clientes para el incremento de ventas, visitas a clientes, entre otras actividades del laboratorio acorde a su SG. Por otro lado, se ha registrado disgusto entre los analistas al encontrar los puestos de trabajo en desorden o por no encontrar el equipamiento cuando se lo requiere.

Debido a esto, este proyecto se centra en la mejora del servicio de ensayo de tracción en materiales metálicos desde que se inicia con las actividades de las órdenes de trabajo hasta la autorización de los informes de resultados a los clientes mediante la eliminación del desperdicio, procedimientos eficientes y aportando al buen ambiente laboral con la ayuda de herramientas Lean (Jiménez, Romero, Domínguez, & Espinosa, 2015; Khamashta Llorens, 2016).

1.2. Justificación

Acorde a la norma internacional ISO/IEC 17025, en la Figura 1.1 se presenta un “ejemplo de una posible representación esquemática de los procesos operacionales de un laboratorio” de ensayos y/o calibración en donde se observa cómo fluye la información proporcionada por el cliente (solicitud) así como el ítem a ensayar (muestra), hasta la entrega del informe de resultados y la disposición final de la muestra ensayada, respectivamente. Este proceso se aplica en todos los servicios que brinda este laboratorio.

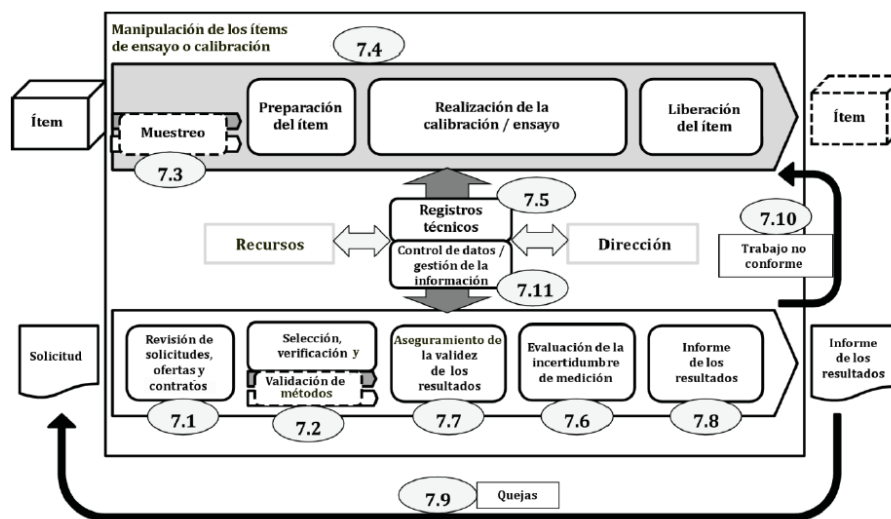


Figura 1.1 Posible representación esquemática de los procesos operacionales de un laboratorio ISO/IEC 17025.

Fuente: Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018¹.

¹ La numeración en la figura corresponde a los requisitos generales de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025.

De acuerdo a lo indicado en la sección 1.1 de este documento, este estudio incluye la preparación de la muestra, la realización del ensayo, la elaboración de informe de resultados y la autorización del informe de resultados de los servicios requeridos. Para determinar todos los recursos partícipes de este estudio y para observar el flujo de la información y materiales necesarios, iniciamos esquematizando la operación del laboratorio para atender las necesidades de sus clientes, por medio de un mapeo de alto nivel (SIPOC), herramienta de Seis Sigma (Bhalla, 2010), de acuerdo a lo establecido en su SG. Se observa en la Figura 1.2 que todos los departamentos del laboratorio son importantes a considerar en las demás actividades de este proyecto y se resalta en azul el bloque de procesos a evaluar.



Figura 1.2 SIPOC de la operación de atención a clientes de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la diversidad de ensayos ofertados, el estudio solo considera los servicios de cartera (convencionales), no subcontratados y de mayor demanda del área de metales, área que tuvo una participación del 69% en las ventas, aproximadamente, en los últimos 17 meses respecto a las otras áreas de acción del laboratorio, de acuerdo a información proporcionada por la empresa.

En la Figura 1.3 se observa que los ensayos con mayor demanda del área de metales son tracción, químico y doblado (80% de todos los servicios de esta área). De acuerdo a las entrevistas realizadas a los analistas del área de metales, comentaron que en el servicio de

químico la participación de ellos es baja y solo se emplean tres ítems de equipamiento, en comparación con el ensayo de tracción el cual necesita más de tres ítems del equipamiento para la preparación de las muestras a ensayar y el respectivo ensayo. Por otro lado, a pesar que el ensayo de doblado se lo categoriza en el grupo de alta demanda, en los últimos tres meses no se han solicitado, por consiguiente, tampoco se los considera en este proyecto. Respecto al tipo de muestras de tracción que se ensayan, se pueden clasificar como: tipo placa, tipo plancha, tipo barra y tipo circular.

Respecto al equipamiento empleado para este ensayo, se conoce que es de uso común con las otras áreas de acción del laboratorio generando los inconvenientes mencionados en la sección 1.1 del presente documento, dichos hallazgos más lo indicado por sus clientes en las encuestas de satisfacción, se los resume en la Tabla 1.1 y se declaran tres métricas a considerar en este proyecto de mejora, priorizando aquel relacionado con la reducción de tiempos de ejecución de ensayos (variable respuesta de este proyecto).

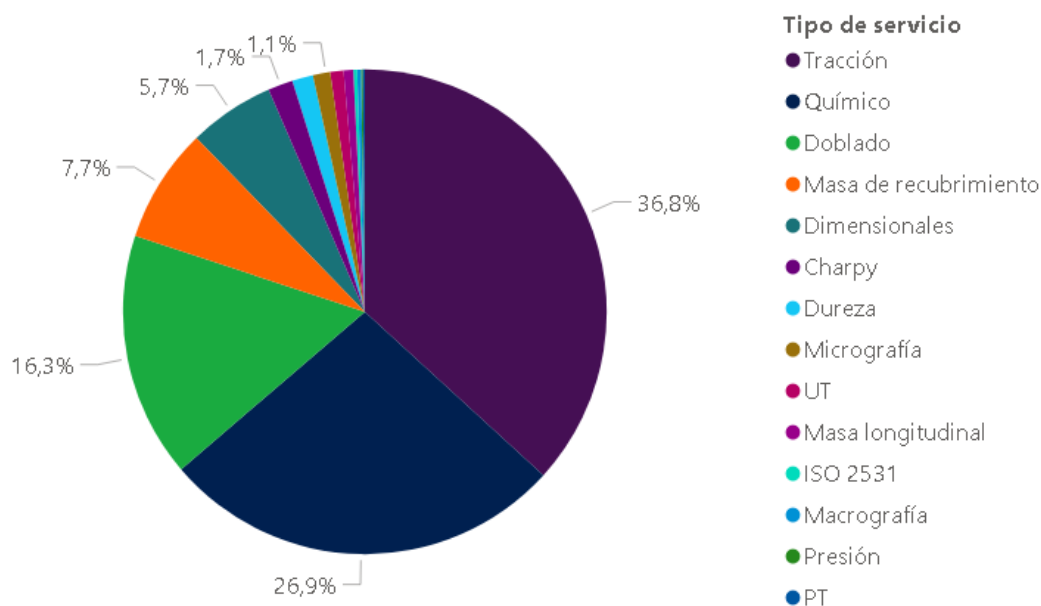


Figura 1.3 Demanda histórica de ensayos en el área de metales. Desde enero 2020 hasta mayo 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.1 Métricas para seguimiento del proyecto.

Voz del cliente - Hallazgos	Afinidad	CTQ's
Se detienen las actividades al no encontrar el equipamiento necesario o listo para usarse	Tiempo de operación	Tiempos de ejecución de ensayo (métrico primario)
Se reprograman los ensayos por las actividades de la otra área del laboratorio o por pedidos instantáneos o trasapelados		
Se realizan ensayos luego de la jornada laboral para cumplir con las fechas acordadas con el cliente		Número de informes atrasados (actual objetivo del laboratorio)
Se entregan los informes de resultados para su revisión previo al finalizar la jornada laboral		
Se debe corregir informes de resultados por falta de información o errores en la elaboración		
Altos precios de la preparación de muestras respecto al precio del ensayo	Satisfacción del cliente	Porcentaje de satisfacción del cliente (actual objetivo del laboratorio)
Se requieren los informes de resultados en el menor tiempo posible		

Fuente: Elaboración propia

1.3. Declaración del problema

Basados en la información de la gestión de las solicitudes de ensayos correspondientes a los meses de mayo y junio del año 2021, se confirma la alta demanda de grupos de ensayos de tracción en muestras metálicas de los cuatro tipos: placa, plancha, circular y barra. En la Figura 1.4 se presenta por orden de trabajo, OT, (solicitud de clientes para ensayar un grupo de muestras) el tiempo de ejecución de los ensayos de tracción en materiales metálicos realizados en este periodo de ocho semanas. Es importante mencionar que, en este estudio no se considerarán los siguientes tiempos (entre procesos) debido a la variabilidad de la planificación de actividades del departamento técnico del laboratorio:

- Tiempo desde la emisión de OT hasta que el analista inicia la preparación de muestras, sea que se requiera o no de un proveedor externo para dicha preparación.
- Tiempo entre preparación de muestras y la preparación de equipamiento.
- Tiempo entre la preparación de equipamiento y realización de ensayos, por ejemplo, cuando se realizan en días separados o de un día al otro, debido a que aprovechan en adelantar otra preparación o porque culminaron una actividad antes de la hora de salida. Jornada laboral: ocho horas, cinco días a la semana.
- Tiempo desde que termina la realización de ensayos hasta que el analista inicia con la elaboración del informe de resultados.

- Tiempo entre el envío del informe de resultados desde el departamento técnico y servicio al cliente, al departamento de calidad para iniciar con la respectiva revisión y autorización de su emisión.

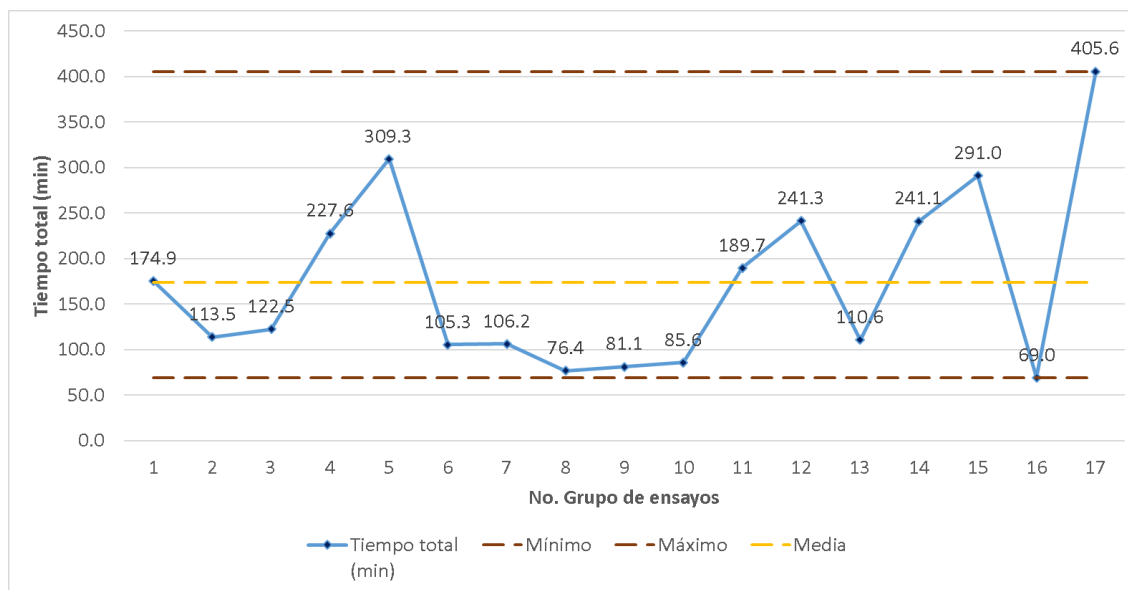


Figura 1.4 Tiempo de ejecución de ensayos de tracción en metales por OT entre mayo y junio de 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se puede decir que, para conocer la resistencia mecánica de muestras metálicas a través del ensayo de tracción se requiere, en promedio, 173.6 min (3 horas aproximadamente), cuando se conoce que el cliente necesita los resultados en el menor tiempo posible, incluso el mismo día en que entregan las muestras y realizan el pago del servicio. También es de conocimiento del laboratorio, por medio de entrevistas con su personal, que por semana se tienen en promedio 3.7 OT de las diferentes áreas del laboratorio cuyo tiempo de atención promedio es de 491.7 horas, un tiempo muy alto para el cliente para conocer cuándo iniciará y recibirá sus resultados con la emisión de la orden de trabajo. No siempre se encuentra el equipamiento listo para usarse (herramientas, instrumentos, accesorios, insumos, equipos de protección personal, otros), en ciertas ocasiones deben buscarlas en otras áreas de trabajo de la empresa porque son usadas por los compañeros en sus actividades o deben adecuar el lugar para poder iniciar con su trabajo, además de las visitas de clientes por realizar para asegurar las ventas del mes y actividades de gestión del laboratorio acorde a su SG. Es por ello que, con el personal del departamento técnico, se ha decidido mejorar los tiempos de realización del ensayo de tracción en muestras metálicas para atender mayor cantidad de pedidos de clientes, cumplir con las actividades diarias dentro de la jornada laboral, sin alterar las otras áreas del laboratorio.

Tomando como referencia los pasos para la declaración de problemas DMAIC, se define el problema como sigue:

Elevados tiempos de realización de ensayos de tracción en el área de pruebas mecánicas desde septiembre de 2020 hasta junio de 2021. El tiempo promedio actual entre preparación, ejecución y emisión de informes de resultados es de 173.6 minutos, cuando debería ser de máximo 120 minutos para atender los demás servicios por día.

1.4. Objetivo general

Disminuir los tiempos de realización de ensayos de tracción en el área de materiales metálicos aplicando herramientas de Manufactura Esbelta para el mejoramiento de la eficiencia del flujo y de los recursos del laboratorio.

1.5. Objetivos específicos

- Analizar la realización de los ensayos de tracción en materiales metálicos para la identificación de causas raíces e ideación de soluciones de mejora.
- Implementar las herramientas de Manufactura Esbelta en las áreas involucradas para la eliminación de las actividades que no agregan valor.
- Diseñar un plan de control para mantener las mejoras implementadas en la realización de ensayos mecánicos.

1.6. Resultados esperados

A partir de la información presentada en este Capítulo 1 y lo sugerido por Steffens & Cadiat (2016), se define el objetivo de este proyecto. Conociendo que un grupo de ensayos de tracción en este laboratorio dura en promedio 173.6 minutos y lo ideal es de 120 minutos, se propone iniciar con una reducción de esta diferencia del 40%.

Por lo tanto, se establece como meta de este proyecto que el laboratorio reduzca el tiempo de realización de ensayos de tracción (desde la preparación de muestras hasta la emisión del informe de resultados) un 12.35%, de 173.6 minutos a 152.2 minutos desde agosto de 2021.

1.7. Metodología

Para alcanzar la meta planteada en este proyecto, el conjunto de actividades a realizar se basa en la utilización de las herramientas de Manufactura Esbelta las cuales permiten mejorar la eficiencia del flujo y la eficiencia de los recursos (Mogig & Åhlström, 2015) que se emplean en los procesos, en este caso del ensayo para determinar la resistencia mecánica de un material metálico que está a cargo de dos analistas de laboratorio, así como de la mejora del ambiente laboral, la incorporación de procesos estandarizados que consideren la ejecución de acciones correctivas para la eliminación de desperdicios (Ribeiro et al., 2019; Mourtzis, Papathanasiou, & Fotia, 2016), la adecuación de los espacios de trabajo y generación de nueva cultura organizacional que conlleve a la satisfacción del cliente final (Jiménez et al., 2015; Khamashta Llorens, 2016).

Luego de las testificaciones de los ensayos de tracción en el gemba (Madariaga, 2013) y reuniones con los analistas de este proceso, existe la posibilidad de también poder abarcar las mejoras relacionadas a la seguridad y salud ocupacional para este servicio pues se manipulan muestras metálicas, equipos y herramientas cuyo manejo inadecuado podría perjudicar al usuario (Tortorella, Cómbita-Niño, Monsalvo-Buelvas, Vidal-Pacheco, & Herrera-Fontalvo, 2020).

Analizando el SIPOC desarrollado para esta empresa, Figura 1.2, se escoge un representante de cada departamento para conformar el equipo de trabajo y en conjunto alcanzar el objetivo planteado en la sección 1.6 de este documento.

Enfocándose en la mejora de los procesos señalados con color azul en la Figura 1.2, se visita el área de ensayos mecánicos en materiales metálicos para observar directamente lo que sucede en el desarrollo de este proceso y recolectar información sobre la duración de cada operación y las actividades involucradas (Gupta, Kapil, & Sharma, 2018). Como resultado de esta observación se cuenta con la Tabla A.1 representada gráficamente en la Figura 1.4. Por otro lado, como ayuda para el seguimiento de este proyecto, considerando lo mencionado tanto por clientes internos como externos al laboratorio, se cuenta con la variable de respuesta del proyecto, tiempo de ejecución de ensayo, y dos métricas adicionales indicadas en la Tabla 1.1. Toda esta información permite la elaboración del mapa de flujo de valor (VSM) actual del proyecto para la posterior identificación de oportunidades para reducir desperdicios en las diferentes etapas del ensayo y elaborar el VSM futuro (Narke & Jayadeva, 2020), previo a esto y para encaminar este proyecto es necesario empoderar al equipo de trabajo (Mascarenhas, Pimentel, & Rosa, 2019), iniciando con capacitaciones sobre las herramientas de Manufactura Esbelta y los beneficios de su aplicación en su día a día, al mismo tiempo mantener informados a los integrantes de la empresa sobre el proyecto en desarrollo.

Esta empresa tiene una ventaja al contar con un sistema de gestión de calidad acreditado, posee un proceso definido para el tratamiento y cierre eficiente de quejas, trabajos no conformes y no conformidades según la norma ISO/IEC 17025. Tomando este conocimiento como base, se procede con el análisis de causas raíces y su posterior verificación aplicando herramientas estadísticas, para luego establecer las acciones de mejora del ensayo, apoyándose con una matriz de priorización de soluciones, y designando responsables y plazos de ejecución (50Minutos, 2016).

Durante la ejecución de las soluciones definidas se aplican algunas de las herramientas para eliminar los desperdicios detectados, entre las seleccionadas están: 5S, SMED, gestión visual, procedimiento estandarizado (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017).

Para el seguimiento y evaluación de lo implementado, se utilizan las métricas presentadas en la Tabla 1.1. y se mantiene informado al personal de su avance, las buenas prácticas y aprendizaje adquirido a lo largo de este proyecto. Finalmente, el laboratorio obtiene un procedimiento de ensayo y áreas de trabajo mejorados, personal capacitado con la nueva metodología, apoyándose con un plan de control integrado a su SG que permita mantener esta nueva práctica en el tiempo y se replique en los demás servicios o áreas de trabajo.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para dar inicio a este proyecto de mejora se realizaron reuniones con los responsables de las áreas del laboratorio con quienes se definió los horarios de trabajo y las personas involucradas para este proyecto, en estas reuniones se introdujo al equipo de trabajo sobre Manufactura Esbelta y sus beneficios (Madariaga, 2013). En la Figura 2.1 se presenta el equipo de trabajo para este proyecto y su aporte.



Figura 2.1 Equipo de trabajo del proyecto de mejora.

Fuente: Elaboración propia

En las reuniones se estableció que los ensayos los presenciaría RC (testificación de ensayo), tal como se ha realizado en anteriores ocasiones como parte del plan de control de calidad del laboratorio, y cuando no sea factible estar presente, se grabaría el proceso para posterior análisis. Entre los meses de mayo y junio se analizaron 17 grupos de OT de ensayos de tracción en muestras tipo placa, tipo plancha, tipo barra y tipo circular, como se observa en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Probetas de tracción tipo: A-circular, B-plancha, C-barra y D-placa.
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las testificaciones de los ensayos dentro de este periodo, se agruparon las actividades acorde al procedimiento de ensayo vigente de la empresa y al SIPOC elaborado, ver Figura 1.2, se registraron los tiempos de cada bloque azul del SIPOC y se los resumió en la Tabla A.1. Es importante mencionar que esta información se presentó al equipo de trabajo y junto a la información proporcionada por SC, respecto a la demanda de OT y las actividades pendientes por ejecutar de los analistas de acuerdo a la planificación del departamento técnico, se construyó el VSM de la situación actual de la empresa correspondiente al mes de junio.

2.1. Elaboración del VSM

Para la construcción del VSM (Rother, Shook, & Lean Enterprise Institute, 1999) se consideran los cuatro tipos de muestras metálicas de tracción que ensaya el laboratorio, todos pasan por los mismos procesos, misma secuencia, hasta que se emite el informe de resultados firmado y autorizado por el laboratorio. Para determinar el valor de la demanda de ensayos de tracción y de los inventarios previo a cada proceso, se registró el primer día de cada semana del mes de junio a las 09h00 la cantidad de OT generadas y los trabajos en cola de tracción de metales (pendientes por hacer) hasta ese momento, y luego se calculó el promedio en cada etapa, con estos valores promedio se procedió a graficar el VSM, ver Figura 2.3. Se puede indicar que, hasta el mes de julio, la demanda promedio de este servicio de ensayo se mantuvo en 1 OT/semana. Respecto al tiempo de respuesta del proveedor externo de maquinado de probetas de ensayo, tiene como política entregar máximo en tres días hábiles.

Con el equipo de trabajo se definió aquellas actividades que agregan valor (AV), no agregan valor pero son necesarias (NAVN) y las que no agregan valor al servicio (NAV) asumiendo punto de vista del cliente quien desea la información en el menor tiempo posible y considerando que en ciertas ocasiones desea presenciar la realización del ensayo. En la

Tabla 2.1 se resumen estos valores dando como resultado un lead time de 7853.6 min con una eficiencia de 0.79%, es decir que se tiene un 99.21% del tiempo a ser mejorado.

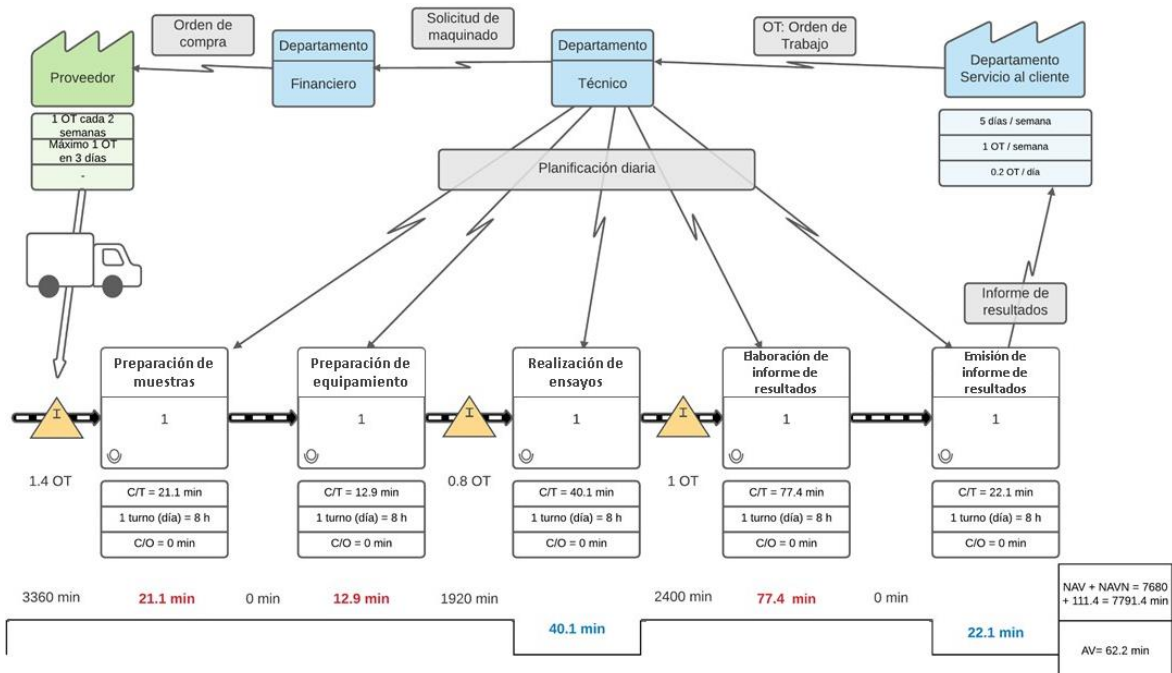


Figura 2.3 VSM Junio 2021
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1 Resumen de la escala de tiempo VSM Junio 2021. Tiempo en minutos.

Servicio	Lead time	AV	NAVN	NAV
Ensayo de tracción	7853.6	62.2	111.4	7680.0

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que el ensayo de tracción no es el único servicio que se realiza por semana en el laboratorio por los analistas y el equipamiento empleado en este servicio es de uso común en las otras áreas. Además, conociendo que en este proyecto no se considerarán los tiempos de espera indicados en la sección 1.3 de este documento, y con lo observado en las testificaciones, se definió que los procesos categorizados como NAVN son oportunidades de mejora (Oliveira et al., 2017).

2.2. Identificación de desperdicios

Previo a proponer acciones para mejorar los procesos identificados como NAVN, junto a los analistas se analizó los hallazgos de las testificaciones y resultados de las entrevistas

realizadas para luego definir la posible o posibles causas raíces de las demoras en el ensayo de tracción.

- El proceso de preparación de muestras incluye: la verificación del cumplimiento de las condiciones de las muestras a ensayar respecto al procedimiento, el registro de las dimensiones de las muestras, su preparación superficial y el marcado para medición de la elongación del material.

De los registros del estudio de tiempos en este proceso se observó interrupciones por búsqueda de instrumentos, insumos o accesorios para realizar la actividad, interrupciones por visitas o llamadas del personal externo y/o interno, correcciones en registros y el marcado, no contar con espacio suficiente para la preparación superficial de las muestras. Los desperdicios identificados fueron de movimiento, espera y retrabajo.



Figura 2.4 Proceso de preparación de muestras.
Fuente: Elaboración propia

- El proceso de preparación de equipamiento incluye: la configuración del software de ensayo, el ingreso de la información requerida por el método, la verificación y cambio de accesorios del equipo y la puesta a punto del mismo.

De los hallazgos en la ejecución de este proceso se observó búsqueda de archivos del laboratorio para consultas, búsqueda de accesorios e insumos para dejar a punto el equipo, interrupciones por llamadas o visitas del personal del laboratorio y/o externos, correcciones en el ingreso de información y configuración del software. En el caso de las llamadas o visitas, se ven influenciadas por la falta de personalización de quienes realizan las consultas o llamadas a los analistas, en comprender y resolver por sí mismos las inquietudes del personal interno/externo o del mismo cliente aun sabiendo que se pueden apoyar de los documentos de su SG o de otros compañeros de trabajo, y, por otro lado, la prisa siempre presente en los analistas conlleva a las correcciones que realizan y no se enfocan. Es por ello que, los desperdicios identificados fueron: intelecto, movimiento, espera y retrabajo.



Figura 2.5 Proceso de preparación de equipamiento.

Fuente: Elaboración propia

- El proceso de elaboración de informe de resultados incluye: la revisión de los registros del ensayo, el traspaso de la información a los formatos digitales, firma del emisor del informe y envío del documento para posterior revisión por RC.

De los hallazgos en la elaboración de informe de resultados se observó interrupciones por visitas o llamadas de personal interno y/o externo, problemas con la computadora, se deben usar varios programas para obtener el documento final, se corrige más de una vez el documento enviado, no siempre cuentan con toda la información que el cliente necesita se coloque en el informe y se enteran luego de enviarlo a la revisión final. Los desperdicios identificados fueron: retrabajo, sobreprocesamiento, intelecto y espera.

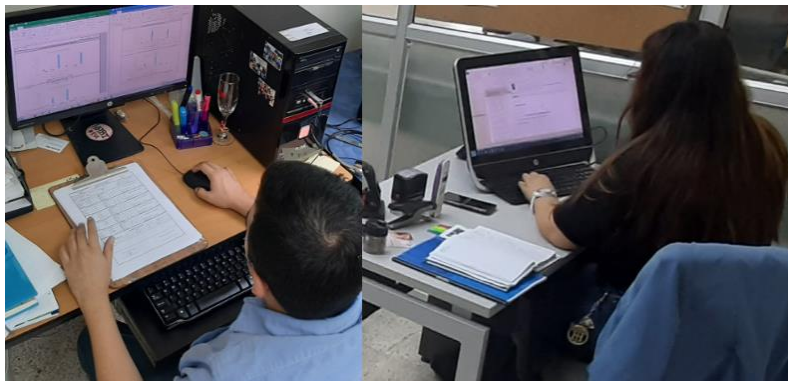


Figura 2.6 Proceso de elaboración de informe de resultados.

Fuente: Elaboración propia

Aunque el proceso de realización de ensayo no se lo categorizó como NAVN, las interrupciones por visitas o llamadas de personal externo y/o interno también se evidenciaron durante las testificaciones.

Luego de esta identificación, se procedió a redactar cada situación como un problema enfocado para la posterior determinación de la o las posibles causas raíces. Debido a que

es la primera vez que se realiza un proyecto de mejora en el laboratorio, no se cuenta con datos históricos que se pueda emplear como referencia en cada uno de los problemas que se presentan, actualmente se está levantando dicha información, y el equipo busca su mejora.

- ◆ Problema enfocado #1: Elevados tiempos en la preparación de muestras de ensayos de tracción en el segundo trimestre del año 2021. Actualmente este proceso dura en promedio 21.1 minutos y el departamento técnico necesita que sea reducido sin afectar la calidad del servicio.
- ◆ Problema enfocado #2: Altos tiempos en la preparación del equipamiento del ensayo de tracción en el segundo trimestre del año 2021. Actualmente este proceso dura en promedio 12.9 minutos y el departamento técnico necesita que se reduzca sin afectar la calidad del servicio y estado del equipamiento.
- ◆ Problema enfocado #3: Elevados tiempos en la elaboración de informe de resultados de ensayos de tracción en el segundo trimestre del año 2021. Actualmente este proceso dura en promedio 77.4 minutos y el departamento técnico necesita que se reduzca sin alterar la validez de los resultados emitidos.

2.3. Análisis de causa por problema enfocado

Con los problemas enfocados, en las reuniones de trabajo con los analistas, se realizó la búsqueda de la o las posibles causas raíces empleando la herramienta de diagrama Ishikawa (50Minutos, 2016). Se inició con una lluvia de ideas y después se agruparon como se observa en Figura 2.7, Figura 2.8 y Figura 2.9.

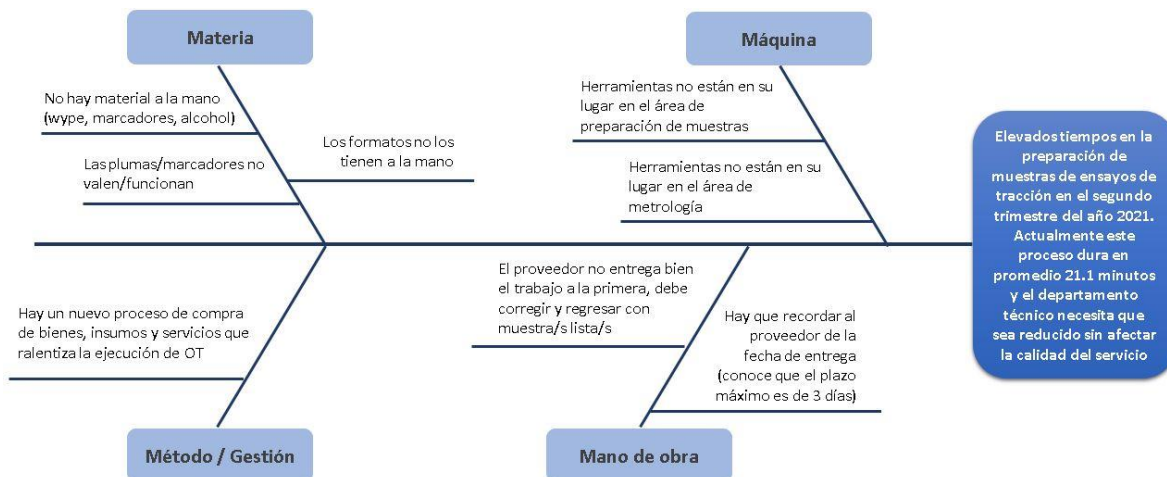


Figura 2.7 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #1.
Fuente: Elaboración propia

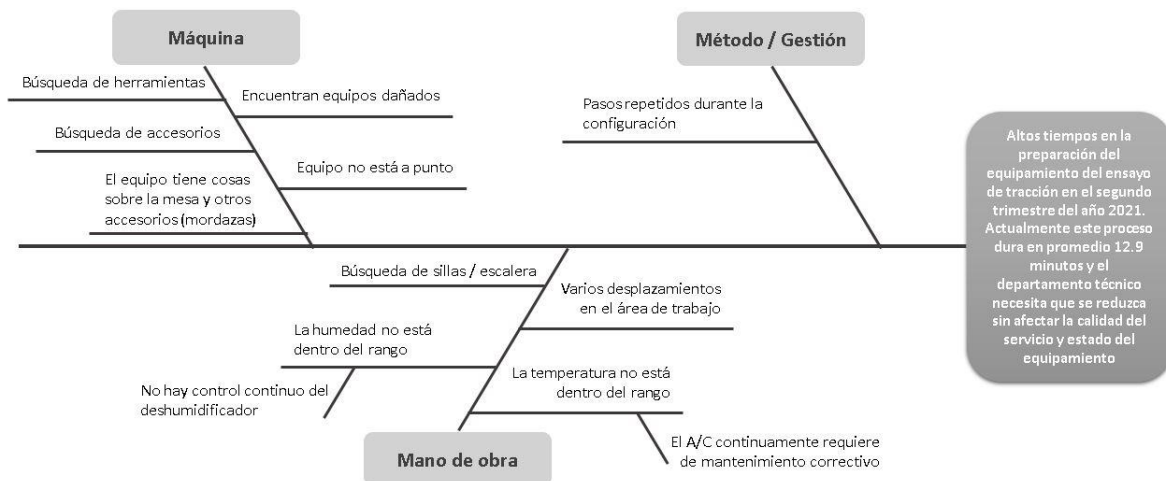


Figura 2.8 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #2.
Fuente: Elaboración propia

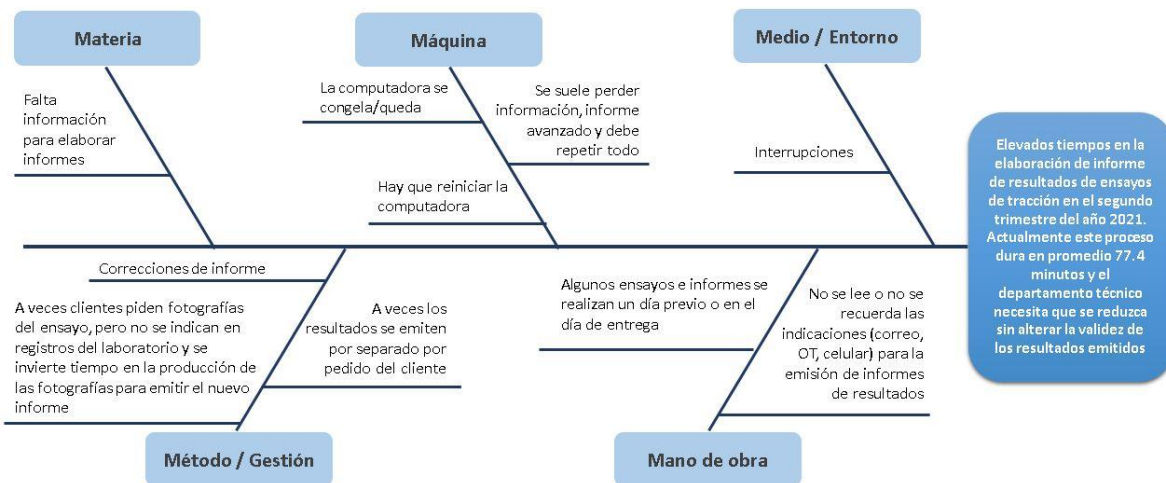


Figura 2.9 Diagrama Ishikawa para Problema enfocado #3.
Fuente: Elaboración propia

Posterior a ello, se dieron indicaciones para que se califique cada idea según su frecuencia de ocurrencia y su nivel de impacto o afectación al proceso, a partir de la experiencia y percepción de los involucrados en este servicio. En la Tabla 2.2 se presenta la escala empleada en esta ponderación, adicionalmente a cada nivel se le asignó un color para facilitar el ejercicio, ver Figura 2.10. Esta actividad permitirá concentrarnos en aquella o aquellas causas que se consideran realmente influyentes en el problema principal presentado en la sección 1.3 de este documento.

Tabla 2.2 Escala de ponderación.

Nivel de impacto o afectación al proceso ¿afecta bastante al proceso o no?				
1	2	3	4	5
Nula	Débil	Mediana	Fuerte	Totalmente fuerte
■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Frecuencia de ocurrencia ¿qué tanto se repite?				
1	2	3	4	5
Nunca	Rara vez	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.10 Personal realizando la evaluación de los diagramas Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3 Ponderación de las posibles causas a los problemas enfocados.

No.	Descripción	Calificación		Puntuación
		Nivel de impacto	Frecuencia de ocurrencia	
Problema enfocado #1				
1	No hay material a la mano (wype, marcadores, alcohol)	3 ■ ■ ■ ■	3 ■ ■ ■ ■	9
2	Las plumas/marcadores no valen/funcionan	3 ■ ■ ■ ■	3 ■ ■ ■ ■	9

3	Los formatos no los tienen a la mano	3 	3 	9
4	Hay un nuevo proceso de compra de bienes, insumos y servicios que ralentiza la ejecución de OT	5 	5 	25
5	Herramientas no están en su lugar en el área de preparación de muestras	5 	5 	25
6	Herramientas no están en su lugar en el área de metrología	5 	5 	25
7	El proveedor no entrega bien el trabajo a la primera, debe corregir y regresar con muestra/s lista/s	4 	3 	12
8	Hay que recordar al proveedor de la fecha de entrega (conoce que el plazo máximo es de 3 días)	3 	3 	9
Problema enfocado #2				
9	Búsqueda de herramientas	5 	5 	25
10	Búsqueda de accesorios	4 	4 	16
11	Encuentran equipos dañados	4 	3 	12
12	Equipo no está a punto	4 	3 	12
13	El equipo tiene cosas sobre la mesa y otros accesorios (mordazas)	3 	3 	9
14	Pasos repetidos durante la configuración	1 	2 	2
15	Búsqueda de sillas / escalera	3 	3 	9
16	Varios desplazamientos en el área de trabajo	3 	3 	9
17	La humedad no está dentro del rango, no hay control continuo del deshumidificador	3 	4 	12
18	La temperatura no está dentro del rango, el A/C continuamente requiere de mantenimiento correctivo	3 	4 	12
Problema enfocado #3				
19	Falta información para elaborar informes	3 	3 	9
20	La computadora se congela/queda	3 	3 	9
21	Hay que reiniciar la computadora	2 	2 	4

22	Se suele perder información, informe avanzado y debe repetir todo	2 ■■■■	2 ■■■■	4
23	Interrupciones	5 ■■■■	5 ■■■■	25
24	Correcciones de informe	3 ■■■■	4 ■■■■	12
25	A veces los resultados se emiten por separado por pedido del cliente	3 ■■■■	2 ■■■■	6
26	A veces clientes piden fotografías del ensayo, pero no se indican en registros del laboratorio y se invierte tiempo en la producción de las fotografías para emitir el nuevo informe	2 ■■■■	2 ■■■■	4
27	Algunos ensayos e informes se realizan un día previo o en el día de entrega	3 ■■■■	2 ■■■■	6
28	No se lee o no se recuerda las indicaciones (correo, OT, celular) para la emisión de informes de resultados	3 ■■■■	3 ■■■■	9

Fuente: Elaboración propia

2.4. Evaluación de las posibles causas identificadas

A partir de la ponderación del departamento técnico presentada en la Tabla 2.3, se procedió a analizar aquellas que fueron categorizadas de 3 a 5 en nivel de impacto y frecuencia de ocurrencia. Luego de agruparlas por afinidad, se obtuvieron seis posibles causas como se muestra en la Tabla 2.4 y se definió el método para su posterior verificación.

Tabla 2.4 Método de verificación para las posibles causas identificadas.

No.	Descripción	Puntuación	Teoría del impacto	Método de verificación
1	Hay un nuevo proceso de compra de bienes, insumos y servicios que ralentiza la ejecución de OT	25	Al tercerizar la gestión con los proveedores (software del Gobierno), la entrega de bienes y suministros atrasa la ejecución del servicio, lo cual incrementa el tiempo de ejecución de ensayo.	Revisión de proceso de compras
2	Interrupciones	25	El analista detiene la actividad del ensayo	Gemba

			debido a las interrupciones, lo que conlleva a altos tiempos de ejecución del ensayo.	
3	Herramientas no están en su lugar en el área de preparación de muestras	25	Por la falta de orden en las áreas de trabajo al analista se le dificulta encontrar aquello que requiere para su ensayo, el analista detiene la actividad e invierte tiempo en la búsqueda, lo que conlleva a un aumento del tiempo de ejecución del ensayo.	Gemba
4	Herramientas no están en su lugar en el área de metrología	25		
5	Búsqueda de herramientas	25		
6	Búsqueda de accesorios	16		
7	El proveedor no entrega bien el trabajo a la primera, debe corregir y regresar con muestra/s lista/s	12	El tiempo de ejecución de ensayo se incrementa con las esperas generadas por las equivocaciones en la entrega del servicio por parte del proveedor de maquinado.	Gemba y revisión de proceso gestión de proveedores
8	Encuentran equipos dañados	12	Debido a la falta de gestión de equipamiento del laboratorio el analista debe pausar el ensayo, lo que conlleva al incremento del tiempo en la ejecución del ensayo.	Gemba y revisión de proceso de gestión de equipos
9	Equipo no está a punto	12		
10	La humedad no está dentro del rango, no hay control continuo del deshumidificador	12		
11	La temperatura no está dentro del rango, el A/C continuamente requiere de mantenimiento correctivo	12		
12	Correcciones de informe	12	Los tiempos de ejecución del ensayo aumentan por el retrabajo en la elaboración de informes de resultados, el analista no lo entrega bien a la primera y debe corregir.	Gemba

Fuente: Elaboración propia

2.5. Verificación de las posibles causas

a) Proceso de compras

Antes de mayo 2021 la gestión de compras de bienes y servicios lo lideraba AF a partir de la información proporcionada por los analistas según su procedimiento interno. De acuerdo al SG del laboratorio, AF cuenta con un listado de proveedores calificados para la adquisición de bienes e insumos, así como servicios de calibración y mantenimiento de equipos, entre otros, con el objetivo de agilizar la gestión de compras según la demanda de servicios de cliente a través de sus OT. Esta gestión, desde el pedido hasta la obtención del servicio, tenía una duración en promedio de 2 días.

Sin embargo, a finales del mes de mayo de 2021 el Servicio Nacional de Contratación Pública emitió la Resolución Externa No. RE-SERCOP-2021-0114 la cual altera el proceso de compras del laboratorio que se basa en el procedimiento de ínfima cuantía, esto obliga a que las empresas públicas elaboren una sola contratación o contrataciones separadas anualmente. Además, la selección del proveedor ya no dependerá de AF sino de la herramienta electrónica de la SERCOP denominada Necesidades ínfimas cuantías, la cual se acoge a la Ley Orgánica del SERCOP. Esto genera una dependencia en un ente externo lo cual ralentiza la compra de bienes y/o servicios necesarios para brindar ensayos. Actualmente esta gestión inicia con la elaboración de los términos de referencia (TDR) que debe ahora presentar el laboratorio por cada pedido, los cuales deben ser aprobados por la Unidad Central Financiera por Autogestión (UCFA) del IES quien ingresa la solicitud a la herramienta electrónica de la SERCOP, luego debe esperar la respuesta de algún postulante que cumpla con los TDR, con ello, se elabora el respectivo contrato a ser firmado por UCFA y el proveedor seleccionado, y solo posterior a todo este proceso el proveedor recién se acerca al laboratorio para brindar el servicio. Entrevistando a AF, indicó que el tiempo hasta contar con el proveedor seleccionado por la SERCOP es mayor a 7 días hábiles.

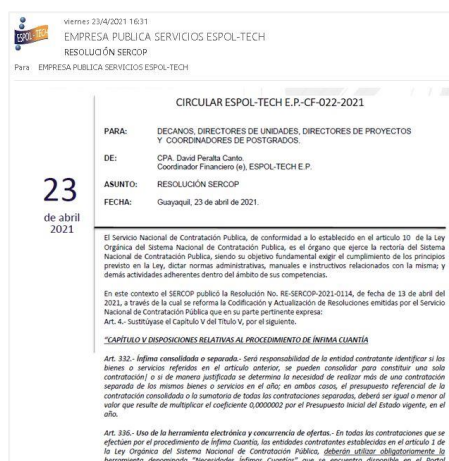


Figura 2.11 Extracto del comunicado de la UCFA sobre nueva resolución SERCOP.

Fuente: UCFA

Por lo tanto, se verifica que esta causa afecta al problema enfocado #1 y todo el proceso de los diferentes servicios que brinda el laboratorio. Sin embargo, y de acuerdo a lo establecido en la sección 1.3 de este documento, este tiempo de espera no se considera dentro del estudio. A pesar de ello, AF junto a RT y a la Dirección del Laboratorio han organizado reuniones con la UCFA para buscar una solución viable a este cambio repentino en los procesos de los laboratorios de esta IES que son las entidades afectadas.

b) Interrupciones

A través de las testificaciones de los ensayos de tracción se evidenció que las interrupciones ocurren a nivel de todo el proceso y no solo durante la elaboración de informe de resultados. Se procedió a analizar la información recolectada en las testificaciones del mes de junio, se resume en la Tabla 2.5 y se presenta en los siguientes diagramas de Pareto:

Tabla 2.5 Registro de interrupciones durante los procesos del ensayo de tracción en junio 2021.

Proceso	Interrupciones registradas	Ocasiones
Preparación de muestras	Búsqueda de instrumentos	4
	Búsqueda de insumos	7
	Visita/consulta de personal interno/externo	10
	Llamadas personal interno/externo	1
Preparación de equipamiento	Búsqueda de insumos	4
	Búsqueda de accesorios	1
	Búsqueda de documentos/formatos SG	1
	Visita/consulta de personal interno/externo	6
Realización de ensayo	Búsqueda de instrumentos	3
	Búsqueda de insumos	8
	Búsqueda de documentos/formatos SG	1
	Visita/consulta de personal interno/externo	7
	Llamadas personal interno/externo	3

Fuente: Elaboración propia

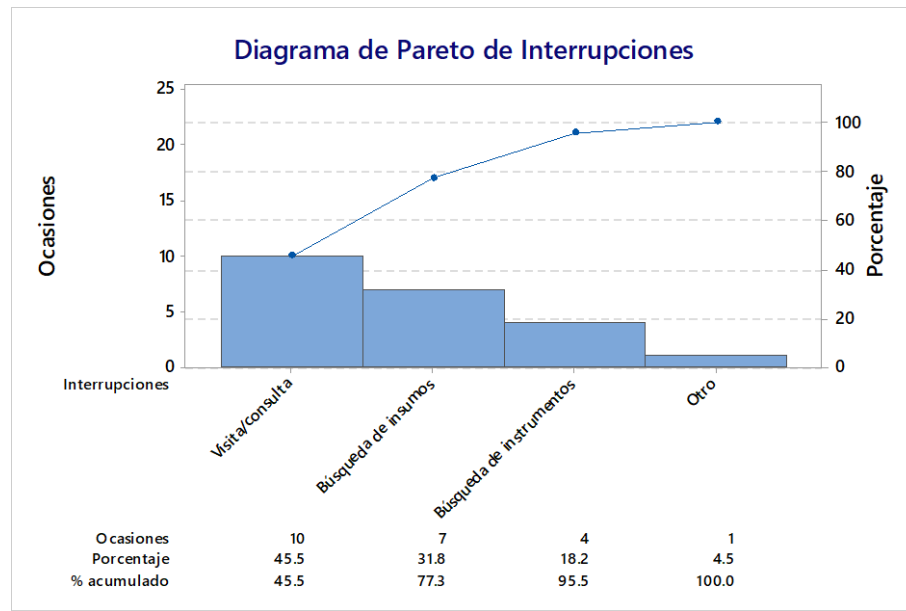


Figura 2.12 Interrupciones durante la preparación de muestras.
Fuente: Elaboración propia

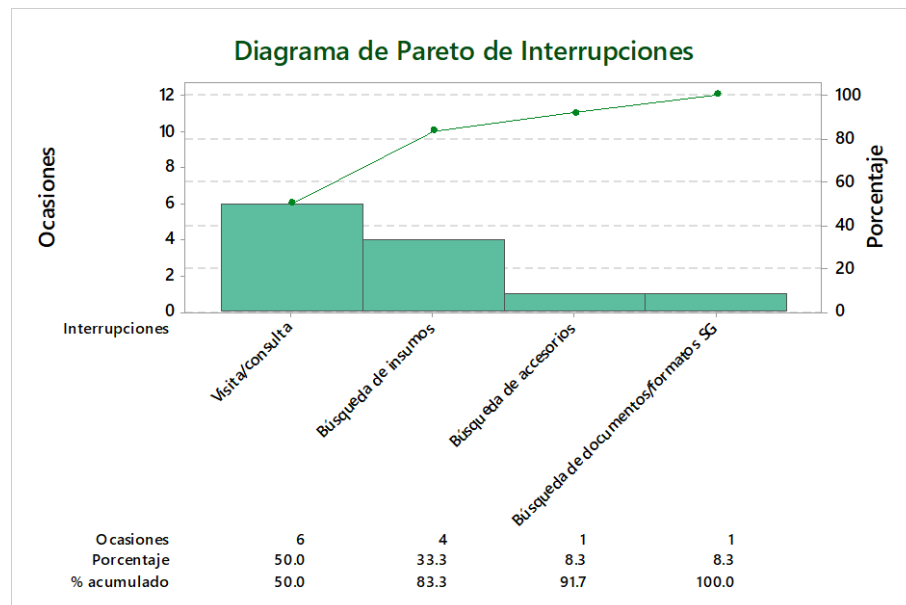


Figura 2.13 Interrupciones durante la preparación de equipamiento.
Fuente: Elaboración propia

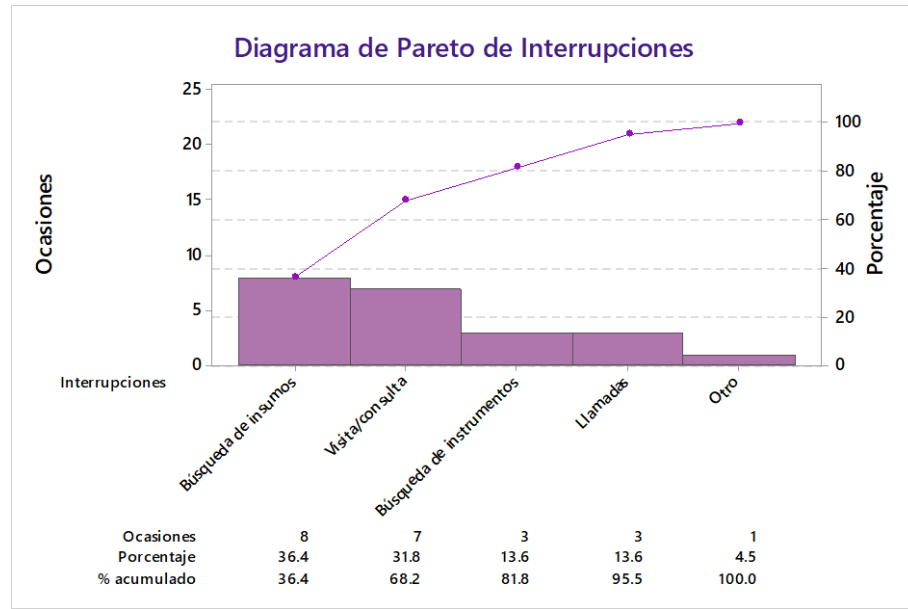


Figura 2.14 Interrupciones durante el proceso de realización de ensayo.
Fuente: Elaboración propia

Con esto, podemos concluir que, la mayor parte de las interrupciones en el ensayo se dan por la búsqueda de insumos, instrumentos y accesorios, y por las visitas/consultas del personal interno/externo, esto también se ha visualizado en la realización de otros servicios del laboratorio. Con esto verificamos la causa identificada.

c) Falta de orden en las áreas de trabajo

A través de las testificaciones de los ensayos de tracción, las entrevistas con el personal y las visitas esporádicas en las áreas del laboratorio desde mayo hasta julio se evidenció que no siempre se encuentran ordenadas las áreas de trabajo, como se presenta en las siguientes figuras, y los ítems usados en el ensayo no siempre están a la vista o etiquetados adecuadamente para evitar el uso de aquellos que estén fuera de uso según el SG del laboratorio.



Figura 2.15 Área para preparación superficial de muestras y almacenamiento de insumos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.16 Área para almacenamiento de accesorios, preparación de muestras y almacenamiento de instrumentos de medición.

Fuente: Elaboración propia

Con esto verificamos esta causa y respaldamos los tiempos empleados por el personal para la búsqueda de ítems para continuar con su trabajo, al no existir un orden la mayor parte del tiempo, se realizan movimientos innecesarios e interrupciones al personal para finalizar con las actividades planificadas. En la Tabla A.2 se resumen los tiempos identificados en la búsqueda de aquello que se necesita para realizar los ensayos que se testificaron.

d) Retrabajos en el servicio de maquinado

Luego de entrevistar a AF junto a los analistas, se identificó que de las OT finalizadas entre mayo y julio el 67% de ellas no requirió maquinado por parte de proveedor externo, en el 33% restante han trabajado con un proveedor nuevo y los problemas reportados en el Ishikawa se deben a este nuevo proveedor (está en periodo de prueba), por lo cual, en el mes de julio ya no se lo contrató, los maquinados se realizarán con el proveedor que cuenta con la calificación del laboratorio para el maquinado de probetas de ensayo normadas, pues este

proveedor lleva trabajando para el laboratorio por más de 5 años. Es por ello que se descarta esta causa.

e) Falta de gestión de equipamiento del laboratorio

Sobre las ideas presentadas en la Tabla 2.4 se contabilizaron los eventos de las 17 OT testificadas, ver Tabla A.1, para corroborar la ponderación realizada por el personal:

- solo se registró una (01) ocasión en que un instrumento estaba dañado, porque la batería caducó
- en tres (03) ocasiones la pluma/marcador no funcionó adecuadamente y tuvo que reemplazarse
- en cuatro (04) ocasiones el equipo de ensayo no estaba a punto, es decir se encontraron otros accesorios en el equipo para la realización de otro servicio del laboratorio y los analistas tuvieron que adecuar este puesto de trabajo para el ensayo de tracción
- solo en uno (01) de los ensayos se tuvo que esperar a que el área esté acondicionada, es decir temperatura y humedad relativa dentro de especificaciones

Al observar que no es de alta ocurrencia, lo opuesto a lo indicado en la ponderación, se solicitó otra reunión para analizar a detalle este punto y mencionaron que es de su interés mejorar el proceso de gestión de equipamiento porque se presenta en los otros servicios del laboratorio no analizados en este documento. Para fines de este ensayo, esta causa se descartó y se conversó con la Dirección del Laboratorio para que se realice un proyecto de mejora sobre ese específico procedimiento de gestión considerando el interés del personal y el nuevo proceso por ínfima cuantía presentado en el literal a).

f) Retrabajo en la elaboración de informe de resultados

RC es responsable de la revisión y autorización de la emisión de informe de resultados a los clientes, el laboratorio cuenta con un procedimiento de su SG para esta actividad y se soporta con SC. Además, RC lleva un registro de cada revisión de informe de resultados y las correcciones que ha solicitado realizar a los analistas. Se analizó ese registro desde mayo hasta julio, en ese periodo se emitieron 29 informes de resultados y suplementos de informes por pedido del cliente, de los cuales 11 se emitieron sin corrección (38%) y en la Figura 2.17 se presentan los informes que se solicitó corregirlos en varias ocasiones (62.1%): informes corregidos una vez (45%), corregidos en dos ocasiones (10%), corregidos en tres y cinco veces (7%). Con esta evidencia se verifica esta causa.

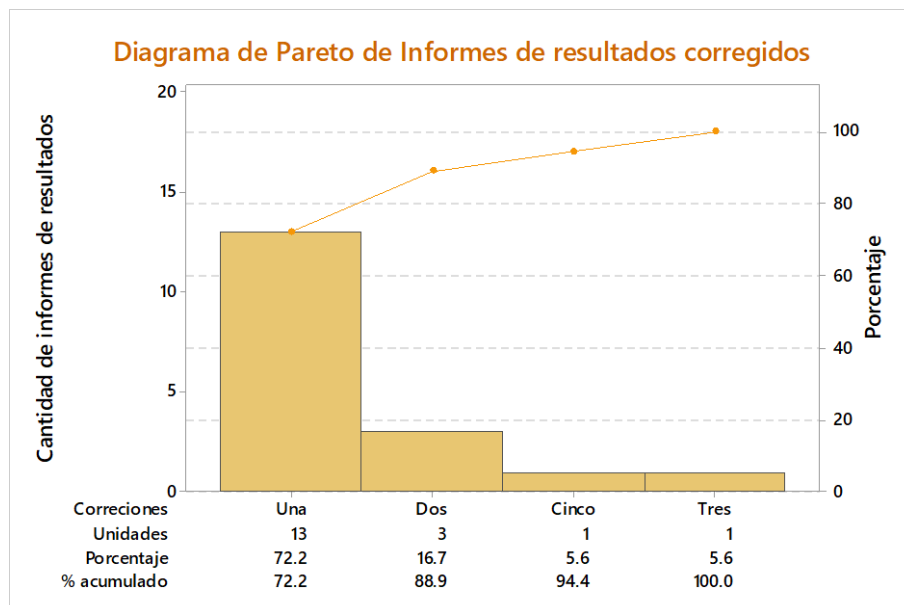


Figura 2.17 Cantidad de informes de resultados de ensayo de tracción enviados a corregir entre mayo y julio de 2021.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la verificación de las posibles causas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.6 Resumen de la verificación de las posibles causas.

No.	Causa posible	Método de verificación	Estado
1	Proceso nuevo y complejo para la adquisición de bienes y servicios	Revisión de proceso de compras	No verificada
2	Interrupciones en la realización de actividades	Gemba	Verificada – Causa 1
3	Falta de orden en las áreas de trabajo	Gemba	Verificada – Causa 2
4	Retrabajos en el servicio de maquinado	Gemba y revisión de proceso gestión de proveedores	No verificada
5	Falta de gestión de equipamiento del laboratorio	Gemba y revisión de proceso de gestión de equipos	No verificada
6	Retrabajo en la elaboración de informes de resultados	Gemba	Verificada – Causa 3

Fuente: Elaboración propia

2.6. Determinación de las causas raíces

A través de la aplicación de las herramientas 5 Por qué y Gemba se determinaron las causas raíces de los problemas enfocados que están directamente relacionados con el problema presentado en la sección 1.3 de este documento. Esta actividad se realizó con el equipo de trabajo presentado en la Figura 2.1.

Tabla 2.7 Análisis de Causa 1.

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Resultado
¿Por qué se dan las interrupciones durante la realización del ensayo de tracción?	Sí	¿Por qué el personal/clientes requieren alguna confirmación o información de los servicios o actividades del laboratorio?	Sí	¿Por qué los analistas manejan información con todos los cargos incluso con clientes?	Causa raíz
El personal/clientes requieren alguna confirmación o información de los servicios o actividades del laboratorio		Los analistas manejan información con todos los cargos incluso con clientes. RT y SC - solicitudes de clientes RC - gestión de calidad o consultas de informes AF - gestión de compras Analistas - soporte en otros ensayos Clientes – seguimiento de solicitudes y OT		Desde la pandemia analistas y RT tienen mismas funciones, y algunas similares a SC para aportar con el cumplimiento del objetivo de ventas mensuales del laboratorio.	
No se cuenta con los insumos / instrumentos / herramientas / accesorios a la mano	Sí	¿Por qué no se cuenta con los insumos / instrumentos / herramientas / accesorios a la mano?	Sí	¿Por qué son de uso común entre áreas/servicios del laboratorio?	Causa raíz
		Son de uso común con las otras áreas del laboratorio para los diferentes servicios que se brinda		No se cuenta con insumos / instrumentos / herramientas / accesorios adicionales y el actual proceso de compras es complejo y exige una planificación anual.	
		No siempre están en el sitio que se asume deben estar	Sí	¿Por qué no siempre están en el sitio que se asume debe estar? No se ha definido ni oficializado a todo el personal una ubicación para almacenar cada insumos / instrumentos / herramientas / accesorios	Causa raíz

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.8 Análisis de Causa 2.

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Resultado
¿Por qué existe la falta de orden en las áreas de trabajo?		¿Por qué los procedimientos de ensayo no hacen referencia a mantener el orden y limpieza de las áreas?		¿por qué no se cumple mantener el orden y limpieza día a día?		
A pesar de existir procedimientos para el desarrollo de cada ensayo que se brinda, no hacen referencia a mantener el orden y limpieza de las áreas	Sí	En el manual de calidad del laboratorio, dentro de las funciones y responsabilidades de los analistas está definido el mantener el orden y limpieza pero no se cumple en el día a día	Si	Prefieren finalizar todos los ensayos planificados y luego ordenar para cumplir con los plazos de entrega definidos al cliente	Sí	Causa raíz
No todos asumen un mismo lugar para almacenar los ítems empleados en los servicios de ensayo	Sí	¿Por qué no se asume un mismo lugar para el almacenamientos de ítems?		¿Por qué no se ha definido ni oficializado la ubicación?		
		No se ha definido ni oficializado la ubicación específica para este fin	Si	Por descuido, no se ha hecho difusión ni seguimiento de la implementación del procedimiento de gestión de equipamiento y suministros del laboratorio donde sí se indica que a cada ítem debe definirse su espacio	Sí	Causa raíz

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Análisis de Causa 3.

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Resultado
¿Por qué se realizan correcciones de los informes de resultados?		¿Por qué se usan informes antiguos como plantillas en vez de los originales del SG?		¿Por qué prefieren elaborar rápido los informes de resultados?	
Los analistas utilizan informes antiguos como plantilla, en vez de usar los originales del SG.	Sí	Prefieren elaborar rápido los informes de resultados de tracción, que es un ensayo puntual, para seguir con la gestión de otra/s OT o actividad dentro del laboratorio	Si	La mayoría de servicios del laboratorio no solo incluyen un ensayo de tracción, son servicios integrados que requieren de actividades internas y	Causa raíz

		que suele requerir más tiempo en desarrollar (servicios integrados).		externas del laboratorio y deben cumplir con los plazos de entrega definidos al cliente (más actividades = mayor complejidad = mayor requerimiento de tiempo = prisa del analista).	
Se pasan por alto las faltas ortográficas y cierta información del servicio que son detectados por SC/ RC.	Sí	¿Por qué se pasan por alto las faltas ortográficas y cierta información del servicio?	Sí	¿Por qué no revisan el informe previo a su entrega?	Causa raíz
		Los analistas quieren entregar rápido los informes de resultados y no realizan una revisión previo a la entrega		No está definido que ellos realicen una revisión previa a su entrega y están acostumbrados a las revisiones de este tipo por RC	

Fuente: Elaboración propia

2.7. Propuesta de soluciones

El equipo de trabajo analizó la información levantada en la sección anterior para trabajar con una lluvia de ideas de soluciones que permitan eliminar la causa raíz, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 2.10 Propuesta de soluciones.

No.	Descripción	Causa posible	Causa raíz	Propuestas de mejora
1	Interrupciones	Interrupciones en la realización de actividades	Desde la pandemia analistas y RT tienen mismas funciones, y algunas similares a SC para aportar con el cumplimiento del objetivo de ventas mensuales del laboratorio.	Actualizar las funciones por cargo en el laboratorio respetando las jerarquías, es decir cualquier consulta no realizarla a los analistas, primero realizarlas a los responsables de cada área (RT)
			No se cuenta con insumos / instrumentos / herramientas / accesorios adicionales y el actual proceso de compras es complejo y exige una planificación anual.	Identificar insumos / instrumentos / herramientas / accesorios del ensayo de tracción que son de uso común para los demás servicios y evaluar su restricción de uso para las otras áreas
				Evaluar la posibilidad de adquirir más de estos ítems considerando el nuevo proceso de SERCOP y lo encontrado en la identificación de los ítems

			No se ha definido ni oficializado a todo el personal una ubicación para almacenar cada insumos / instrumentos / herramientas / accesorios	Aplicar 5S en las áreas de trabajo involucradas en el ensayo de tracción	
				Adecuar los procedimientos del laboratorio, según aplique, basándose en la metodología de las 5S	
2	Herramientas no están en su lugar en el área de preparación de muestras	Falta de orden en las áreas de trabajo	Por descuido, no se ha hecho difusión ni seguimiento de la implementación del procedimiento de gestión de equipamiento y suministros del laboratorio donde sí se indica que a cada ítem debe definirse su espacio	Aplicar 5S en las áreas de trabajo	
3	Herramientas no están en su lugar en el área de metrología			Capacitación al personal	
4	Búsqueda de herramientas			Analistas prefieren finalizar todos los ensayos planificados y luego ordenar, para cumplir con los plazos de entrega definidos al cliente	Adecuar los procedimientos del laboratorio, según aplique, basándose en la metodología de las 5S
5	Búsqueda de accesorios				Evaluar la posibilidad de contar con un analista designado para la gestión del orden y limpieza en el laboratorio, así como de la gestión del equipamiento y suministros
6	Correcciones de informe			Retrabajo en la elaboración de informes de resultados	Elaborar rápido los informes de resultados de tracción (servicio puntual) para cumplir con los plazos de entrega de las demás actividades internas y externas (mayor complejidad = mayor tiempo = prisa del analista)
		Están acostumbrados a las revisiones de este tipo por RC	Establecer un método de control a nivel de los analistas para asegurar el envío de un informe correcto a la primera, posible revisión del procedimiento para la emisión de informe de resultados		

Fuente: Elaboración propia

2.8. Priorización de soluciones

En esta sección, el equipo de trabajo reagrupó algunas de las acciones propuestas y luego empleó la matriz de priorización para poder planificar las acciones a realizar según la calificación obtenida.

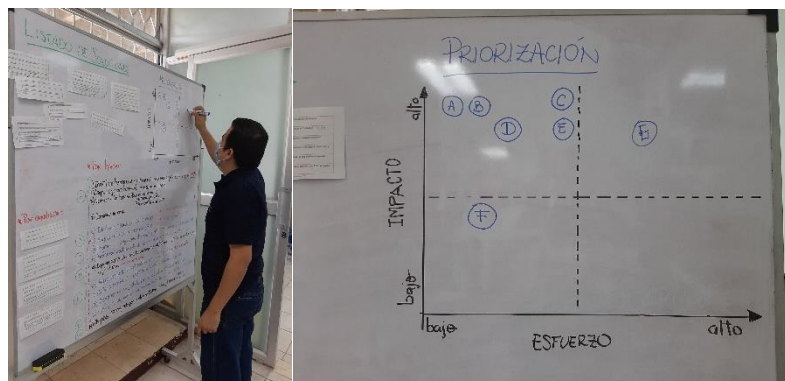


Figura 2.18 Aplicación de herramienta para priorización de soluciones.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.11 Listado de propuestas de mejora.

No.	Propuestas de mejora	Identificación
1	Adecuar los procedimientos del laboratorio, según aplique, basándose en la metodología de las 5S	A
2	Capacitación al personal sobre los cambios realizados	
3	Actualizar las funciones por cargo en el laboratorio respetando las jerarquías, es decir cualquier consulta no realizarla a los analistas, primero realizarlas a los responsables de cada área (RT)	B
4	Aplicar 5S en las áreas de trabajo involucradas en el ensayo de tracción	C
5	Establecer un método de control a nivel de los analistas para asegurar el envío de un informe correcto a la primera, posible revisión del procedimiento para la emisión de informe de resultados	D
6	Evaluar la posibilidad de contar con un analista designado para la gestión del orden y limpieza en el laboratorio, así como de la gestión del equipamiento y suministros	E
7	Identificar insumos / instrumentos / herramientas / accesorios del ensayo de tracción que son de uso común para los demás servicios y evaluar su restricción de uso para las otras áreas	F
8	Identificar y contabilizar los errores más comunes por los cuales se corrigen informes de resultados	
9	Evaluar la posibilidad de adquirir más de estos ítems considerando el nuevo proceso de SERCOP y lo encontrado en la identificación de los ítems	G

Fuente: Elaboración propia

Con esta evaluación, ver Figura 2.18 y Tabla 2.11, el equipo de trabajo elaboró el plan de implementación para la mejora en los tiempos de ejecución del ensayo de tracción en muestras metálicas. La solución identificada como G, alto esfuerzo y alto impacto, no se la consideró en este plan, guarda relación con la posible causa analizada en la sección 2.5 a) de este documento.

Tabla 2.12 Plan de implementación (5W2H).

Causa raíz	Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Quién	Cuánto	Cuándo	Estado
No se ha definido ni oficializado a todo el personal una ubicación para almacenar cada insumos / instrumentos / herramientas / accesorios.	A- Adecuar los procedimientos del laboratorio, según aplique, basándose en la metodología de las 5S.	Se necesita establecer una metodología que asegure el orden y la limpieza en el laboratorio.	Revisar y editar los procedimientos de ensayo de tracción para los cuatro tipos de muestras considerando las adecuaciones de las áreas de trabajo luego de la aplicación de las 5S, para la posterior capacitación y aplicación.	Oficinas	RC	-	2021-08-10	Finalizado
Analistas prefieren finalizar todos los ensayos planificados y luego ordenar, para cumplir con los plazos de entrega definidos al cliente.	A - Capacitación al personal sobre los cambios realizados.							
Desde la pandemia analistas y RT tienen mismas funciones, y algunas similares a SC para aportar con el cumplimiento del objetivo de ventas mensuales del laboratorio.	B - Actualizar las funciones por cargo en el laboratorio respetando las jerarquías, es decir cualquier consulta no realizarla a los analistas, primero realizarlas a los responsables de cada área (RT).	Se espera disminuir las interrupciones por comunicaciones internas durante la ejecución de ensayos.	Just-do-it: Primera comunicación realizarla con RT y ya no con analistas por el mes de julio y verificar mejora.	Oficinas	RC	-	2021-08-18	Finalizado
			Revisar y editar el documento del SG relacionado con el organigrama y las funciones definidas.					
No se ha definido ni oficializado a todo el personal una ubicación para almacenar cada insumos / instrumentos / herramientas / accesorios. Por descuido, no se ha hecho difusión ni seguimiento de la implementación del procedimiento de gestión de equipamiento y suministros del laboratorio donde sí se indica que a cada ítem debe definirse su espacio.	C- Aplicar 5S en las áreas de trabajo involucradas en el ensayo de tracción.	Se necesita establecer una metodología que asegure el orden y la limpieza en el laboratorio.	Aplicar las 5S en: - área de preparación superficial de muestras - almacenamiento de insumos - almacenamiento de accesorios - área de preparación de muestras - almacenamiento de instrumentos de medición	Laboratorio	AP	\$100.00	2021-08-20	Finalizado

<p>Elaborar rápido los informes de resultados de tracción (servicio puntual) para cumplir con los plazos de entrega de las demás actividades internas y externas (mayor complejidad = mayor tiempo = prisa del analista).</p>	<p>D - Establecer un método de control a nivel de los analistas para asegurar el envío de un informe correcto a la primera, posible revisión del procedimiento para la emisión de informe de resultados.</p>	<p>Se requiere reducir la cantidad de informes enviados a corregir.</p>	<p>Emplear Lecciones de Un Punto de acuerdo a los hallazgos encontrados.</p>	<p>Oficinas</p>	<p>SC</p>	<p>-</p>	<p>2021-08-13</p>	<p>Finalizado</p>
<p>Están acostumbrados a las revisiones de este tipo por RC.</p>			<p>Revisar y editar el procedimiento del laboratorio para elaborar informes de resultados, considerando los hallazgos encontrados en la revisión de los históricos de informes corregidos.</p>					
<p>Analistas prefieren finalizar todos los ensayos planificados y luego ordenar, para cumplir con los plazos de entrega definidos al cliente.</p>	<p>E - Evaluar la posibilidad de contar con un analista designado para la gestión del orden y limpieza en el laboratorio, así como de la gestión del equipamiento y suministros.</p>	<p>Se espera contar con un líder en esta gestión.</p>	<p>Revisar la edición modificada del procedimiento de gestión de equipamientos y suministros para evaluar la delegación del analista.</p>	<p>Laboratorio</p>	<p>RT</p>	<p>-</p>	<p>2021-08-10</p>	<p>Finalizado</p>
<p>No se cuenta con insumos / instrumentos / herramientas / accesorios adicionales y el actual proceso de compras es complejo y exige una planificación anual.</p>	<p>F- Identificar insumos / instrumentos / herramientas / accesorios del ensayo de tracción que son de uso común para los demás servicios y evaluar su restricción de uso para las otras áreas.</p>	<p>Se espera disminuir las interrupciones asegurando su disponibilidad durante la ejecución del ensayo.</p>	<p>Convocar revisión por la dirección para la evaluación de un plan piloto de acuerdo a la edición modificada del procedimiento de gestión de equipamientos y suministros.</p>					
			<p>Entrevistar al personal del laboratorio para separar con un árbol de decisión aquellos ítems que siempre deben estar disponibles para el ensayo de tracción y establecer su ubicación.</p>					

Elaborar rápido los informes de resultados de tracción (servicio puntual) para cumplir con los plazos de entrega de las demás actividades internas y externas (mayor complejidad = mayor tiempo = prisa del analista)	F- Identificar y contabilizar los errores más comunes por los cuales se corrigen informes	Se espera entregar informes de resultados correctos a la primera emisión	Revisar registros de revisión de informes de resultados de ensayo de tracción	Oficinas	RC	-	2021-08-04	Finalizado
			Identificar los errores frecuentes en este servicio					
			Capacitar al personal para evitar los errores identificados y actualizar los formatos de informe de resultados, si aplica.					

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

3.1. Implementación de la propuesta de mejora - A

Adecuar los procedimientos del laboratorio, según aplique, basándose en la metodología de las 5S y Capacitación al personal sobre los cambios realizados

Es preciso indicar que los dos procedimientos de ensayo del SG del laboratorio corresponden a los servicios con acreditación internacional, es decir, este proceso ha sido evaluado durante los últimos 10 años y se ha demostrado la competencia técnica del laboratorio para brindar este tipo de servicio, sin embargo, se procedió a revisar ambos procedimientos. De esta revisión se propuso incluir un apartado haciendo énfasis en el orden y limpieza de los puestos de trabajo antes y después de ejecutar el ensayo. Con el afán de mantener ordenados los puestos de trabajo y reducir los movimientos del analista en cada una de las etapas del ensayo se propuso:

Previo a iniciar cualquier ensayo de tracción, el analista debe:

- a) Imprimir o descargar la OT a realizar.
- b) Emplear el CheckList del Kit de ensayo, se busca que el analista identifique todo lo que requerirá para el desarrollo de la OT. Este instrumento se debe emplastificar y para registrar información se usará un marcador no permanente, asegurando que sea un instrumento de multiuso. Ver Figura 3.1.
- c) Con el Checklist en la mano, recolectar todo aquello que identificó que usará (formatos, insumos, herramientas, instrumentos y/o accesorios).
- d) Acondicionar cada puesto de trabajo, es decir, colocar los ítems requeridos para cada etapa del ensayo. Por ejemplo, ver Figura 3.2 y Figura 3.3.

CheckList del Kit de ensayo No. 001

Ensayo: Tracción en metales

Analista: Nombre y Apellido

¡Recuerda equiparte antes de iniciar tu ensayo!

A – OT, documentos y registros del SG
B – Insumos
C – Muestras a ensayar
D – Accesorios
E – Equipamiento de medición

A – OT, documentos y registros del SG
B – Insumos
C – Muestras a ensayar
D – Equipamiento de medición
E – Equipo de ensayo
F – Banco para accesorios y herramientas
G – accesorios y herramientas

Distribución de ítems para preparación de muestras Distribución de ítems para preparación de máquina y realización de ensayo

Para esta OT necesitas:
Marca con una X

<input type="checkbox"/> EPP	<input type="checkbox"/> OT	<input type="checkbox"/> Pie de rey / micrómetro
<input type="checkbox"/> Marcador para metales	<input type="checkbox"/> Hoja de datos primarios	<input type="checkbox"/> Regla
<input type="checkbox"/> Pluma y tablero	<input type="checkbox"/> Procedimiento / norma	<input type="checkbox"/> Balanza
<input type="checkbox"/> Wype		
<input type="checkbox"/> Alcohol industrial		

Figura 3.1 Ejemplar del CheckList del Kit de ensayo.
 Fuente: Elaboración propia

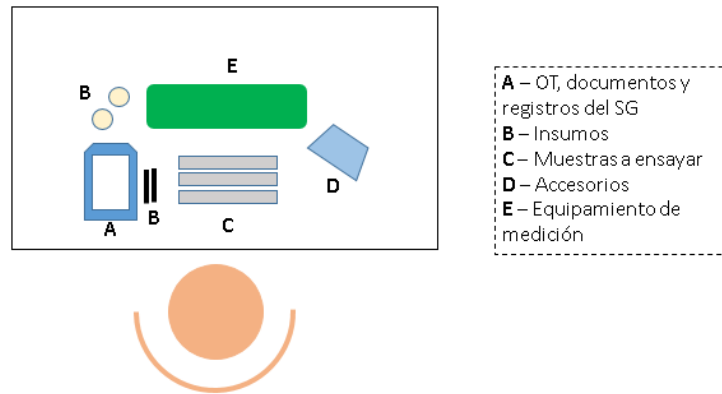


Figura 3.2 Distribución de ítems para preparación de muestras.
 Fuente: Elaboración propia

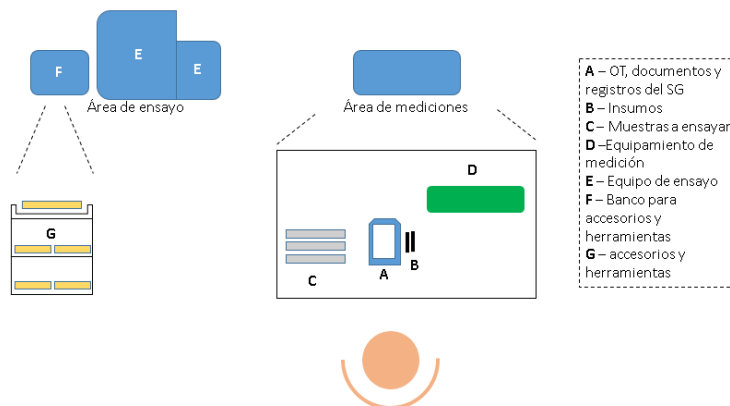


Figura 3.3 Distribución de ítems para preparación de máquina y realización de ensayo.
 Fuente: Elaboración propia

- e) Realizar los pasos indicados en los procedimientos de ensayo.
- f) Al finalizar el ensayo, realizar la limpieza de las áreas de trabajo y colocar todos los ítems en el lugar de almacenamiento definido por el laboratorio (área de metrología, área de accesorios, área de preparación de muestras y área de oficina). Esto acorde a lo indicado en la sección 3.3, 3.6 y 3.7 de este documento.

Debido al compromiso de confidencialidad con la empresa, a continuación, se presenta el extracto de uno de los procedimientos de ensayo con la inclusión de esta nueva práctica. Ambos procedimientos cumplen con una estructura para su contenido según su SG, por ello, las adecuaciones se aplicaron en las mismas secciones de los procedimientos, ver Figura 3.4. Adicionalmente, y acorde al SG de la empresa, se realizó la respectiva capacitación de los analistas junto a la testificación de este ensayo en las OT realizadas en los meses de julio y agosto, ver Figura 3.5. Esta inclusión dentro de los procedimientos de ensayo permitirá al laboratorio asegurar que esta práctica prevalezca en el tiempo y junto al Plan de control de calidad establecido por norma en el laboratorio, se realizará el seguimiento de su aplicación mediante las testificaciones programadas de los ensayos.

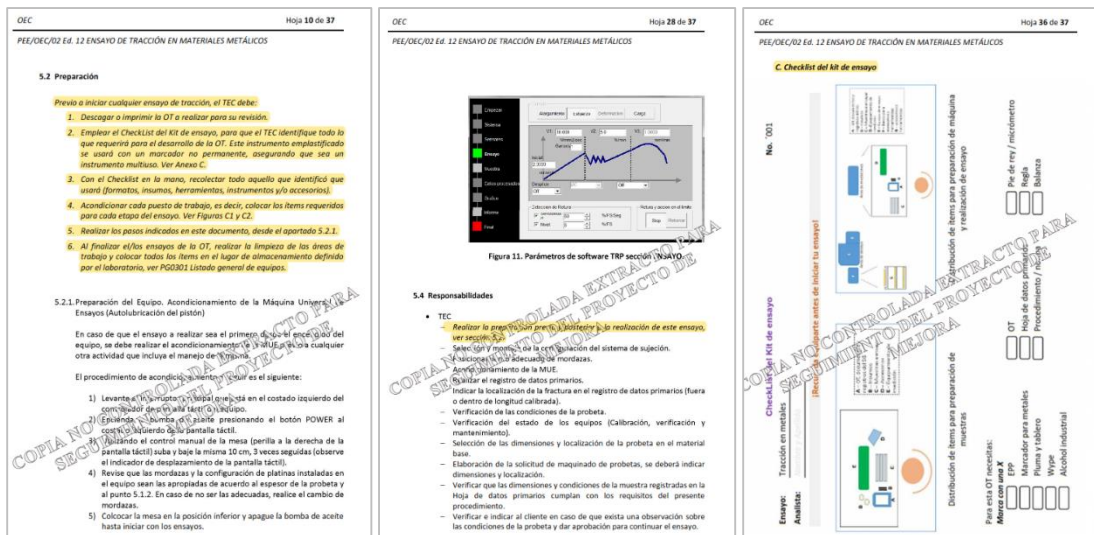


Figura 3.4 Extracto de procedimiento de ensayo actualizado.

Fuente: SG de la empresa



Figura 3.5 Difusión de nuevo procedimiento y testificación de ensayo con las mejoras.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Implementación de la propuesta de mejora - B

Actualizar las funciones por cargo en el laboratorio respetando las jerarquías, es decir cualquier consulta no realizarla a los analistas, primero realizarlas a los responsables de cada área (RT).

Es importante recordar que el personal del laboratorio no supera las 11 personas cuya mayoría es parte del equipo de trabajo, por ello, posterior al análisis de causa de este problema se propuso a todos los departamentos que cualquier consulta que tengan respecto a la gestión de solicitudes de cliente y proveedores, así como los temas relacionados a gestión, serán tratados primero con los RT de las áreas de trabajo (no solo se aplicó para el área de metales) y ya no con los analistas como primera opción.

Se propuso aplicar esta resolución en los meses de julio y agosto, y de lo observado en el gamba durante el desarrollo de diferentes servicios se evidenció mayor interacción entre los RT e integrantes de los departamentos del laboratorio. Solo cuando se reciben productos de proveedores de maquinado, se solicita a los analistas se comuniquen inmediatamente. En los últimos ensayos de tracción realizados por el laboratorio se contabilizó lo siguiente, ver Tabla 3.1.

Al ser una posibilidad el evitar continuas interrupciones, se propuso la actualización del SG del laboratorio en el documento que declara las funciones y responsabilidades por cargo. En la Figura 3.6 se presenta el organigrama del laboratorio inicial, en donde se observa que todos los departamentos interactúan entre sí directamente. Y acorde a la nueva disposición, se adecuaron las funciones y responsabilidades de los analistas, de tal manera que cualquier comunicación primero pase por RT, y será RT quien disponga con qué analista trabajará y se comunicará, ver Figura 3.7 y Figura 3.8. Con esta adecuación de actividades dentro del SG del laboratorio, se espera observar mismas mejoras en los demás servicios del laboratorio en el próximo trimestre.

Tabla 3.1 Registro de interrupciones junio, julio y agosto 2021.

Proceso	Interrupciones registradas	Ocasiones Junio	Ocasiones Julio	Ocasiones Agosto
Preparación de muestras	Visita/consulta de personal interno/externo	10	0	1
	Llamadas personal interno/externo	1	1	0
Preparación de equipamiento	Visita/consulta de personal interno/externo	6	1	0
	Llamadas personal interno/externo	0	1	0
Realización de ensayo	Visita/consulta de personal interno/externo	7	4	1
	Llamadas personal interno/externo	3	2	1
Total		27	9	3

Fuente: Elaboración propia

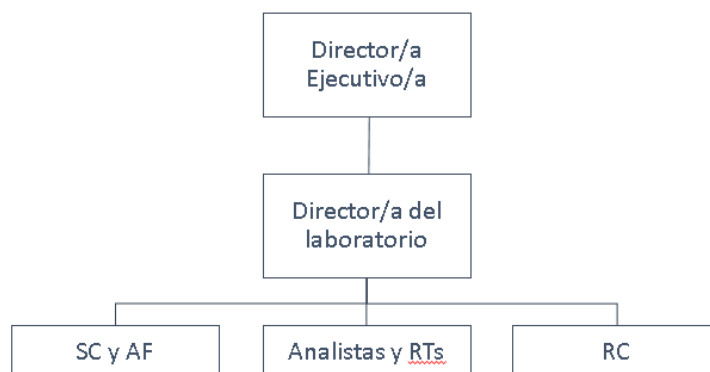


Figura 3.6 Organigrama del laboratorio hasta julio 2021.

Fuente: SG de la empresa

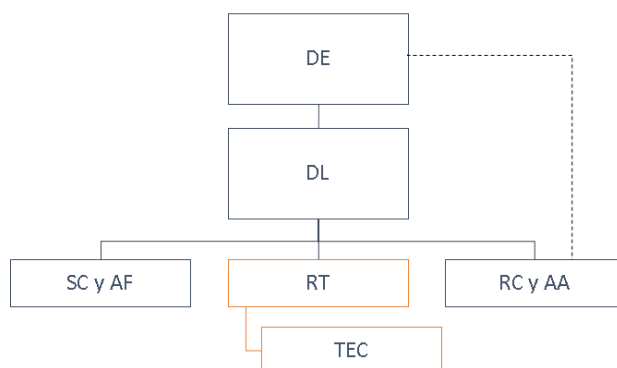


Figura 3.7 Organigrama del laboratorio desde agosto 2021.

Fuente: SG de la empresa

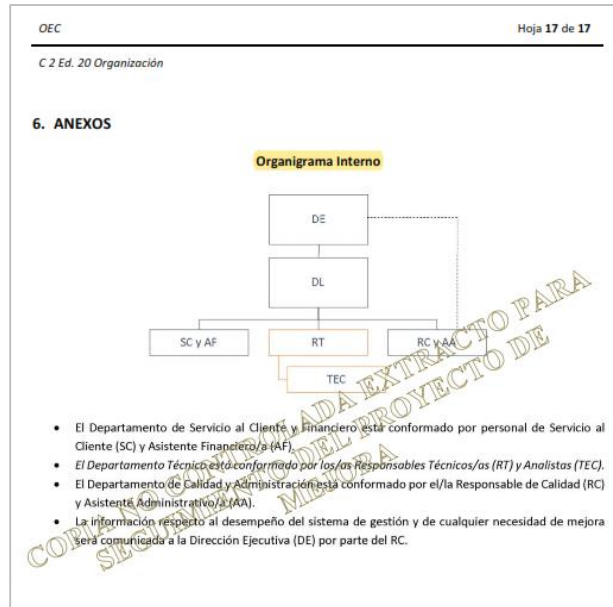


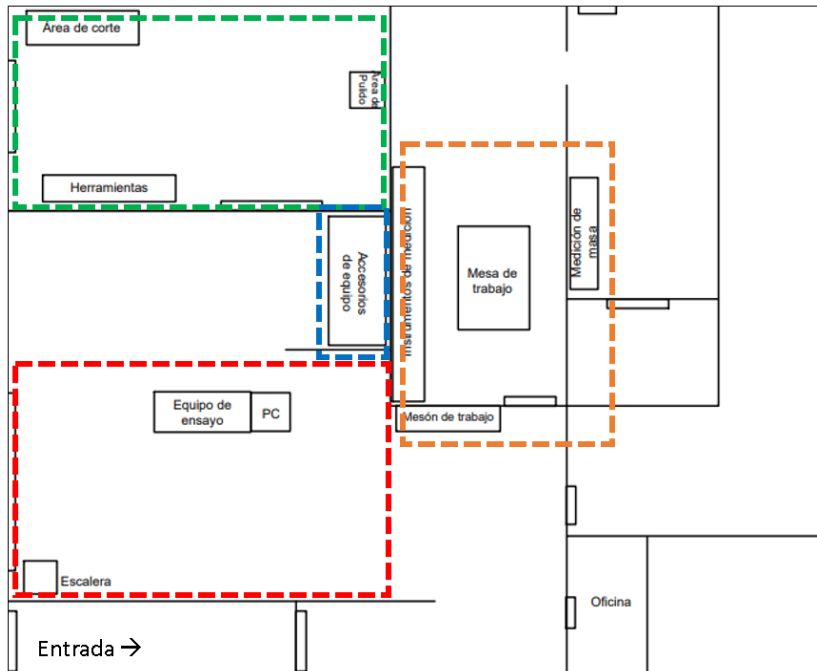
Figura 3.8 Extracto de documento de gestión actualizado.

Fuente: SG de la empresa

3.3. Implementación de la propuesta de mejora - C

Aplicar 5S en las áreas de trabajo involucradas en el ensayo de tracción

En la Figura 3.9 se presenta la distribución de las áreas de trabajo del laboratorio, de las cuales cuatro son utilizadas en la realización de los ensayos de tracción en los cuatro tipos de muestras metálicas. Estas áreas durante las testificaciones y esporádicas visitas en el laboratorio, no siempre estuvieron ordenadas, como se observa en Figura 2.15, Figura 2.16, y Figura 3.10 a la Figura 3.12. De acuerdo a esto y considerando las demás propuestas de mejora, se decidió con los analistas y RT iniciar con la selección y clasificación (1S) de todo aquello que se encontraba en la zona verde y zona azul, áreas en donde también se almacenan parte de las herramientas e insumos del laboratorio.



Zona verde - Área de preparación superficial de muestras y de almacenamiento de herramientas e insumos

Zona azul - Área para almacenamiento de accesorios

Zona roja - Área de ensayo

Zona naranja - Área de preparación de muestras (medición)

Figura 3.9 Áreas de trabajo del laboratorio.
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.10 Área de preparación de muestras y almacenamiento de herramientas e insumos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.11 Área para almacenamiento de accesorios y área de ensayo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.12 Área para preparación de muestras (medición).
Fuente: Elaboración propia

Durante dos días, los RT y analistas se planificaron para retirar todo aquello que no era necesario en esa área de trabajo para liberar espacio. Luego, colocaron todas aquellas herramientas manuales y semi-automáticas, entre otros ítems, sobre el mesón principal y los accesorios, debido a su peso, en el piso, para que cada grupo de analistas clasifique entre objetos necesarios, dañados, obsoletos y demás, tomando como referencia el siguiente filtro, ver Figura 3.13.

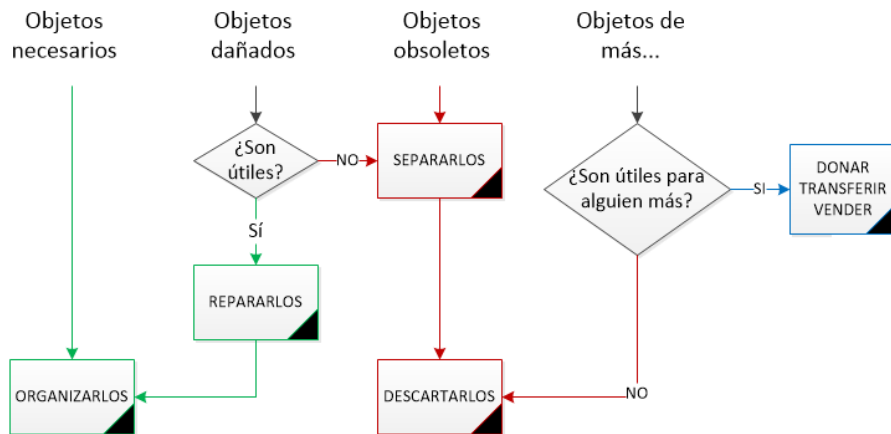


Figura 3.13 Guía para la clasificación de ítems (1S).
Fuente: www.ingenieriaindustrialonline.com

En las siguientes figuras podemos observar al personal realizando esta actividad en ambas áreas del laboratorio. La mayoría de objetos no necesarios correspondían a muestras ensayadas de otras OT, para su desecho se gestionó a un proveedor externo para su retiro, por lo cual se obtuvo una ganancia de \$ 25.00, monto que sería usado para adecuar ambas áreas de a poco, ver Figura 3.14. Al finalizar decidieron definir un espacio, considerando recomendaciones para el almacenamiento de insumos, por cada grupo de ítems,

momentáneamente, hasta la reunión para la propuesta de mejora F. En la Figura 3.15 se observa cómo quedaron las áreas.

Posteriormente, con la ganancia obtenida, se realizó la compra de insumos que permitan ubicar las herramientas que se emplean en el ensayo de tracción. Se decidió utilizar la percha metálica y sus partes para colocar las herramientas manuales y semi-automáticas, y las repisas de la percha metálica se adecuaron para colocar los insumos que se utilizan en el laboratorio, de tal manera que su acceso sea fácil y ágil. Es importante mencionar que, en esta adecuación también se aprovechó en reordenar el armario metálico con los EPP usualmente empleados, y en las secciones de corte se colocó los protectores faciales, tal como se observa en la Figura 3.16.

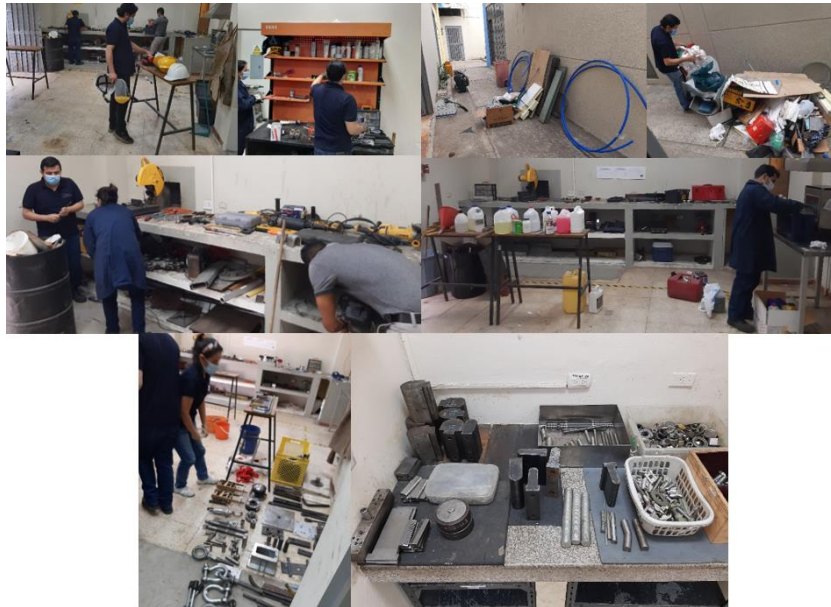


Figura 3.14 Durante la aplicación de 1S.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.15 Después de la aplicación de 1S y 2S.

Fuente: Elaboración propia

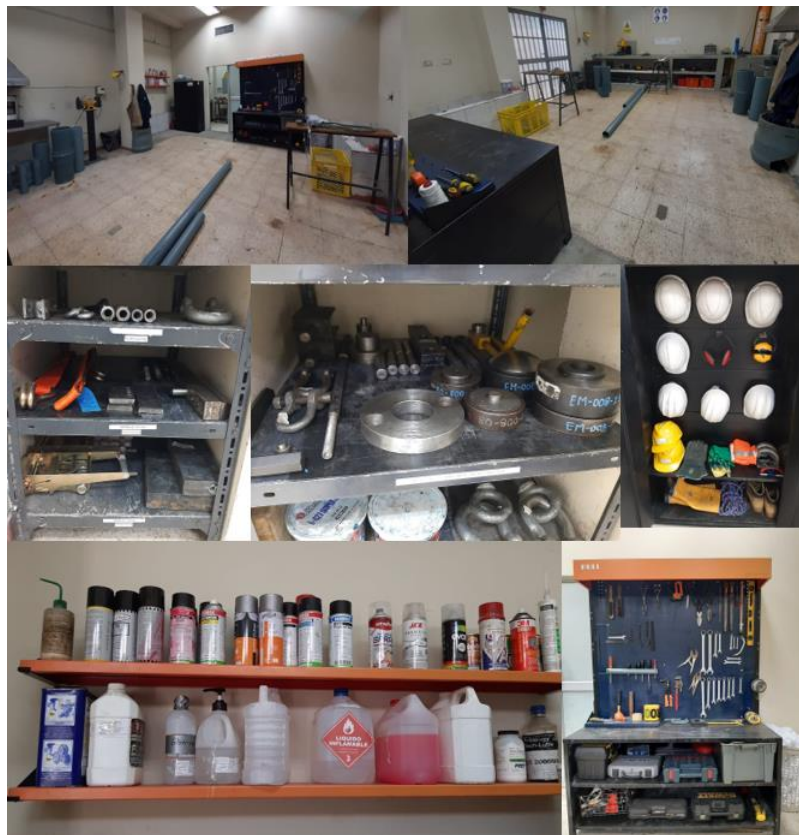


Figura 3.16 Reubicación de las herramientas, accesorios e insumos.

Fuente: Elaboración propia

Para la identificación y ayuda visual en estas áreas, se implementó lo indicado en los procedimientos de gestión de equipamiento y suministros del laboratorio, y lo implementado en otras empresas (Jiménez et al., 2015; Gupta et al., 2018; Videoteca CFPT-UTN, 2014).

Hasta este momento los analistas comentaron que se ha facilitado la búsqueda de herramientas, accesorios e insumos, no solo para el ensayo de tracción, sino para los demás servicios, sin embargo, la disciplina es uno de los puntos que se debe trabajar aún. Con ese entusiasmo se continuó con la aplicación de 1S y 2S en las zonas roja y naranja como se observa en Figura 3.17 y Figura 3.18; se revisaron los anaqueles y cajones donde se guardan los instrumentos o equipos de medición del laboratorio y se encontraron elementos que no pertenecían a esta área que posteriormente se retiraron empleando el mismo filtro de la Figura 3.13. Luego, el equipo de trabajo definió el lugar en donde desde ahora se almacenarán los ítems basándose en la frecuencia de uso. En el primer cajón colocaron los ítems de longitud (los más usados por todas las áreas), en el segundo cajón los ítems de otros parámetros como tiempo y voltaje, en el tercero aquellos que raramente se usan en el laboratorio y en el cuarto cajón se colocaron los instrumentos que ya contaban con la etiqueta de fuera de uso, los cuales por políticas del laboratorio no pueden eliminarse hasta la aprobación de la Dirección.



Figura 3.17 Zona naranja durante la aplicación de 1S.

Fuente: Elaboración propia







Figura 3.18 Zona naranja durante la aplicación de 2S.


Fuente: Elaboración propia

Con las adecuaciones realizadas con el equipo de trabajo, las áreas dentro de este estudio quedaron de la siguiente manera:

Tabla 3.2 Resumen de las mejoras realizadas en las áreas de trabajo.

Zona	Mejoras implementadas	Observaciones
Verde		<p>Almacenamiento de las herramientas e insumos empleados en el ensayo de tracción, así como los EPP, con espacios delimitados e identificación para facilitar su ubicación (Control visual y Poke-Joke).</p>

			
Azul - Roja	  		Almacenamiento de los accesorios empleados en el ensayo de tracción con identificación para facilitar su ubicación y uso cercano al puesto de trabajo (Control visual y Poke Yoke).

Naranja		<p>Almacenamiento de los instrumentos de medición empleados en el ensayo de tracción con identificación para facilitar su ubicación dentro de cada cajón que se designó según su uso (Control visual y Poke Yoke).</p>
---------	---	--

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en una nueva reunión, el equipo de trabajo estableció reglas diarias con el personal para adoptar y mantener esta nueva metodología para beneficio del laboratorio, estas reglas van de la mano con la acción realizada en implementación A y F:

- Al finalizar las actividades de cada OT y en los últimos 15 minutos de la jornada el personal debe regresar al lugar definido dentro de las cuatro áreas de trabajo todo aquello que fue usado,
- Cada área debe quedar limpia empleando los utensilios respectivos.
- Para asegurar que se cumpla esta disposición, RC es la encargada de las auditorías 5S diariamente el primer mes de implementación; cumplido el mes, las auditorías se realizarán pasando un día, y luego de los tres meses se evaluará la frecuencia con la que se auditará las áreas del laboratorio según los resultados que se obtengan. Los resultados de la auditoría serán presentados al finalizar cada semana como retroalimentación al personal e identificar posibles mejoras durante esta aplicación. Para las auditorías se utilizará la plantilla que se observa en la Figura A.1, se espera que todas las áreas de trabajo obtengan un puntaje mayor a 90%.

Luego de la capacitación al personal con todas las disposiciones, se realizó al finalizar la jornada la primera auditoría en cada área para obtener una puntuación inicial y poder compararla a medida que se realicen los controles planificados, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Resultados primera auditoría 5S.

Zona	Puntuación obtenida (%)					Total (%)
	1S	2S	3S	4S	5S	
Verde	58	50	75	83	42	62
Azul	100	83	83	75	50	78
Roja	92	83	75	75	50	75
Naranja	83	83	92	75	50	77

Fuente: Elaboración propia

3.4. Implementación de la propuesta de mejora - D

Establecer un método de control a nivel de los analistas para asegurar el envío de un informe correcto a la primera, posible revisión del procedimiento para la emisión de informe de resultados

En conjunto con la implementación de la propuesta de mejora F sobre correcciones en informes de resultados, se decidió utilizar las Lecciones de Un Punto (OPL), similares a las difusiones del SG, pero con ayudas visuales. Luego de haber identificado los errores comunes en la emisión de informes de tracción, se difundió a los analistas el OPL y se entregó una copia para que ellos lo usen diariamente. De los cinco informes emitidos luego de la difusión en agosto, no se evidencian errores en lo entregado. Esto no solo se evidenció con ensayos de tracción, también con ensayos de dureza y determinación de masa de recubrimiento que fueron entregados bien a la primera, los analistas del área de metales han tomado como guía el OPL entregado en esos servicios. El personal colocó su copia en su puesto de trabajo para emplearlo antes de emitir cada informe, como se observa en la siguiente figura.

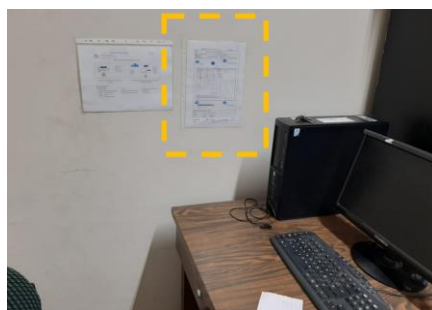


Figura 3.19 Uso de herramienta para emisión de informe de resultados.

Fuente: Elaboración propia

Debido a lo observado, se propuso la edición del documento del SG para la emisión de informes de resultados en el cual se actualizará las preguntas que actualmente se consideran en la revisión de informes, y se colocarán las observaciones de OPL, de tal manera que se lo generalice para los demás servicios de los que actualmente se cuenta con un histórico de errores. Por lo tanto, se aplicaría misma metodología con los analistas de la otra área del laboratorio. En la Figura A.2 se presenta el extracto del documento actualizado para que el departamento técnico lo utilice previo al envío de los informes de resultados. Esta mejora se puede evaluar continuamente debido a que las revisiones de informes de resultados están a cargo de RC desde el año 2018.

3.5. Implementación de la propuesta de mejora - E

Evaluar la posibilidad de contar con un analista designado para la gestión del orden y limpieza en el laboratorio, así como de la gestión del equipamiento y suministros

Tomando en cuenta lo realizado en las implementaciones desde la A hasta la D, todos los integrantes del Departamento Técnico son responsables de mantener en orden y limpias las áreas de trabajo al ser los usuarios principales de todo lo que conforma el laboratorio, además esto ya es parte de sus procedimientos de ensayo que serán testificados de acuerdo las planificaciones internas de la empresa. Adicionalmente, para asegurar que se mantenga en el tiempo estas adecuaciones, RC es responsable de realizar los controles de estas mejoras mediante las auditorías 5S programadas, ver sección 3.3 de este documento.

3.6. Implementación de la propuesta de mejora – F1

Identificar insumos / instrumentos / herramientas / accesorios del ensayo de tracción que son de uso común para los demás servicios y evaluar su restricción de uso para las otras áreas

Con los dueños del proceso se enlistó todos aquellos insumos, instrumentos, herramientas y accesorios empleados en los ensayos de tracción de muestras metálicas, ver Tabla 3.4.

Para proceder con la restricción de uso de estos ítems, era necesario identificar cuáles son de uso común o si se tiene un duplicado para las otras áreas del laboratorio, para ello, se empleó un árbol de decisión por tipo de ítem y después se estableció su ubicación para facilitar el desarrollo del ensayo de tracción. Los insumos son de uso común del laboratorio, por ello su árbol de decisión, ver Figura 3.21, y se maneja diferente a las herramientas, accesorios e instrumentos, ver Figura 3.20, con la intención de siempre asegurar su disponibilidad (stock).

Tabla 3.4 Ítems para ensayo de tracción.

Insumos (consumibles y reactivos)	Instrumentos de medición	Herramientas (manual y semi-automática)	Accesorios
<ul style="list-style-type: none"> • Gafas protectoras • Guantes de protección para manejo de metales • Guantes de nitrilo • Marcador indeleble • Pluma • Alcohol industrial • Aceite y grasa • Filtros de aceite • Wype • Hoja de sierra • Discos de corte • Piedra y grata para esmeril 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de condiciones ambientales • Calibre • Micrómetro • Regla • Balanza 	<ul style="list-style-type: none"> • Escuadra • Deshumidificador • Esmeril • Tronzadora • Llaves hexagonales (Allen) • Sierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Base para sujetar muestras • Escalera

Fuente: Elaboración propia

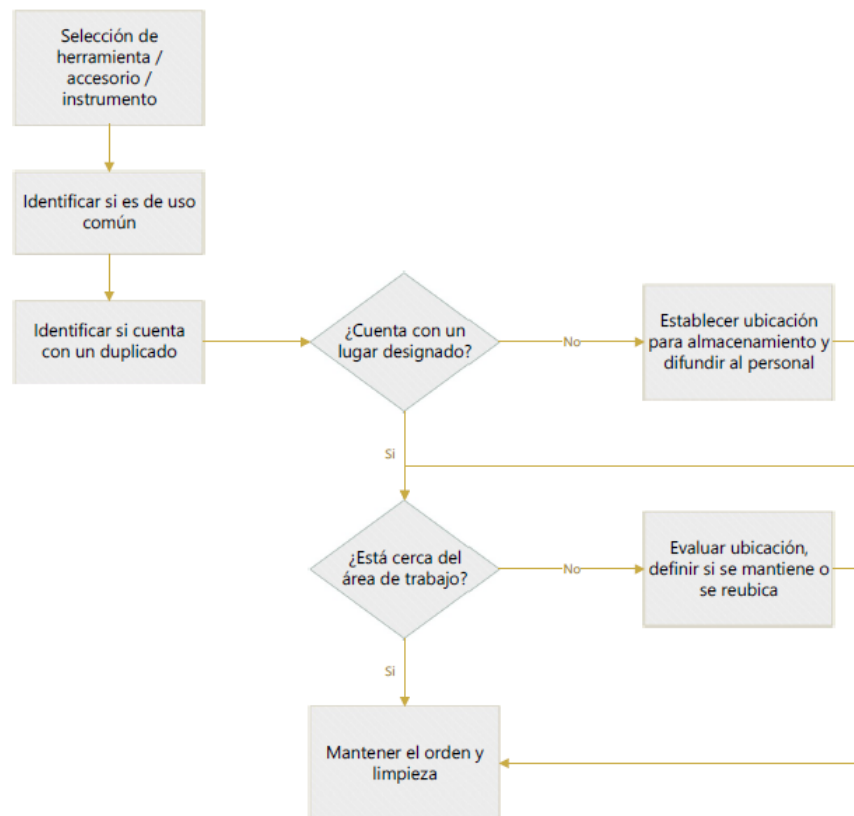


Figura 3.20 Árbol de decisión 1 para restricción de uso de herramienta, accesorios e instrumento.

Fuente: Elaboración propia

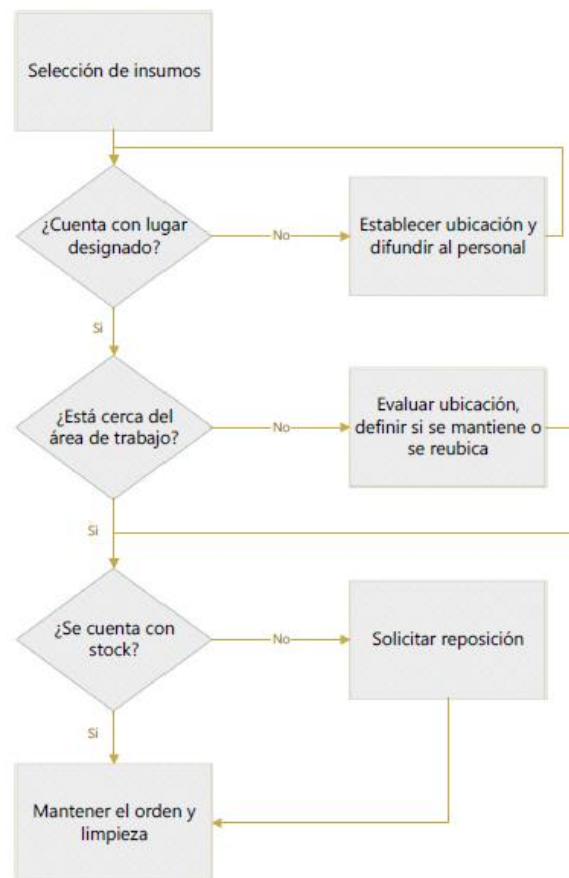


Figura 3.21 Árbol de decisión 2 para restricción de uso para insumos.
Fuente: Elaboración propia

Como resultado de esta evaluación, se obtuvo la siguiente adecuación en el laboratorio, ver desde Tabla 3.5 hasta Tabla 3.7.

Tabla 3.5 Estado actual de insumos.

Insumos (consumibles y reactivos)	Reubicado	Área	Ubicación	Solicitar reposición a:
Gafas protectoras Guantes de nitrilo	No Si	Preparación de muestras	Armario de EPP	AF
Marcador indeleble Pluma Guantes de protección para manejo de metales	Si No No	Oficina personal	Escritorio personal	
Filtros de aceite	No	Ensayos	Mesón de accesorios	
Alcohol industrial Aceite y grasa Wype Hoja de sierra Discos de corte Piedra y grata para esmeril	Si Si No Si Si No	Preparación de muestras	Repisa Repisa Tacho plástico Estantería Estantería Estantería	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Estado actual de instrumentos y accesorios.

Instrumentos de medición y accesorios	Reubicado / Duplicado / Restringido	Área	Ubicación
Medidor de condiciones ambientales Escalera	No / Si / Si No / Si / Si	Ensayos	Laboratorio
Calibre Micrómetro Regla Base para sujetar muestras	No / Si / Si Si / No / No Si / No / No No / No / No	Metrología 1	Cajón 1 Cajón 1 Anaquel 1 Cajón 2
Balanza	Si / No / No	Metrología 2	Mesón 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Estado actual de herramientas.

Herramientas	Reubicado / Duplicado / Restringido	Área	Ubicación
Deshumidificador	No / Si / Si	Ensayos	Base de MUE 2
Escuadra Sierra Llaves hexagonales (Allen)	Si / No / Si Si / No / No Si / No / Si	Preparación de muestras	Estantería Estantería Caja de herramientas 1
Esmeril Tronzadora	No / Si / Si No / No / Si		Mesón Mesón

Fuente: Elaboración propia

A los elementos con restricción se les colocará una marca distintiva indeleble para indicar que es de uso de los analistas del área de metales, por otro lado, para controlar el uso de estos ítems se propuso el uso de etiquetas con las iniciales de los analistas para que las coloquen en el sujetador de cada ítem cuando las retiren y al devolverlas guardan sus etiquetas, de esta manera podremos conocer rápidamente quien está usando los ítems retirados, una aplicación similar al observado en (Videoteca CFPTE-UTN, 2014). Esta disposición y la información generada fue comunicada al personal para su aplicación y la gestión para la adquisición de más etiquetas está en proceso. En una de las visitas esporádicas en agosto se observó lo siguiente:



Figura 3.22 Aplicación de mejora para uso de herramientas de trabajo.

Fuente: Edición propia

Adicional a esta actividad, se propuso incluir las figuras de los árboles de decisiones dentro del procedimiento de gestión de equipamiento e insumos, en la sección de Recepción donde se debe indicar la ubicación del ítem dentro del laboratorio, de esta manera desde su adquisición el personal analizará la mejor ubicación para sus ítems de trabajo y posterior búsqueda rápida evitando demoras, como se observa en el siguiente extracto del documento del SG del laboratorio:

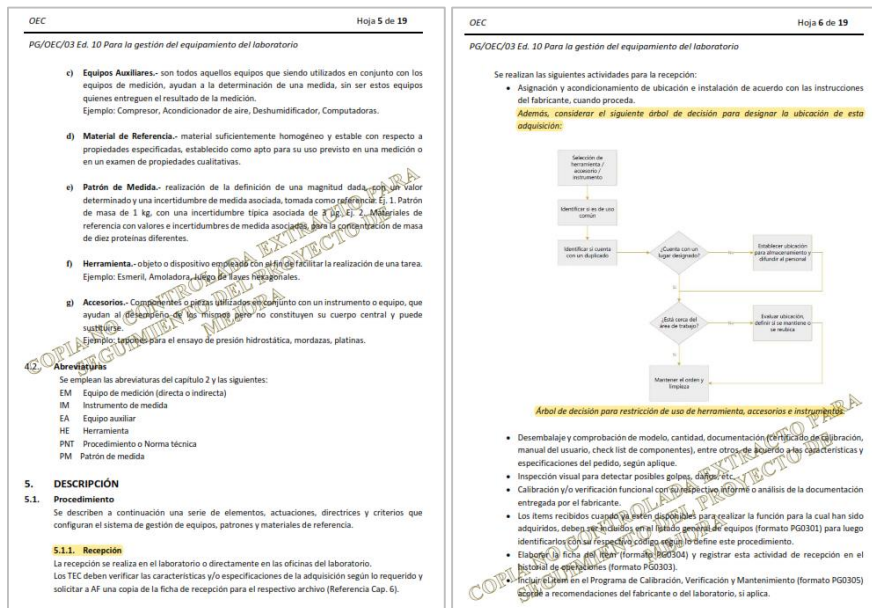


Figura 3.23 Extracto de procedimiento actualizado.

Fuente: SG de la empresa

3.7. Implementación de la propuesta de mejora – F2

Identificar y contabilizar los errores más comunes por los cuales se corrigen informes

Se analizó el registro histórico de revisiones de informes de resultados de ensayos de tracción desde mayo hasta julio de 2021, los hallazgos se mostraron en la Figura 2.17. Luego, en los 19 informes enviados a corregir, se registró 37 tipos de errores por los cuales se solicitó corregir informes de resultados. La mayoría de errores se presentan en las hojas con información de los ensayos realizados, ver Figura 3.24, y dentro de este grupo se identificaron cinco tipos de errores que representan más del 80% de ocurrencia en los cuales nos enfocaremos para mejorar, ver Figura 3.25.

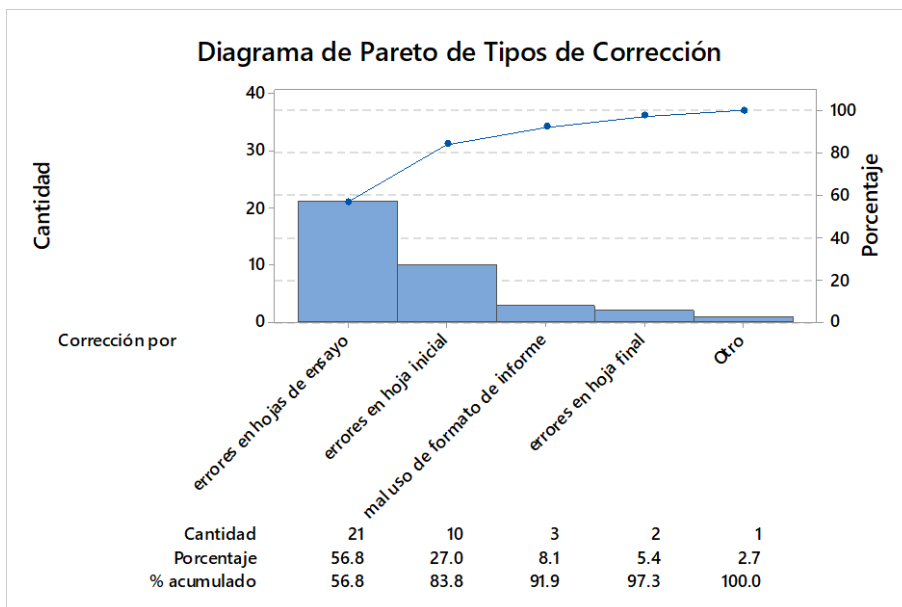


Figura 3.24 Clasificación de errores en informes de resultados.

Fuente: Elaboración propia

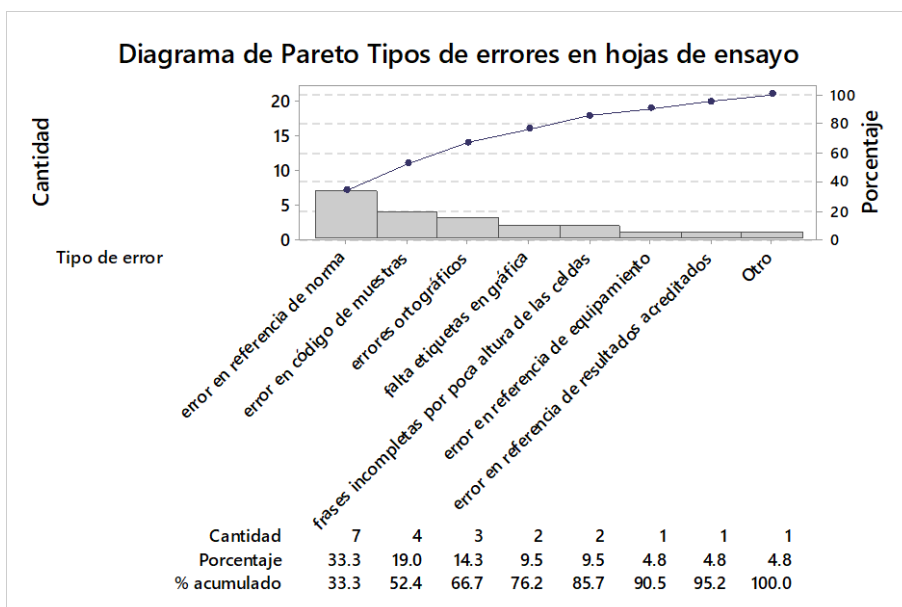


Figura 3.25 Tipos de errores frecuentes en hojas de ensayos.

Fuente: Elaboración propia

Se propuso capacitar al personal para la emisión de resultados del ensayo de tracción usando las OPL, tomando como base los formatos establecidos en su SG y haciendo énfasis en las revisiones que deben realizar previo al envío del documento. El OPL empleado se presenta en la siguiente figura:

Formato Lección Un Punto (LUP - OPL) Número: OPL - 001

Tema: Elaboración de informe de resultados

Razón de selección: Evitar errores en emisión de informe de resultados

Orientación: Conocimiento básico Mejora Disfuncionamiento

Señale con una X

2

4

1

21-XXXX
revisar OT

YP y Máx

PEE/02: ASTM E8:2016ae1
PEE/03: ISO 6892-1:2016

ENSAYO DE TENSION

Procedimiento:	PEE-EMAT-02	Norma de referencia:	ASTM E8:2016ae1
Temperatura Máxima:	18.0 °C / 64.4 °F	Norma de referencia:	ISO 6892-1:2016
Equipo Utilizado:	Máquina Universal de Ensayo 600kN	Materia:	Acero
Velocidad de ensayo:	10 MPa/s	Control de velocidad:	Módulo de tasa de deformación

Código:	Espesor:	Anchura:	Longitud calculada:
21-6448	mm	mm	mm
	1.8720	31.5000	55.0000

Nombre:	Esfuerzo Máximo:	Elongación luego de fractura:	Elongación total de fractura:
	Superior		
Parámetro:	1. Punto:		
21-6448:	MPa		
	338		18.5

Comentarios:
 La muestra y la información del material fue proporcionada por el cliente.
 El esfuerzo de fluencia reportado corresponde al esfuerzo de fluencia superior de acuerdo a la norma ASTM E8:2016ae1.
 Las dimensiones reportadas corresponden a las dimensiones de la probeta previa al ensayo de tensión.
 El alargamiento reportado corresponde al alargamiento de los rebales de la probeta.
 La resistencia de la muestra fue calculada con un factor de corrección K₁ y con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
 El coeficiente de la muestra fue calculado con un factor de corrección K₂ y con un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
 PEE0201-01

3

5

Recuerda revisar la ortografía

¿Las observaciones se visualizan completas?

Registro de difusión al grupo de trabajo

Fecha:	2021-08-02	2021-08-02		
Formador:	MIG	HJSA		
Formado:	[Firma]	[Firma]		

Elaborador por: RC [Firma] **Revisado por:** RT **Autorizado por:** RT [Firma]
Fecha: 2021-08-02 **Fecha:** 2021-08-02 **Fecha:** 2021-08-02

Figura 3.26 Lección de Un Punto para emisión de informe de resultados.

Fuente: Elaboración propia

Adicional a esta actividad, se propuso la actualización del formato predeterminado en el software del equipo de tal manera que los analistas puedan escoger la información que necesiten según el tipo de muestra de tracción. Como se indicó en la sección 3.4 de este documento, el uso de esta herramienta fue de gran ayuda durante su implementación en el mes de agosto y la adecuación del SG del laboratorio permite realizar los controles diarios para evitar correcciones de cada informe de resultados por emitir a los clientes.

3.8. Resultados obtenidos

En este apartado se resume el estado actual del laboratorio luego del grupo de actividades realizadas para la mejora del proceso del ensayo de tracción presentado en la Figura 1.2 y Figura 2.3.

El laboratorio actualmente cuenta con tres documentos de su SG actualizados adoptando la metodología de 5S y otras herramientas de Manufactura Esbelta para evitar los desperdicios identificados: retrabajo, intelecto, sobreprocesamiento, movimientos y esperas en el desarrollo de sus actividades, y poder realizar controles continuos.

Respecto al talento humano de la empresa, todo el personal conoce de las adecuaciones realizadas, a nivel documental y física, es decir en las instalaciones del laboratorio, y las aplica diariamente, lo cual ha permitido evidenciar cambios en la interacción de los departamentos, reduciendo las interrupciones como se observó en la Tabla 3.1 y eliminar las correcciones de informes de resultados como se mencionó en las secciones 3.4 y 3.7 de este documento.

Tal como se observó en las anteriores secciones de este documento, el equipamiento del laboratorio se encuentra identificado y cuenta con una ubicación fija de tal manera que los ensayos se realicen sin interrupciones y ágilmente, además de adoptar la práctica de prepararse previamente a iniciar un ensayo y asegurar de contar con todo lo que se requiera por cada OT. En las siguientes figuras se observa los movimientos que antes realizaban los analistas durante un ensayo de tracción y ahora, con la adecuación de su puesto de trabajo acorde a su actual procedimiento, se eliminaron algunos de estos movimientos, que involucra una disminución en los tiempos de preparación del equipamiento y ejecución del ensayo.

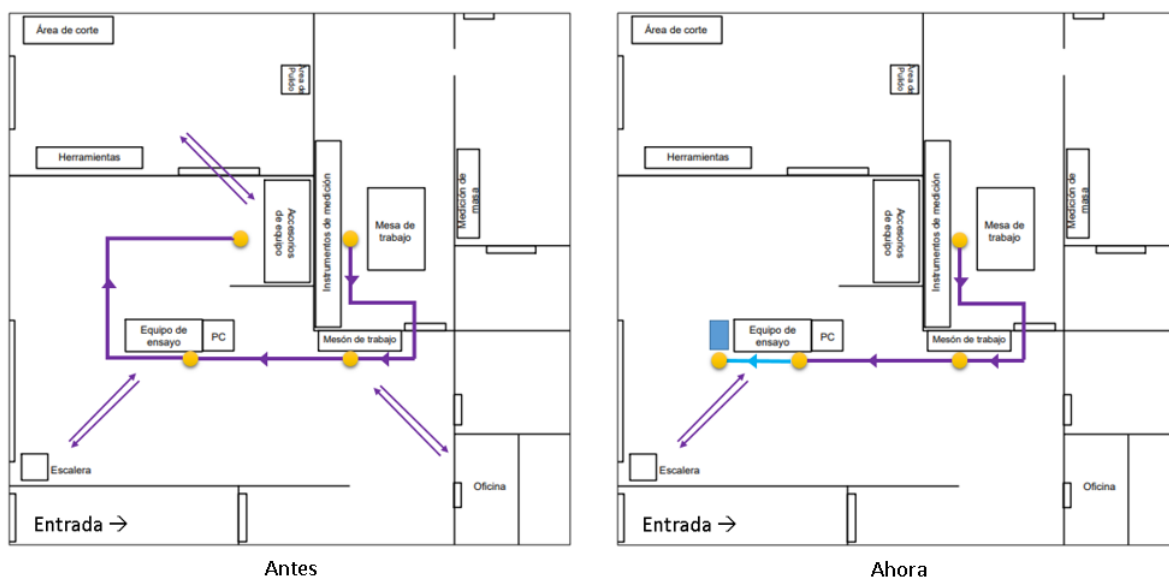


Figura 3.27 Reducción de movimientos en el área de trabajo.
Fuente: Elaboración propia

En el transcurso del mes de agosto se testificaron cinco OT, se realizó mismo estudio de tiempos de este ensayo y se evidencia que las acciones implementadas permitieron una mejora en los tiempos de ejecución como se presenta en la Figura 3.28, en promedio el tiempo que ahora dura un ensayo de tracción es de 48.1 minutos, menor al objetivo establecido de 152.2 minutos (línea punteada roja) y aún menor al tiempo deseado de 120 minutos (línea punteada verde) indicado inicialmente por la Dirección del Laboratorio.

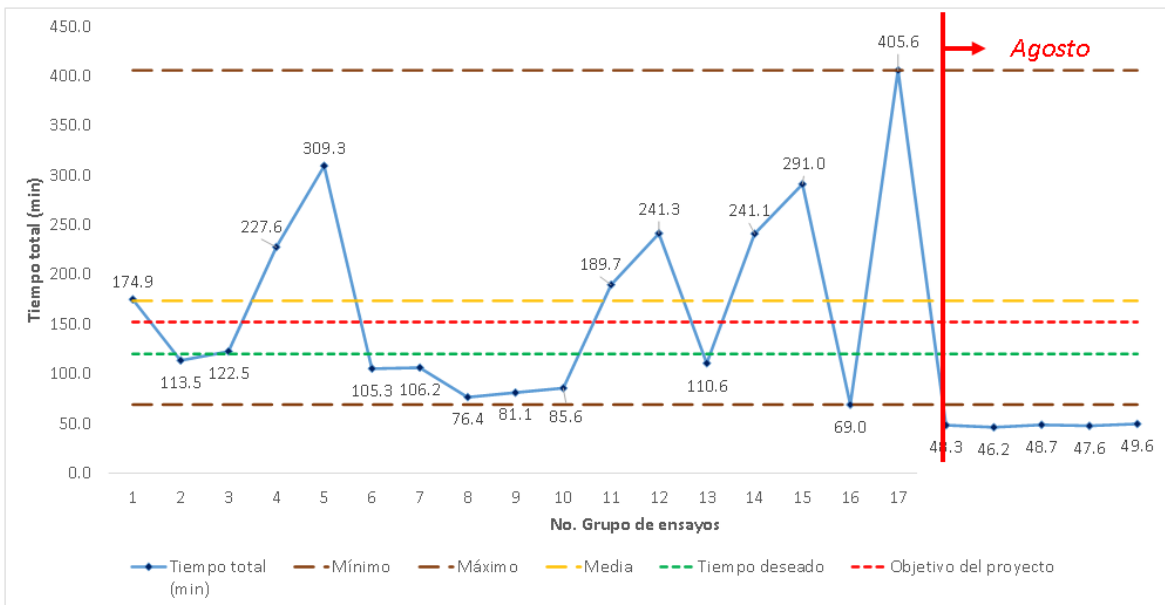


Figura 3.28 Tiempo de ejecución de ensayos de tracción a partir de agosto de 2021.
Fuente: Elaboración propia.

Es preciso indicar que las OT testificadas en agosto consistían en pedidos de clientes para ensayar una muestra metálica, no se han recibido OT con mayor cantidad de muestras como en los anteriores meses. Por ello, para hacer una comparación enfocada, es decir con OT similares, se analizarán los siguientes grupos de ensayos:

- 8, 9, 10, 13 y 16 que se presentan en la Figura 3.28 y en la Tabla A.1, representan a los ensayos realizados antes de la mejora, y
- 18, 19, 20, 21 y 22 que se presentan en la misma figura y en la Tabla A.3, representan a los ensayos con proceso mejorado

Si se toma como referencia los tiempos de OT con una muestra antes de la implementación de mejoras, en promedio un ensayo de tracción duraba 84.5 min, versus al tiempo promedio actual de 48.1 min, obteniendo una reducción de 43.13%, ver Tabla 3.8, con lo cual se concluye que este proyecto es satisfactorio y que debe mantenerse para así replicarla en los demás servicios del laboratorio, considerando que los documentos del SG del laboratorio han acoplado las herramientas Lean.

Tabla 3.8 Registro de tiempos promedio antes y después en ensayos de tracción con una muestra.

	Tiempo de preparación muestra	Tiempo de preparación equipamiento	Tiempo de ensayo	Tiempo elaboración informe	Tiempo emisión de informe	Tiempo total
Antes (min)	7.5	9.5	18.4	30.0	19.2	84.5
Ahora (min)	7.5	7.3	12.1	17.6	3.6	48.1
Reducción (%)	0.00	23.26	34.46	41.20	81.25	43.13

Fuente: Elaboración propia

En la **Error! Reference source not found.** se observa el registro de tiempos de las OT con una sola tracción antes (1) y ahora (2), por bloque del proceso indicado en Figura 1.2 y de manera global, donde se evidencian las reducciones de tiempo esperados dando cumplimiento con el objetivo definido en la sección 1.6 de este documento.

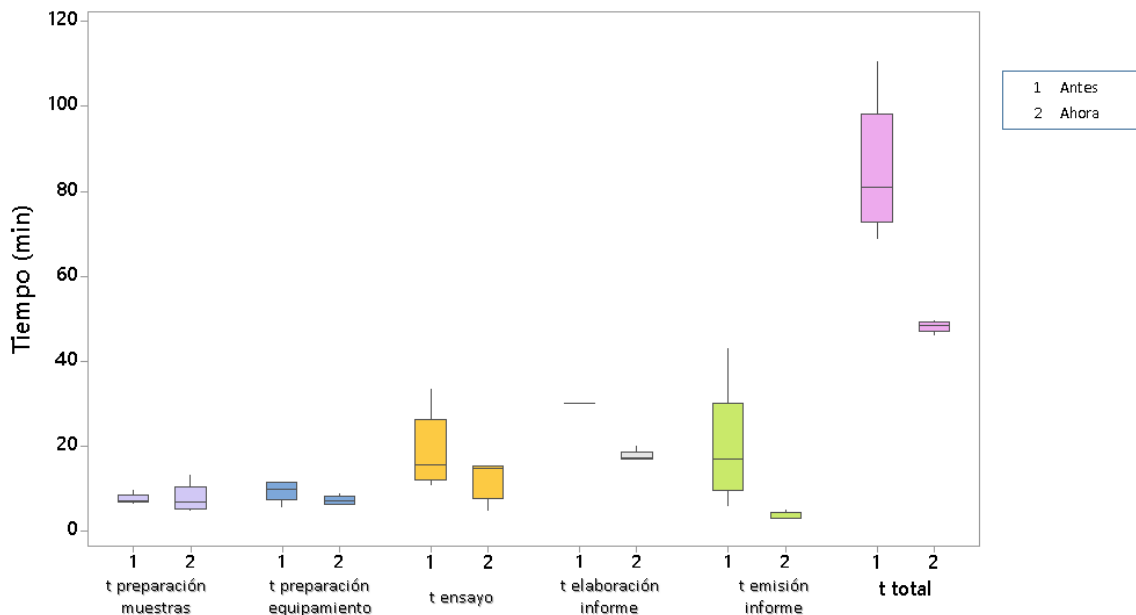


Figura 3.29 Gráfica de cajas de tiempos por proceso del ensayo de tracción con una muestra.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con el conjunto de acciones propuestas, basadas en herramientas de Manufactura Esbelta, se logró reducir en un 43.13% el tiempo de realización del ensayo de tracción en el área de materiales metálicos desde el mes de agosto del año en curso.
- Mediante la interacción con el equipo de trabajo, se propuso soluciones de mejora basadas en la filosofía Lean posterior a la identificación y análisis de las causas raíces definidas.
- Se implementó 5S en las cuatro áreas de trabajo para este ensayo, controles visuales, Just-do-it, Poke-Joke, Lecciones de Un Punto y procesos estandarizados para la eliminación de las actividades que no agregan valor en este servicio.
- Se realizó la adecuación de procedimientos del Sistema de Gestión del laboratorio para controlar que las mejoras propuestas e implementadas se practiquen continuamente.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda replicar esta actividad en los otros ensayos con alta demanda dentro del laboratorio, o en los servicios de interés común, para mantener la filosofía Lean dentro de esta empresa.
- Se recomienda programar capacitaciones sobre las herramientas de Manufactura Esbelta y sus beneficios a todo el personal del laboratorio.
- Se recomienda realizar difusiones, al menos dos veces al año, sobre las adecuaciones realizadas en el Sistema de Gestión y registrar los hallazgos de cada seguimiento que se realice para tomar acción de ser necesario y evitar la ejecución de actividades que no agregan valor a los procesos del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- 50Minutos. (2016). *El diagrama de ishikawa : Solucionar los problemas desde su raíz*. 50Minutos.es.
- Bhalla, A. (2010). Who Wants a SIPOC Anyway? *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, 31.
- Gupta, S., Kapil, S., & Sharma, M. (2018). Improvement of laboratory turnaround time using lean methodology. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 295-308.
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 163-172.
- Khamashta Llorens, M. (2016). Estudio para la implementación de herramientas Lean en un laboratorio de la ETSEIAT (Projecte Final de Màster Oficial). Universitat Politècnica de Catalunya, España.
- Ley 76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad. (29 de diciembre de 2010). Quito, Ecuador.
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*.
- Mascarenhas, R., Pimentel, C., & Rosa, M. (2019). The way lean starts – a different approach to introduce lean culture and changing process with people's involvement. *Procedia Manufacturing, Volume 38*, 948-956.
- Mogig, N., & Åhlström, P. (2015). *Esto es Lean. Resolviendo la paradoja de eficiencia*. RHEOLOGICA PUBLISHING.
- Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). Lean Rules Identification and Classification for Manufacturing Industry. *Procedia CIRP*, 198-203.
- Narke, M., & Jayadeva, C. (2020). Value Stream Mapping: Effective Lean Tool for SMEs. *Materials Today: Proceedings Volume 24, Part 2*, 1263-1272.
- Oliveira, J., Sá, J., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing, Volume 13*, 1082-1089.
- Ribeiro, P., Sá, J., Ferreira, L., Silva, F., Pereira, M., & Santos, G. (2019). The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *ScienceDirect Procedia Manufacturing 38*, 765–775.
- Rother, M., Shook, J., & Lean Enterprise Institute. (1999). *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.
- Steffens, G., & Cadiat, A.-C. (2016). *Los Criterios SMART: El método para fijar objetivos con éxito*. Lemaitre Publishing.
- Videoteca CFPT-UTN. (2014). *5S Sistemas de Control Visual - volumen 1*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KpHcHUFfMec&t=1s>
- Videoteca CFPT-UTN. (2014). *5S Sistemas de Control Visual - volumen 3*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=8O66UOUgYk8>

ANEXOS

ANEXO

A. INFORMACIÓN RECOLECTADA DEL PROYECTO

Tabla A.1 Toma de datos de tiempos de ejecución de procesos.

No. Grupo de ensayos	Total de muestras	Tiempo de preparación muestra (min)	Tiempo de preparación equipamiento (min)	Tiempo de ensayo (min)	Tiempo elaboración informe (min)	Tiempo emisión de informe (min)	Tiempo total (min)
1	10	8.8	11.5	54.6	90.0	10.0	174.9
2	2	9.8	11.4	17.3	60.0	15.0	113.5
3	2	9.8	11.4	26.4	60.0	15.0	122.5
4	3	12.5	11.4	31.8	90.0	82.0	227.6
5	5	30.2	25.4	54.7	132.0	67.0	309.3
6	2	9.8	9.8	11.8	60.0	14.0	105.3
7	2	12.5	11.4	17.3	60.0	5.0	106.2
8	1	7.2	11.4	10.9	30.0	17.0	76.4
9	1	7.2	11.4	15.6	30.0	17.0	81.1
10	1	6.5	9.8	33.4	30.0	6.0	85.6
11	9	15.2	11.5	63.0	90.0	10.0	189.7
12	5	31.3	14.2	57.8	132.0	6.0	241.3
13	1	9.5	8.9	19.1	30.0	43.0	110.6
14	4	42.8	5.8	49.5	132.0	11.0	241.1
15	6	31.0	22.0	59.0	155.0	24.0	291.0
16	1	7.2	5.8	13.0	30.0	13.0	69.0
17	13	107.0	26.7	145.9	105.0	21.0	405.6
	Promedio (min)	21.1	12.9	40.1	77.4	22.1	173.6
	Promedio (h)	0.4	0.2	0.7	1.3	0.4	2.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2 Registro de tiempo invertido en búsqueda de ítems para ejecución de ensayos de tracción.

No. Grupo de ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo invertido en búsquedas (s)	847	160	325	200	300	100	240	45	129
Tiempo invertido en búsquedas (min)	14.1	2.7	5.4	3.3	5.0	1.7	4.0	0.8	2.2

No. Grupo de ensayos	10	11	12	13	14	15	16	17
Tiempo invertido en búsquedas (s)	88	31	155	0	0	71	163	282
Tiempo invertido en búsquedas (min)	1.5	0.5	2.6	0.0	0.0	1.2	2.7	4.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3 Toma de datos de tiempos de ejecución de procesos en agosto 2021.

No. Grupo de ensayos	Total de muestras	Tiempo de preparación muestra (min)	Tiempo de preparación equipamiento (min)	Tiempo de ensayo (min)	Tiempo elaboración informe (min)	Tiempo emisión de informe (min)	Tiempo total (min)
1	1	13.2	6.2	4.9	20.0	4.0	48.3
2	1	7.4	8.6	10.1	17.1	3.0	46.2
3	1	6.8	7.0	15.0	16.8	3.1	48.7
4	1	4.8	8.0	14.8	17.0	3.0	47.6
5	1	5.4	6.5	15.5	17.3	4.9	49.6
	Promedio (min)	7.5	7.3	12.1	17.6	3.6	48.1
	Promedio (h)	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.8

Fuente: Elaboración propia

PLANTILLA AUDITORÍA 5S

Área:	Auditor:		
	Fecha:		

Puntuación		Objetivo	Real
0 Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado	1ª s		
1 Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 40%	2ª s		
2 Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 40% y menor del 90%	3ª s		
3 Excelente - El grado de cumplimiento es mayor del 90%	4ª s		
	5ª s		
	Total		

1-Distingue entre lo que es necesario y lo que no lo es
 2-Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar
 3-No limpiar más, sino evitar que se ensucie
 4-Todos siempre igual
 5-Autodisciplina

		no				si			
		0	1	2	3	0	1	2	3
1S SEIRI Separar y eliminar innecesarios	1 ¿Están libres de basura, objetos dañados u objetos que no pertenecen a esta área los mesones, repisas, estanterías, cajones, otros?								
	2 ¿El contenido del tacho para chatarra / basura está por debajo de la marca límite?								
	3 ¿El piso, el mesón y el equipamiento están libres de muestras ensayadas?								
	4 En caso de existir objetos obsoletos, ¿se realizó la gestión para su eliminación o retiro de esta área?								
	Total								
2S SEITON Situar e identificar necesarios	1 ¿Están identificados los mesones, cajones, estanterías, repisas, otros?								
	2 ¿Los ítems personales se encuentran en las áreas asignadas para no interrumpir las actividades diarias?								
	3 ¿Los ítems de trabajo (herramientas, accesorios, insumos, otros) se encuentran en el lugar asignado en cada área?								
	4 ¿Las muestras por ensayar se encuentran en su espacio asignado?								
	Total								
3S SEISO Suprimir la suciedad	1 ¿Los puestos de trabajo están libres de polvo, suciedad y desechos?								
	2 ¿Los instrumentos y equipos de medición del laboratorio están libres de polvo, suciedad y desechos?								
	3 ¿Las herramientas manuales, semiautomáticas y las fijas están libres de polvo, suciedad y desechos?								
	4 ¿Los contenedores de reactivos y otros insumos no presentan material vertido o fuga?								
	Total								
4S SEIKETSU Señalar/ Estandarizar	1 ¿El personal utiliza el Checklist de kit de ensayo?								
	2 ¿El personal ha aplicado correctamente el nuevo procedimiento de ensayo?								
	3 ¿Los ítems empleados en el ensayo fueron devueltos a su lugar designado?								
	4 ¿Los ítems empleados se almacenaron correctamente, es decir, en su respectivo lugar señalado?								
	Total								
5S SHITSUKE Sostener y respetar	1 ¿El personal está consciente de las mejoras implementadas?								
	2 ¿Se realizó el seguimiento de control de la implementación de esta metodología según lo planificado?								
	3 ¿Se realizó la retroalimentación semanal al personal sobre esta implementación?								
	4 ¿Se obtuvo una mejora respecto a la última auditoría?								
	Total								

Evaluación realizada por:	Evaluación validada por:

Figura A.1 Plantilla para auditoría 5S.
Fuente: Elaboración propia

Lista de chequeo de aspectos técnicos de un informe de resultados

Se deben confirmar los siguientes criterios técnicos:

1	Respecto a la Información de la muestra y del ensayo provista por el cliente (Orden de Trabajo o comunicaciones mantenidas con Servicio al cliente o Departamento técnico):
1.1.	¿Datos de la muestra son apropiados? <i>Ej.: código y descripción en cada hoja de informe</i>
1.2.	¿Los datos del método utilizado son apropiados? <i>Ej: parámetros de ensayo, edición del método, gráficas y tablas</i>
2	¿El método o norma empleada es apropiada y conforme a lo acordado con el cliente (proforma)?
3	Respecto a la evaluación de los resultados:
3.1.	¿La hoja de datos primarios está completa?
3.2.	¿La transmisión de datos desde la hoja de datos primarios al informe fue apropiada?
3.3.	¿Los resultados obtenidos son acordes a los esperados (especificaciones del producto, norma de requisitos, tolerancias permitidas)
3.4.	¿Si los resultados obtenidos no son acordes a los esperados, se asegura que no depende del método? (siempre que sea posible).
4	¿Las observaciones o comentarios están acorde a lo reportado en la hoja de datos primarios?
5	¿Las observaciones o comentarios son apropiadas y se visualiza completa ?
6	¿El informe fue entregado a tiempo? <i>En caso que no, enviar justificación por escrito a SC.</i>
7	¿Es suplemento? Si la respuesta es afirmativa, indicar justificativo en el campo Observaciones (MC2206) y correo electrónico
8	¿Se identifican los ensayos que hubieren sido subcontratados?
9	¿El informe incluye servicios acreditados?
10	¿Se cita en el informe si existen desviaciones al procedimiento y / o norma de ensayo?.
11	¿Es correcta la secuencia de tablas, gráficas, figuras, fotografías, otros en el documento?
12	¿Revisaste la ortografía?

Figura A.2 Documento para revisión previa al envío de informes de resultados.
Fuente: SG de la empresa