



Universidad del Bío-Bío  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería en Maderas  
Escuela Ingeniería Civil Química



# **MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE IMPRESIÓN DE ALUMINIO PARA BLÍSTER DE MEDICAMENTOS FARMACÉUTICOS**

Informe de Habilitación Profesional presentado en conformidad a los requisitos para  
obtener el título de Ingeniero Civil Químico

**MATÍAS EDUARDO CONTRERAS DELGADO**

Profesor Tutor: Dr. Serguei Alejandro Martín

Ingeniero Supervisor: Claudia Muñoz Duarte

Concepción, 1 de agosto del 2019

## RESUMEN

En el presente informe se darán a conocer los estudios realizados para la elaboración de un proyecto de mejora continua en el proceso de impresión de aluminio de la Planta Abbott EPD Chile, con el objetivo de identificar e implementar mejoras que permitan optimizar el flujo operativo del proceso, aumentando así la eficiencia y eficacia del mismo, utilizando como metodología la implementación de un sistema de producción de Mantenimiento Productivo Total. Dicho sistema de producción busca la autonomía y equilibrio del proceso, y a su vez aumentar la competitividad de la empresa, reduciendo y eliminando pérdidas que conlleven a gastos económicos a lo largo del flujo operativo del proceso.

Para la implementación del Mantenimiento Productivo Total se utilizó un plan de trabajo de acción rápida aplicable en un periodo de 4 meses, apoyado por la metodología de análisis del índice de Eficiencia Global de Equipos, que permite medir la eficiencia de las máquinas e identificar las grandes pérdidas de un sistema de producción, ayudando a la toma de decisiones operativas e implantación de planes de acción correctivas.

Los análisis de los datos arrojaron que el proceso de impresión de aluminio posee muy baja competitividad, y a su vez altas pérdidas económicas con respecto a la disponibilidad y rendimiento operacional de las máquinas SIAT L03 y máquina SIAT L33, y aún más en la última máquina mencionada, que obtuvo una valoración de eficiencia crítica para cualquier proceso de producción; estas pérdidas son causadas por la excesiva duración de algunas actividades del flujo operativo del propio proceso (preparación y ajustes de la máquina, limpieza de la máquina y control de calidad de la impresión), microparadas y reducciones en la velocidad operativa de las máquinas. Además, se identificó una alta desprogramación en la producción del proceso debido a cambios significativos en la planificación semanal entregada por el área de planificación de la Planta Abbott EPD Chile, a raíz de la programación repentina de órdenes fuera de programa, adicionales y adelantos en el mismo.

Los resultados del presente proyecto se basan en el desarrollo e implementación de mejoras para gestionar la secuenciación óptima de la producción, con el fin de mantener una organización en el sistema de producción, minimizando repentinos cambios en la programación del proceso. También, se propone la implementación de un nuevo sistema de producción basado en el apoyo conjunto del personal de bodega de material de envase-empaque y materias primas, con el fin de alcanzar un proceso más equilibrado y de mayor competitividad productiva.

Lo anteriormente mencionado concluye con mejoras al actual proceso de impresión, ya que, al mantener un sistema controlado y de mayor continuidad, permitirá al proceso de impresión de aluminio, visualizar y establecer metas de producción diaria. Además, de facilitar la identificación de pérdidas que van surgiendo a lo largo del proceso a causa de factores críticos en este, identificados claramente como la variabilidad de efectividad y eficiencia en actividades operativas por parte de la mano de obra.

## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de esta habilitación profesional. En primer lugar, quisiera mencionar a la institución de Abbott Laboratories Chile y a cada una de las profesionales pertenecientes a ella, quienes tuvieron la disponibilidad y el tiempo de responder mis dudas, y muchas veces enseñarme cómo debía ser un profesional de excelencia. Agradecimientos especiales a la ingeniera Claudia Muñoz, quien fue mi supervisora, me ayudó y me dio la oportunidad para desempeñarme en este interesante proyecto.

Agradecer también a mi profesor guía el Dr. Serguei Alejandro Martín quien me ayudó con su experiencia como profesional de la ingeniería, a enfocar mis formas de trabajo e impulsar las búsquedas de conocimiento.

Por último, agradecer a la Universidad del Bío-Bío y al Departamento de Ingeniería Química, incluyendo a todos los docentes pertenecientes a la casa de estudios, quienes participaron directamente en mi enseñanza y formación como profesional en el área de la ingeniería por estos casi 6 años, entregando no sólo conocimientos en términos teóricos, sino que, entregando experiencias personales, profesionales y éticas.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a todas esas personas que han llegado a convertirse en un pilar fundamental durante este periodo educativo, mencionando especialmente a mis padres y a mi hermano menor, quienes me han brindado su apoyo, me han guiado y además han sido ellos quienes me han visto crecer como persona y profesional. Son ellos a quienes hoy tengo el agrado de decirles que me convertiré en un ingeniero Civil Químico, que cierra un ciclo de vida de manera exitosa y se encuentra feliz de comenzar otro lleno de experiencias, conocimientos y valores nuevos por aprender y descubrir.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>NOMENCLATURA</b> .....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. PLANTIAMIENTO DE LA SITUACIÓN PROBLEMA</b> .....	4
<b>3. ANTECEDENTES DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA ABBOTT EPD CHILE</b> .....	6
3.1 Área de producción .....	6
3.2 Área de bodega de material envase-empaque y materias Primas .....	7
3.2.1 Proceso de impresión de aluminio.....	7
3.2.1.1 Etapas del proceso de producción discontinua de aluminio impreso.....	9
3.2.1.2 Descripción del producto obtenido del proceso de impresión de aluminio .....	10
3.3 Proceso de producción de medicamentos .....	11
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	12
4.1 Mantenimiento Productivo Total .....	12
4.1.1 Enfoque de trabajo del Mantenimiento Productivo Total .....	12
4.1.2 Misión y Objetivos del Mantenimiento Productivo Total.....	13
4.1.3 Pilares y cimientos del Mantenimiento Productivo Total .....	13
4.1.3.1 Metodología estratégica de las 5S.....	15
4.1.3.2 Pilares del Mantenimiento Productivo Total .....	16
4.1.5 Etapas para la implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total .....	17
4.1.6 Índice para la Eficiencia Global de Equipos .....	18
4.1.6.1 Interpretación y análisis del índice de Eficiencia Global de Equipos .....	19
4.1.7 Herramientas de Resolución de problemas .....	20
4.1.8 Resultados de trabajos anteriores frente a la problemática del proyecto .....	21

<b>5. OBJETIVOS</b> .....	22
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	23
6.1 Procedimiento de trabajo .....	23
6.2 Recursos implementados .....	25
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
7.1 Análisis y resultados tras análisis del índice EGE.....	28
7.2 Propuesta de mejoras focalizadas y planes de acción para el proceso de impresión de aluminio.....	37
<b>8. CONCLUSION</b> .....	38
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	40
<b>REFERENCIAS</b> .....	41
Anexo N°1 .....	44
Anexo N°2.....	50
Anexo N°2.1 Cálculo del índice de Eficiencia Global de Equipos .....	53
Anexo N°2.1.1 Definición de los distintos tiempos desglosados.....	53
Anexo N°2.1.2 Formas para el cálculo del el Índice de Eficiencia Global de Equipos.....	55
Anexo N°2.2 Herramientas para la resolución de problemas utilizadas durante el proyecto .....	58
Anexo N°2.2.1 Diagrama de Pareto .....	58
Anexo N°2.2.2 Diagrama de Causa – Efecto.....	60
Anexo N°2.2.3 Diagramas de flujo .....	62
Anexo N°3.....	63
Anexo N°4.....	67
Anexo N°4.1 Planes de acción.....	74
Anexo N°4.1.1 Plan de acción para secuenciar la producción del proceso de impresión de aluminio .....	74
Anexo N°4.1.1.1 Modelos de secuenciación programados.....	74
Anexo N°4.1.1.2 Utilización del programa.....	75
Anexo N°4.1.1.3 Imágenes de la planilla Excel y código de programación en Visual Basic. ....	76
Anexo N°4.1.2 Propuesta de Plan de acción para mejora del sistema de producción de aluminio impreso .....	83
Anexo N°4.1.2.1 Implementaciones previas a la utilización del sistema propuesto de producción de aluminio impreso .....	83
Anexo N°4.1.2.2 Organigrama de funcionamiento .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de máquina SIAT de Impresión Flexográfica, Modelo L03/150. ....	8
Figura 2. Imagen del producto terminado en el proceso de impresión de aluminio. ....	10
Figura 3. Casa de las bases del Mantenimiento Productivo Total. ....	13
Figura 4. Desglose de los tiempos para el cálculo del EGE .....	19
Figura 5. Diagrama de Flujo del Procedimiento de trabajo del proyecto.....	24
Figura 6. Herramienta de gestión EGE utilizada .....	27
Figura 7. Pareto de tiempo para las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°1 .....	29
Figura 8. Pareto de tiempo de las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°3 .....	30
Figura 9. Pareto de frecuencia para las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°1 .....	31
Figura 10. Pareto de frecuencia de la detención durante el mes de junio en sala de impresión N°3 .....	31
Figura 11. Cuantificación de la cantidad de material impreso por formato de aluminio durante el mes de junio en sala de impresión N°1 .....	32
Figura 12. Cuantificación de la cantidad de material impreso por formato de aluminio durante el mes de junio en sala de impresión N°3 .....	33
Figura 13. Cuantificación de la clasificación de las ordenes impresas durante el mes de junio en la sala de impresión N°1 .....	33
Figura 14. Cuantificación de la clasificación de las ordenes impresas durante el mes de junio en la sala de impresión N°1 .....	34
Figura 15. Diagrama de causa-efecto de la disminución de eficiencia del proceso de impresión de aluminio .....	36
Figura 16. Layout del Área de Bodega de Material de Envase-Empaque y Materias Primas. ....	44
Figura 17. Diagrama de Flujo del actual proceso impresión de aluminio .....	45
Figura 18. Diagrama de bloques del proceso de producción de un lote de medicamento.....	46
Figura 19. Envase primario y secundario de comprimidos recubiertos de Abbott Laboratories chile .....	47
Figura 20. Envase primario y secundario de un jarabe de Abbott Laboratories Chile .....	47
Figura 21. Envase primario y secundario de una crema tópica de Abbott Laboratories Chile .....	47
Figura 22. Diagrama de bloque del proceso de fabricación farmacéutica de las formas galénicas sólidas. ....	48
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de píldoras anticonceptivas oral típica .....	48
Figura 24. Diagrama de Bloque de las fabricaciones realizadas en toda industria farmacéutica ..	49



Figura 25. Significado de las siglas del MPT .....	51
Figura 26. Procedimiento para la realización de un Diagrama de Pareto .....	59
Figura 27. Ejemplo de un Diagrama de Pareto .....	60
Figura 28. Procedimiento para la realización de un Diagrama de Causa – Efecto .....	61
Figura 29. Ejemplo de un Diagrama de Causa – Efecto.....	61
Figura 30. Procedimiento para la construcción de un Diagrama de Flujo .....	62
Figura 31. Ejemplo de un Diagrama de Flujo.....	62
Figura 32. Registro de tiempo y producción de la marcha productiva de las máquinas SIAT en el proceso de impresión de aluminio.....	64
Figura 33. Planilla utilizada para el registro de tiempo de las detenciones planificadas y no planificadas dentro del proceso de impresión de aluminio.....	65
Figura 34. Ejemplo del reporte semanal de eficiencia del proceso de impresión de aluminio.....	69
Figura 35. Diagrama de flujo de la forma de utilizar el programa de secuenciación presente en Excel .....	75
Figura 36. Diagrama de flujo con las obligaciones para personal del área de bodega de material envase-empaque y materias primas.....	75
Figura 37. Formulario de ingreso del número de trabajos.....	76
Figura 38. Planilla de Excel a llenar .....	77
Figura 39. Código de programación en Visual Basic parte 1 .....	78
Figura 40. Código de programación en Visual Basic parte 2 .....	79
Figura 41. Código de programación en Visual Basic parte 3 .....	80
Figura 42. Código de programación en Visual Basic parte 4 .....	81
Figura 43. Código de programación en Visual Basic parte 5 .....	82
Figura 44. Diagrama de flujo del nuevo sistema de producción propuesto para el proceso de impresión de aluminio. ....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las Subáreas de Producción en base al formato galénico de producción del medicamento .....	6
Tabla 2. Las 16 grandes pérdidas dentro de un sistema de producción .....	14
Tabla 3. Los cinco principios de las 5S .....	15
Tabla 4. Etapas para la implantación de un sistema de gestión MPT .....	17
Tabla 5. Clasificación del nivel de producción según el EGE.....	20
Tabla 6. Índice de EGE alcanzado durante el mes de junio por la máquina SIAT Modelo L03/150 de la sala de impresión N°1 .....	28
Tabla 7. Índice de EGE alcanzado durante el mes de junio por la máquina SIAT Modelo L33/150 de la sala de impresión N°3 .....	28
Tabla 8. Mejoras focalizadas identificadas para aplicar a corto plazo.....	37
Tabla 9. Planes de acción a implementar a largo plazo.....	37
Tabla 10. Evolución de los sistemas de gestión relacionados al mantenimiento.....	50
Tabla 11. Objetivos empresariales logrados gracias al MPT.....	51
Tabla 12. Herramientas claves para la resolución de problemas. ....	52
Tabla 13. Ejemplo de una Tabla base para la realización de un Diagrama de Pareto.....	59
Tabla 14. Carta Gantt Resumida del Proyecto.....	63
Tabla 15. Capacidad nominal de las máquinas SIAT por formato de material .....	66
Tabla 16. EGE registrado a lo largo de las mediciones del mes de junio en sala de impresión N°1 .....	67
Tabla 17. EGE registrado a lo largo de las mediciones del mes de junio en sala de impresión N°3 .....	68
Tabla 18. Planilla de datos para el pareto de tiempo en sala de impresión N°1 .....	70
Tabla 19. Planilla de datos para el pareto de frecuencia en sala de impresión N°1.....	71
Tabla 20 . Planilla de datos para el pareto de tiempo en sala de impresión N°1 .....	72
Tabla 21. Planilla de datos para el pareto de frecuencia en sala de impresión N°1.....	73

## NOMENCLATURA

- Definición de siglas

BMEE: Bodega de Material de Envase-Empaque

BMP: Bodega de Materias Primas

CFR: Corporación Farmacéutica Recalcine

EGE: Eficiencia Global de Equipos (en inglés: *Overall Equipment Effectiveness*)

EPD: *Environmental Product Declaration* (en español: Declaración Ambiental de Productos)

ICO: Índice de Calidad Operacional

I+D: Investigación y Desarrollo

IDO: Índice de Disponibilidad Operacional

IRO: Índice de Rendimiento Operacional

JIPM: *Japan Institute of Plan Maintenance* (en español: Instituto de mantenimiento de plan de Japón)

MEE: Materia de Envase-Empaque

MP: Materia Prima

MPT: Mantenimiento Productivo Total (en inglés: *Total Productive Maintenance*)

PVC: Policloruro de vinilo

SIAT: Marca de la maquinaria

TC: Tiempo de Carga

TO: Tiempo de Operación

TOC: *Theory of Constraints* (en español: Teoría de las restricciones)

TPNP: Tiempo de Paradas No Planificadas

TPP: Tiempo de Paradas Planificadas

TVA: Tiempo de Valor Agregado

OT: Orden de Transporte

- Definición de términos

Excipientes: Componentes farmacológicamente inertes que se combinan con los principios activos para obtener una forma galénica, a su vez se utilizan para facilitar la preparación, conservación y administración del medicamento.

Forma galénica: Disposición individualizada a la que se adaptan los principios activos y excipientes para construir un medicamento, y a su vez facilitar la forma de administración al paciente.

Material de envase primario: Es aquel que está directamente en contacto con el producto (forma galénica).

Material de envase secundario: Es aquel que contiene uno o varios envases primarios, otorgándole al producto protección para su distribución comercial

Material de envase terciario: Agrupamiento de envases primarios y secundarios en un contenedor que los unifica y protege a lo largo del proceso de distribución comercial el producto.

Principios activos: Sustancias farmacológicamente activa utilizadas para fabricar la forma galénica, que puede provenir de un origen animal, vegetal y/o sintetizadas artificialmente por el hombre.

## 1. INTRODUCCIÓN

Abbott Laboratories es una compañía estadounidense perteneciente a la industria farmacéutica con más de 130 años de existencia en el sector. Dedicada a la investigación y desarrollo (I+D), producción y comercialización de productos de la línea farmacéutica, diagnóstico y electromedicina. Actualmente, realiza operaciones en más de 160 países (Abbott Laboratories, 2019), y se encuentra dentro de las 10 compañías farmacéuticas más grandes del mundo (Brand Finance, 2019).

Basándose en esta necesidad de mantenerse competitivamente en el mercado de las grandes compañías farmacéuticas, es que en 2014 se hizo con la adquisición de la compañía farmacéutica CFR Pharmaceuticals, posicionándose en Latinoamérica como una de las compañías más grandes e influyentes de la región (CFR Pharmaceuticals, 2014).

Abbott Laboratories en el último tiempo se ha visto en la necesidad de incorporar nuevas técnicas de gestión moderna con el fin de aumentar la competitividad y productividad de las distintas filiales pertenecientes a la corporación Abbott, esto para lograr mejoras en los distintos procesos operativos y productivos de todas sus divisiones farmacéuticas alrededor del mundo, con el fin de no verse afectado por el crecimiento participativo que perciben otras compañías farmacéuticas, además de la globalización que se va generando en los distintos mercados de este sector industrial, junto también con el aumento que anualmente hay en inversiones y movimientos de capital en el mismo.

La gestión de procesos moderna promueve la mejora continua mediante la implementación de técnicas y herramientas que buscan gestionar procesos administrativos, manufactureros y de proyecto (*Lean Office, Lean Manufacturing, Lean Project Management*, entre otros). Esto con el fin de generar en las empresas resultados económicos favorables mediante la utilización de sistemas destinados al mantenimiento de las máquinas y reducción de los tiempos de arranque de éstas, optimización en los *layout* de las plantas, mejoras en la calidad de los productos, procesos y su control, organización y limpieza de las áreas de trabajo, reducción de consumos de energía y cálculos de capacidad productiva de los procesos. Añadiendo además un factor

influyente, mayor participación de los empleados y operadores en los distintos circuitos de los procesos.

Es por lo anterior que un mejor mantenimiento e implementación de un sistema acorde a la realidad industrial, genera no solo reducciones en los costos de reparaciones e improductividades debido a tiempos muertos dentro de un proceso, sino que elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y/o terminados, destinados a garantizar su distribución ante posibles fallos en alguna línea del proceso, ayudando también a mejorar la planificación y nivelar procesos desequilibrados.

El Mantenimiento Productivo Total (MPT) surgió como un sistema destinado a eliminar las grandes pérdidas referente a las “5M” (máquinas, mano de obra, materias primas, metodología y medio ambiente), junto con la posibilidad de hacer factible la producción “*Just in Time*”, la cual tiene como objetivo primordial la eliminación sistemática de estas pérdidas (Conexiónsan, 2016).

Esta metodología a diferencia de otras enfocadas en la manufacturación, se basa en la observación del funcionamiento de los equipos y se sustenta en base a sus 8 pilares principales. Uno de los pilares del MPT son las mejoras enfocadas, que corresponden a la incorporación de nuevas actividades operativas o cambios en actividades que actualmente se encuentra operativas en el proceso, con el fin de intervenir en el proceso productivo maximizando la efectividad global de los equipos, procesos y plantas (Raúl Pérez, 2019); mientras que los otros pilares se encargan de la autonomía propia que debe poseer la línea de producción, donde los indicadores principales de esta gestión de mantenimiento se basan en la disponibilidad (tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio) y la eficacia (tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción).

El sistema de gestión MPT trae consigo grandes beneficios a una empresa tanto en aspectos operacionales como organizativos, aumentando la capacidad de estrategia y competitividad de una institución. Es basándose en todos los beneficios que puede generar este sistema de trabajo, que los estudios relacionados con la aplicación de este sistema de producción

industrial, van desde el enfoque de cómo aportan los recursos humanos al sistema de producción MPT, evidenciado por el ingeniero industrial Ernesto López con su trabajo de grado (López, 2009b); hasta el enfoque de mejoramiento de los sistemas de producción, donde se relacionan trabajos como el realizado por la ingeniera Natalia Mansilla, quien implementó un sistema de producción MPT para estandarizar y reducir las pérdidas dentro de los procesos de la empresa Arcor S.A. (Mansilla, 2012).

En función de lo mencionado anteriormente, este proyecto busca identificar, proponer e implementar mejoras al proceso que produzcan un aumento en la eficiencia de las máquinas SIAT impresoras de aluminio de la Planta Abbott EPD Chile, utilizando como indicador para la eficiencia el índice de Eficiencia Global de Equipos (EGE), apoyándose en las bases de la gestión del MPT y otras metodologías de apoyo adecuadas para la manufacturación, con la finalidad de lograr un proceso lineal y equilibrado.

El presente informe está organizado con la finalidad de generar el entendimiento del lector, mediante la exposición de la situación problema identificada, seguido por los antecedentes productivos de la Planta Abbott EPD Chile, junto con una revisión bibliográfica del estado del arte, para posteriormente continuar con la explicación de la metodología utilizada durante el proyecto, finalizando con los análisis, resultados y conclusiones de este.

## **2. PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN PROBLEMA**

Dentro de toda industria farmacéutica, ya sea ambientada a la producción de productos de la línea farmacéutica y/o líneas de equipos de diagnóstico o electromedicina, se pueden visualizar distintos procesos operativos que buscan producir un producto apto para ser puesto en el mercado con la finalidad de que este genere un tratamiento o prevención de alguna enfermedad y/o malestar del consumidor.

Dichos procesos operativos deben producir productos, basándose en los estándares de calidad de producción solicitados por los consumidores e instituciones regulativas, y respetando el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura. Además, de poseer un flujo de tiempo que permita cumplir con las entregas del producto, sin interferir en los tiempos de otras líneas de operación del proceso de producción y venta del fármaco, considerando este desde la llegada de la materia prima hasta cuando el producto está disponible para ser puesto en el mercado.

Uno de los procesos operativos dentro de la producción de medicamentos, es el proceso productivo de impresión de aluminio; láminas de aluminio que son utilizadas junto a las láminas de PVC o láminas de aclar para generar el envase hermético que protege dicho medicamento de las condiciones adversas, denominado blíster. Es en este proceso donde las máquinas SIAT semiautomáticas deben generar una eficiencia funcional lo más alta posible, considerando a su vez en el proceso, los efectos del aumento en los costos por pérdidas en tiempos muertos y/o tiempos de producción, “cuellos de botella” en el proceso, aumento en costos por excesivas pérdidas de material desechado, así como demoras en los cumplimientos de las programaciones semanales de producción, entre otros factores.

Basándonos en lo anterior, en el último tiempo se ha observado en el proceso de impresión de aluminio un aumento de las horas extras de los operadores que operan las máquinas SIAT, generadas por la falta del cumplimiento de la programación semanal de producción de aluminio impreso. Esto a raíz del aumento en los tiempos muertos y tiempos de espera dentro



del flujo operativo del proceso de impresión, ocasionando un desequilibrio en el proceso, reflejado en la disminución de los tiempos de marcha productiva de las máquinas SIAT.

Tras estos antecedentes se puede pronosticar que de no controlarse la causa que está ocasionando el problema podría originarse un estado productivo que provocaría retrasos en las líneas de producción de otras áreas de la Planta Abbott EPD Chile. Para evitar estas consecuencias, se propone un control preventivo que se efectuará mediante metodologías que buscan la mejora continua del proceso de impresión de aluminio, encargándose del seguimiento funcional del proceso y efectos adversos que actualmente posee el mismo, con el fin de que se implementen ideas en pro de la mejora del proceso.

El indicador seleccionado es el índice de Eficiencia Global de Equipos (EGE), que permite medir la eficacia del proceso de una manera conjunta en función de la disponibilidad, rendimiento y calidad del proceso, ayudando a la toma de decisiones operativas mediante el registro y análisis de datos operativos. Midiendo la diferencia de la eficiencia y productividad de la maquinaria en la actualidad versus el ideal de ésta, diferencias generadas por pérdidas en tiempos muertos y/o producción, pérdidas de velocidad, pérdidas en producto desechado, reproceso de los productos, entre otros.

Mediante estas diferencias se identifican las detenciones no planificadas en el proceso, junto con la frecuencia qué ocurren, y en que partes del proceso son más propensas a verse afectadas por estas detenciones. El fin de identificarlas es ayudar a reducir los “cuellos de botella” que afectan el funcionamiento y flujo del proceso, y por ende limitan su productividad, además de traer beneficios en la disminución de costos operativos por la generación de reprocesos, pérdidas de material debido a la disminución de la calidad, entre otros.

### 3. ANTECEDENTES DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA ABBOTT EPD CHILE

#### 3.1 Área de producción

El área de producción se dedica a la fabricación, envasado y empaçado de las distintas formas galénicas producidas en Planta Abbott EPD Chile, estas formas galénicas pueden agruparse en tres grandes grupos de productos, los cuales son los productos sólidos, semisólidos y líquidos. Todos ellos distribuidos entre las seis subáreas de producción, marcados por la producción discontinua de loteos de medicamentos en función de una cartera aprobada de 960 medicamentos aproximadamente (Abbott Laboratories Chile, 2019<sup>b</sup>).

La producción y mayores ganancias generadas por la Planta Abbott EPD Chile se basan en la fabricación y venta de medicamentos en formato sólido, destacando los ingresos generados por medicamentos sólidos hormonales (Martínez, 2011). Es por lo anterior, que la mayoría de las subáreas de producción están adecuadas para la producción de medicamentos sólidos.

Tabla 1. Descripción de las Subáreas de Producción en base al formato galénico de producción del medicamento. (Fuente: Elaboración propia).

Subáreas de Producción	Formas Farmacéuticas globales		
	Sólidos	Líquidos	Semisólidos
Sólidos Orales 1	X		
Sólidos Orales 2	X		
Sólidos Orales 3	X		
Hormonas	X		
Especiales	X		X
Líquidos, Inyectables y Cremas		X	X

### 3.2 Área de bodega de material envase-empaque y materias Primas

El área de bodega de material envase-empaque y materias primas, se dedica a la distribución de material de envase primario, secundario y terciario (también denominados material para el envase, empaque y embalaje), además de los excipientes y principios activos (materias primas), a las distintas subáreas de producción de la Planta Abbott EPD Chile. Es de acuerdo a esta labor y a las regulaciones propias que deben poseer las subáreas de producción, según el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y los prospectos de producción lineal de Abbott Laboratories (específicamente la existencia de zonas de tránsito y no zonas de acopio de materias primas y/o material de envase-empaque en zonas de producción, debido a la posible contaminación inesperada y/o cruzada, causado por la estancia prolongada de los productos sin sello hermético de proveedor) (DIGEMID, 1999); que se destinó la producción de aluminio impreso al área de Bodega de Material Envase-Empaque y Materias Primas, esto para eliminar la movilidad excesiva del aluminio impreso entre áreas de la Planta Abbott EPD Chile.

#### 3.2.1 Proceso de impresión de aluminio

La forma de trabajo del proceso de impresión de aluminio utilizado en Planta Abbott EPD Chile, se basa en producciones de manera discontinua de loteos de material, producidos bajo máquinas flexográficas de impresión (máquinas SIAT semiautomáticas), que trabajan en función de una técnica de impresión de alta velocidad que utiliza una placa flexible con relieve (cliché), generalmente fabricada en base a un fotopolímero resistente a las tintas y solventes (Dolores & Vidales, 1998).

Actualmente, el proceso de impresión de aluminio consta con dos salas de impresión, las cuales se encargan de satisfacer la producción semanal para la planta. En la Figura 16 del Anexo N°1 se encuentra un *Layout* del Área de Bodega de Material de Envase-Empaque y Materias Primas, donde se pueden ver reflejados la ubicación que actualmente poseen las salas de impresión en esta área productiva de la Planta Abbott EPD Chile.

El sistema de impresión de bobinas de aluminio en tales máquinas se basa en el paso de tinta diluida desde un tanque contenedor hasta el aluminio virgen. Paso de tinta realizado mediante el contacto entre sí de 3 rodillos, uno en contacto con la tinta (cilindro anilox), otro que sostiene el cliché y el último rodillo que genera el paso del aluminio y es propio del sistema de bobinado de la máquina.

Durante el bobinado del aluminio impreso en la máquina, este es sometido a un sistema de secado rápido, mediante el uso de lámparas de cuarzo que calientan el flujo de aire, para posteriormente entrar en contacto con el aluminio, generando el secado de la tinta impresa en este.



Figura 1. Imagen de máquina SIAT de Impresión Flexográfica, Modelo L03/150.

### 3.2.1.1 Etapas del proceso de producción discontinua de aluminio impreso

La producción de aluminio impreso consta de seis procesos, los cuales se caracterizan por una secuencia lineal entre ellos. En la Figura 17 del Anexo N°1 se presenta un diagrama de flujo operativo de las etapas del proceso y en qué sector del establecimiento se desarrollan.

- Etapa de autorización: Etapa administrativa del proceso, donde se realiza la verificación de la orden de impresión por parte del operador y coordinadora del proceso. Generando la autorización de partida para la marcha productiva de la máquina mediante la revisión de la sala de impresión con la finalidad de evitar contaminación cruzada en el proceso.
- Etapa de preparación: Etapa operativa del proceso donde se realiza el abastecimiento de las bobinas de aluminio e insumos a la sala de impresión para efectuar la orden de impresión, junto también con el montaje de la bobina en la máquina e inicio de pruebas en el aluminio para generar el ajuste de los márgenes de impresión en la máquina.
- Etapa de Impresión: Etapa productiva del proceso en donde la máquina se encuentra en marcha imprimiendo el aluminio virgen.
- Etapa de Limpieza Parcial: Etapa operativa del proceso donde se genera la limpieza de la máquina, documentación y sala para poder descontaminarla de la orden de impresión procesada.
- Etapa de control de calidad: Etapa operativa del proceso que es realizada para verificar que el aluminio impreso corresponde a la documentación de la orden producida, junto también con la verificación de las posibles fallas en la impresión del aluminio.
- Etapa de liberación del material: Etapa operativa del proceso donde la coordinadora ingresa la cantidad y da ubicación en sistema al aluminio impreso utilizando el software SAP ERP. Luego a esto se da ubicación física al aluminio en la bodega de acopio del área de Bodega de Material Envase-Empaque.

### 3.2.1.2 Descripción del producto obtenido del proceso de impresión de aluminio

El producto terminado del proceso se denomina bobina de aluminio impreso, el cual es considerado un material de envase primario dentro del proceso de fabricación de medicamentos en formato galénico sólido. Estas son producidas en tres formatos distintos 93 mm, 155 mm y 175 mm de ancho, mientras que la cantidad y metraje de las bobinas son solicitados dependiendo de la cantidad de píldoras que deben ser envasadas en el proceso de blisteado.



Figura 2. Imagen del producto terminado en el proceso de impresión de aluminio.

### 3.3 Proceso de producción de medicamentos

El flujo general del proceso de producción de medicamento para las distintas formas galénicas se presenta en la Figura 18 del Anexo N°1. Destacando los pasos desde la llegada de la materia prima y material de envase-empaque a las bodegas de recepción y acopio de la Planta, junto con la distribución de los productos a los procesos de fabricación, envasado y empaclado del medicamento, para finalmente llevar el loteo de medicamento producido a las bodegas de acopio de productos terminados.

Las diferencias en los procesos de producción de los distintos medicamentos en función de su forma galénica no radican en el flujo de los materiales mostrado en el diagrama de bloques de la Figura 18 del Anexo N°1, sino que, en el tipo de operaciones unitarias utilizadas en la elaboración durante la fabricación de la forma galénica, siendo ésta quien define los procesos de envasado y empaclado que debe poseer el medicamento. En la siguiente referencia se muestra un video informativo de los distintos tipos de envasado de las Plantas Abbott EPD (Abbott Laboratories, 2017).

En cuanto a los procesos de fabricación de medicamentos, las formas galénicas sólidas son fabricados bajo procesos unitarios destinados al trabajo en húmedo y seco de las materias primas (mezclado, granulación, molienda, secado y compresión). En la Figura 22 y Figura 23 del Anexo N°1 se encuentra un diagrama de bloques y un diagrama de flujo de los distintos procesos unitarios y diferenciación entre las formas farmacéuticas sólidas producidas en la industria farmacéutica.

Mientras que, en la fabricación de medicamentos semisólidos y líquidos, las materias primas son sometidas a procesos de dilución y mezclado con el uso de líquidos, y en el caso de semisólidos también emulsionantes, esto para obtener la concentración óptima de líquido en la forma galénica. En la Figura 24 del Anexo N°1 se encuentra un diagrama de bloques donde se muestran el proceso unitario utilizado para este tipo de formas galénicas.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Mantenimiento Productivo Total

El MPT es un sistema estratégico desarrollado en Japón a principios de los 70's, que surge bajo la necesidad de permitir a las empresas manufactureras de Japón, optimizar el uso de sus máquinas y recursos, minimizando o eliminando los elementos que no añadían valor al producto y/o servicio ofrecido (Lean Manufacturing, 2016). El JIPM (*Japan Institute of Plan Maintenance*), quien es la organización que se adjudica el presente sistema de gestión, lo define como un sistema orientado a lograr cero accidentes, averías, defectos y pérdidas por medio de la participación conjunta de las organizaciones que componen la empresa y planes orientados al trabajo planificado y programado (Gómez, 2019a). En sí, el MPT es una estrategia de operación compuesta por una serie de actividades ordenadas y planificadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicio. Se considera una estrategia por el simple hecho de que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de estas deficiencias de los sistemas operativos y/o productivos, permitiendo diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las profesionales, la calidad de los productos y servicios finales; con la única finalidad de lograr maximizar la efectividad total de los sistemas de producción de una institución (Gómez, 2019b). En la Tabla 10 del Anexo N°2 se encuentra la evolución de los sistemas de gestión de mantenimiento y como se ligan al MPT, además en la Figura 25 del Anexo N°2 se encuentra la definición de las siglas del MPT.

#### 4.1.1 Enfoque de trabajo del Mantenimiento Productivo Total

El enfoque del MPT está propuesto para generar beneficios en base a tres aspectos principales dentro de una institución, los cuales van ligados a aspectos operacionales, estratégicos y organizativos. En la Tabla 11 del Anexo N°2 se presentan los beneficios en el logro objetivo de estos tres aspectos empresariales.



El MPT se relaciona con estos tres aspectos, en base a la necesidad de brindar un producto de óptima conformidad, tener costos competitivos y realizar entregas a tiempo, sin dejar de lado las denominadas “5M” (mano de obra, medio ambiente, materia prima, métodos y máquinas), estos son los principios fundamentales de pérdidas que enfrentan los sistemas de gestión (Gómez, 2019c).

#### 4.1.2 Misión y Objetivos del Mantenimiento Productivo Total

- Misión: Sistema enfocado en obtener un rendimiento económico creciente, en base a la cultura empresarial de la optimización de los recursos humanos y máquinas, apoyado por un ambiente laboral agradable y colaborativo entre los participantes (Gómez, 2019c).
- Objetivos: Maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas e implementación de un plan de trabajo organizado, planificado y colaborativo (Gómez, 2019c).

#### 4.1.3 Pilares y cimientos del Mantenimiento Productivo Total

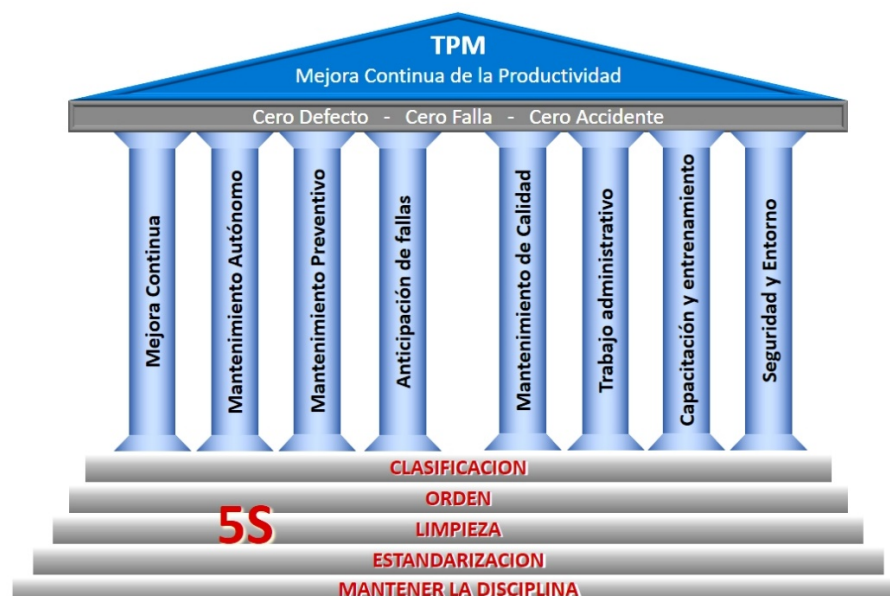


Figura 3. Casa de las bases del Mantenimiento Productivo Total.

El MPT busca enfrentar las grandes pérdidas frente a las cuales cualquier sistema de producción ve reducida su productividad en función de la disminución de la eficacia, eficiencia y calidad, tanto de sus productos como sus procesos. Es en base a esto, que el MPT se compone de cimientos basados en la metodología 5S y ocho pilares de acción, los cuales mantienen la producción sin fallas, defectos y accidentes; con la finalidad de generar un proceso de mejora continua, y así aumentar la productividad de manera creciente a medida que las mejoras intervienen los procedimientos, procesos de operación y producción. En la Tabla 2 se encuentran las 16 grandes pérdidas frente a las cuales se somete cualquier sistema de producción industrial.

Tabla 2. Las 16 grandes pérdidas dentro de un sistema de producción. (Fuente: Raul Pérez, 2019).

Las ocho principales pérdidas que obstaculizan la eficiencia de los equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas por detenciones planificadas.</li> <li>• Pérdidas por cambio de producto, arranques y ajustes (<i>Set-up</i>).</li> <li>• Pérdidas por averías (quiebre/fallas) en los equipos.</li> <li>• Pérdidas por averías en los procesos.</li> <li>• Pérdidas por ajustes y puesta a punto (<i>start-up</i>).</li> <li>• Pérdidas por pequeñas detenciones.</li> <li>• Pérdidas por velocidad reducida.</li> <li>• Pérdidas por fabricación de productos defectuosos y/o retrabajos.</li> </ul>
Las cinco pérdidas que obstaculizan la eficiencia de los recursos humanos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas por deficiencias en la gestión.</li> <li>• Pérdidas por movimientos (deficiencias en la operación de equipamientos).</li> <li>• Pérdidas por organización ineficiente en la línea de producción.</li> <li>• Pérdidas por falta de sistemas automáticos y deficiencias logísticas.</li> <li>• Pérdidas por mediciones, controles y ajustes excesivos.</li> </ul>
Las tres pérdidas que obstaculizan la eficiencia del uso del material y de la energía
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas de energía.</li> <li>• Pérdidas de rendimiento de materiales productivos.</li> <li>• Pérdidas de rendimiento de materiales accesorios.</li> </ul>

#### 4.1.3.1 Metodología estratégica de las 5S

La metodología 5S nace en Japón a principios de los años 60's, con la finalidad de generar lugares mejor organizados, ordenados y limpios; caracterizándose por crear lugares con mayor productividad y entorno laboral. Actualmente esta metodología compone los principales sistemas de gestión (*Lean manufacturing*, MPT, entre otros) (Aguilar, 2016).

Las 5S representan cinco principios, los cuales provienen de cinco palabras japonesas que comienzan con S. Estos principios se caracterizan por generar una metodología de trabajo basada en SEIRI (clasificar y descartar), SEITON (orden y organización), SEISO (limpieza), SEIKETSU (estandarización y control visual) y SHITSUKE (autodisciplina y hábito) (Gómez, 2019d). Esta metodología trabaja los 5 principios como un todo integrado y se aborda de forma sucesiva, es decir un tras de otra. En la Tabla 3 se presenta una descripción de los cinco principios que componen las 5S.

Tabla 3. Los cinco principios de las 5S. (Fuente: Gómez, 2019d).

Principio	Función	Descripción
SEIRI	Clasificar y descartar	Consiste en identificar y separar los elementos necesarios de los innecesarios, con la finalidad de eliminar los elementos que interfieren a varios niveles el sistema de trabajo.
SEITON	Orden y organización	Consiste en establecer un modo de organización e identificación de las cosas según su clasificación de importancia en el sistema de trabajo, con la finalidad de encontrarlos, utilizarlos y reponerlos con rapidez.
SEISO	Limpieza	Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que los medios se encuentren siempre en perfecto estado, reforzando la inocuidad del producto y las personas.
SEIKETSU	Estandarización y control visual	Este principio permite mantener los logros alcanzados mediante la aplicación de las 3 primeras "S", implementando estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente.
SHITSUKE	Autodisciplina y hábito	Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo a las normas establecidas, permitiendo adquirir el hábito de práctica y mejora continua en función de las 3 primeras "S", aplicado al sistema de trabajo.

#### 4.1.3.2 Pilares del Mantenimiento Productivo Total

Los pilares que sustentan el MPT tienen por objetivo lograr un sistema de gestión sólido, basado en el apoyo de planes que buscan generar beneficios en base a cualquiera de los ocho pilares del MPT (Gómez, 2019e):

- Mejora focalizada: Este pilar tiene como objetivo eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo. Estas pérdidas se mencionan en la Tabla 2 del apartado 4.1.3 del presente informe.
- Mantenimiento autónomo: Este pilar tiene como objetivo brindar la capacidad al operador de diagnosticar y prever las fallas eventuales de sus equipos, de modo que la vida útil de este se prolongue en el tiempo.
- Mantenimiento planeado: Este pilar tiene como objetivo generar la señalización e indicación de la falla del equipo al personal de mantenimiento, esto generando un mantenimiento más rápido y efectivo.
- Capacitación y entrenamiento: Este pilar tiene el objetivo aumentar las capacidades y habilidades de los empleados que participan activamente en el proceso productivo.
- Control inicial: Este pilar tiene como objetivo reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento, se comienza a trabajando en este pilar cuando los sistemas de gestión ya han sido aplicados.
- Mejoramiento de la calidad: Este pilar tiene por objetivo lograr la meta de ofrecer un producto libre de defectos como resultado de una máquina que tenga no presente desperfectos, lográndose con la mejora continua y optimización de los procesos, mediante la aplicación de acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos.

- MPT en los departamentos de apoyo: Pilar que busca que todos los departamentos de la institución participen, con el objetivo de eliminar las pérdidas en los procesos administrativos para así aumentar la eficiencia del proceso productivo.
- Seguridad, higiene y medio ambiente: Este pilar busca que el proceso tenga un ambiente de trabajo confiable y seguro, esto mediante el objetivo de crear y mantener un sistema que garantice un ambiente sin accidentes y contaminación.

#### 4.1.5 Etapas para la implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total

Tabla 4. Etapas para la implantación de un sistema de gestión MPT. (Fuente: López, 2009c).

Etapas	Pasos	Contenidos
Preparación	Decisión de la empresa de aplicar un MPT en la organización	Presentación al comité de dirección de la empresa
	Campañas informativas técnicas y educativas	Seminarios y presentaciones
	Estructura de promoción del MPT	Grupos de trabajo y comisión de líderes
	Establecer políticas y objetivos del MPT.	Diagnósticos y análisis de condiciones actuales
	Plan maestro y desarrollo del mismo	Plan de implementación
Implementación preliminar	Lanzamiento del MPT	Programación de eventos de difusión del lanzamiento del MPT
Implementación del MPT	Mejora de la efectividad de los equipos	Selección y mejoramiento de equipos
	Desarrollo del programa de mantenimiento autónomo	Desarrollo de los pasos del mantenimiento autónomo
	Plan y programación del mantenimiento	Desarrollo del sistema dedicado al mantenimiento
	Mejora de las habilidades de operaciones y mantenimiento	Entrenamiento de técnicas de detección y acción correctiva
	Desarrollo de programas de gerencia	Diseño de mantenimiento productivo y análisis del costo de vida del proyecto
Estandarización	Implementación y aumento de niveles del MPT	Evaluar el costo del mantenimiento productivo y establecer objetivos mayores

#### 4.1.6 Índice para la Eficiencia Global de Equipos

El EGE es una razón porcentual que sirve para calcular la eficiencia productiva de una máquina industrial (la interpretación del indicador porcentual se relaciona a que si una máquina alcanza un EGE de un 75%, significaría que de cada 100 piezas buenas que pudo haber producido, solo ha podido producir 75 piezas), y tiene la ventaja de medir la eficiencia en base a un único indicador, que enfoca tres parámetros fundamentales de la producción industrial, los cuales son: la calidad de producción durante proceso, la disponibilidad de uso de la máquina durante el proceso y el rendimiento alcanzado en la máquina a lo largo del proceso.

EL EGE a su vez permite comparar la capacidad de producción actual de una máquina frente al ideal de funcionamiento que posee dicha máquina en un área específica de trabajo, diferencias que se generan por pérdidas en cualquiera de los tres parámetros fundamentales de toda producción. Estas pérdidas identificadas por el EGE se encuentran en la Tabla 2 del presente informe y son las que obstaculizan la eficiencia de los equipos.

Esta herramienta de medición permite identificar y detectar las fallas y/o detenciones más comunes a lo largo del proceso; exponiendo dichas pérdidas mediante un análisis de los datos registrados, permitiendo así identificar los sectores del proceso más propensos a poseer dichas pérdidas y/o limitantes de la productividad del mismo. De esta manera se facilita la toma de decisiones operativas y se reducen varios costos que afectan e intervienen activamente en el proceso (tiempos perdidos, material perdido, entre otras).

Para realizar el cálculo del EGE hay que ir desglosando los distintos tiempos involucrados en el proceso, definiéndose la fórmula global de cálculo del EGE como la razón porcentual del tiempo de carga y el tiempo de valor agregado del proceso. En el Anexo N°2.1, se describe en más detalle las fórmulas utilizadas, junto con la descripción de los términos involucrados en el presente cálculo del EGE.

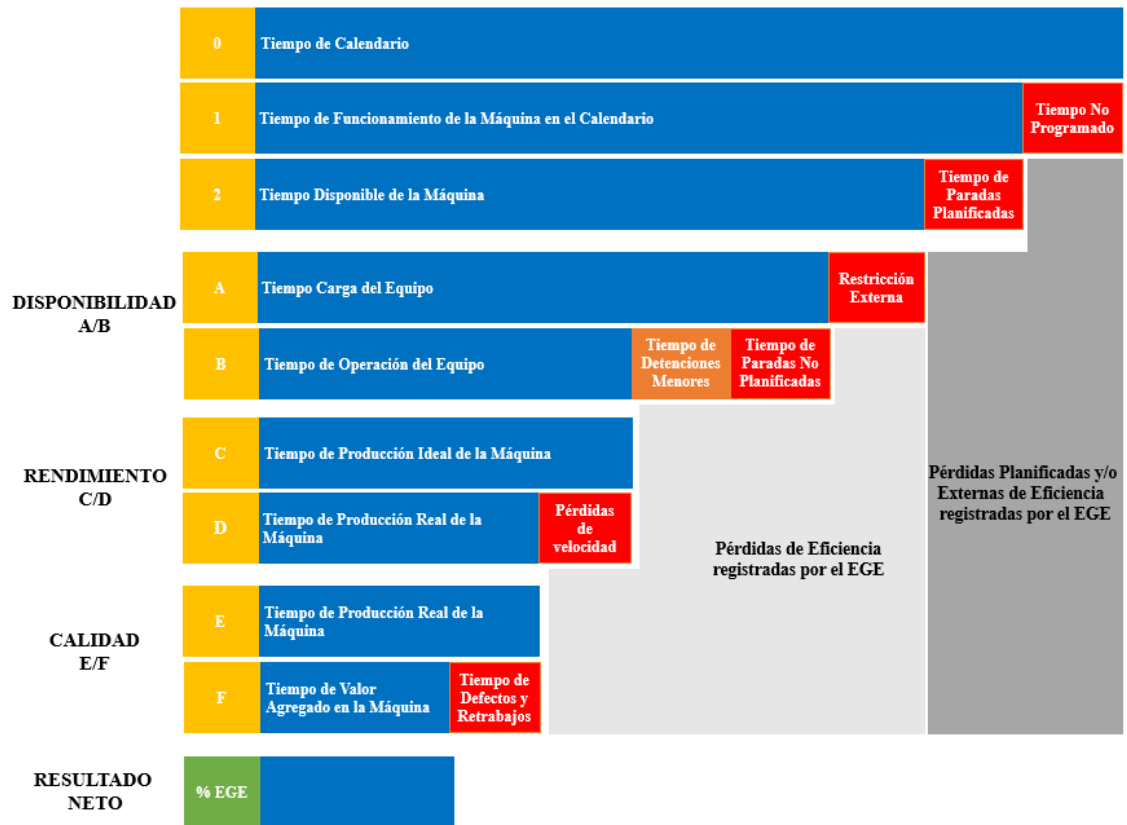


Figura 4. Desglose de los tiempos para el cálculo del EGE. (Fuente: NOVOTEK, 2018).

#### 4.1.6.1 Interpretación y análisis del índice de Eficiencia Global de Equipos

El valor porcentual del EGE es una valoración cuantitativa del estado en que actualmente se encuentra el sistema de producción de la línea analizada, la cual clasifica el sistema productivo como se muestra en la Tabla 3. Dicho análisis se utiliza para encontrar las posibles mejoras al sistema productivo, identificando mejoras objetivas, dirigidas y realizables. Toda mejora se basa en identificar restricciones que posea dicho sistema, considerando que toda restricción a un sistema se basa en la teoría de las restricciones (TOC) que menciona que todo sistema productivo siempre posee al menos un “cuello de botella” o un eslabón débil dentro de una cadena de producción, lo que genera que una parte del proceso vaya más rápido que la operación más lenta dentro del mismo.

Tabla 5. Clasificación del nivel de producción según el EGE. (Fuente: Ingenieriaindustrialonline, 2018).

EGE	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
0% - 64%	Deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se producen importantes pérdidas económicas.</li> <li>• Muy baja competitividad.</li> </ul>
65% - 74%	Regular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable solo si se está en proceso de mejora.</li> <li>• Se producen pérdidas económicas.</li> <li>• Baja competitividad.</li> </ul>
75% - 84%	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe continuar la mejora para alcanzar buena valorización.</li> <li>• Ligeras pérdidas económicas</li> <li>• Competitividad ligeramente baja.</li> </ul>
85% - 94%	Buena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entra en valores de clase mundial.</li> <li>• Buena competitividad.</li> </ul>
95% - 100%	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores de clase mundial.</li> <li>• Alta competitividad.</li> </ul>

#### 4.1.7 Herramientas de Resolución de problemas

Las herramientas de resolución de problemas tienen la finalidad de facilitar la toma de decisiones y organizar las formas de trabajo empleadas durante la ejecución de un proyecto, investigación u otra acción que se base un caso de estudio. Estas herramientas se separan en dos grandes grupos, uno enfocado en el tratamiento de datos y la otra en el tratamiento de ideas. En la Tabla 12 del Anexo N°2 se presenta la clasificación de las herramientas en base a los dos grandes grupos existentes, mientras que en el Anexo N° 2.2 se presentan definiciones más exhaustivas de las herramientas utilizadas para la resolución de problemas durante el proyecto.



#### 4.1.8 Resultados de trabajos anteriores frente a la problemática del proyecto

Los siguientes trabajos se caracterizan por el trabajo de metodologías y planes enfocados a solucionar uno o más pilares del MPT. Estos han sido aplicados a procesos productivos o de fabricación en empresas abocadas a un rubro específico. Debido a largas descripciones de los logros y objetivos alcanzados detrás de este sistema de gestión, se van a presentar pequeñas descripciones de los alcances de sus proyectos realizados de manera más específica.

En 2003, ingenieros de la Universidad de Hong Kong y Universidad Politécnica de Hong Kong, lograron implementar un sistema de gestión MPT en una empresa perteneciente a la industria de los semiconductores. Esta implementación logró beneficios tangibles y no tangibles, convirtiendo la producción de las máquinas a un sistema MPT, aumentando la productividad de estas a un 83% (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005).

La ingeniera Natalia Mansilla de la Universidad de Chile, en 2011 implementó la metodología MPT para estandarizar los procesos y reducir las pérdidas en la fabricación de goma de mascar de la empresa Arcor S.A. La estimación de las pérdidas se realizó con indicadores de rendimiento del proceso, logrando reducir los productos no conformes a un 57% en la línea 1 y un 82% en la línea 2, por medio de la reducción del número de fallos a un 54% en la línea 1 y un 2% en la línea 2 durante el proceso de fabricación, junto con la reducción de detenciones en otras partes del proceso como lo son el control de calidad e impacto ambiental del proceso (Mansilla, 2011).

La ingeniera industrial Paulina Mohr de la Universidad Austral de Chile, en 2012 logró implementar un sistema de medición sistemática de las pérdidas de las líneas de proceso de la sección mantequillera de la empresa Colún, esto utilizando como indicador de las pérdidas y eficiencia del proceso el índice EGE, llegando a identificar y generar un reporte con las pérdidas a lo largo del proceso, sobre los cuales se debía trabajar (Mohr, 2012).

## **5. OBJETIVOS**

### 5.1 Objetivo general

- Optimizar el flujo operativo del proceso de impresión de aluminio con el fin de aumentar la eficiencia de las máquinas SIAT, utilizando como indicador el índice EGE.

### 5.2 Objetivos específicos

- Identificar los efectos que actualmente están causando una disminución en la eficiencia y eficacia a lo largo del proceso.
- Estudiar el sistema productivo de impresión de aluminio con el fin de identificar mejoras a corto y largo plazo.
- Implementar mejoras administrativas u operativas para el proceso de impresión de aluminio.

## 6. METODOLOGÍA

El procedimiento de trabajo de este proyecto busca la implementación rápida de un sistema de gestión MPT en el proceso de impresión de aluminio de la Planta Abbott EPD Chile, generando mejoras sistemáticas para la disminución de las pérdidas producidas por cualquiera de las “5M”, que a su vez generará un aumento en la eficiencia y eficacia del proceso. El sistema de trabajo utilizado posee una etapa para la propuesta de planes de acción a corto y largo plazo, que buscan identificar e implementar posibles mejoras focalizadas que pudiesen ser aplicadas sin interferir con el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para procesos farmacéuticos y normativas de operación y producción de Abbott Laboratories. A su vez también busca generar mejoras en base a cualquiera de los otros siete pilares que sustentan el trabajo del MPT generado más autonomía, planeamiento y proyección del proceso de impresión de aluminio. En la Tabla 14 del Anexo N°3, se encuentra la Carta Gantt del proyecto, la cual contiene las actividades realizadas para dar cumplimiento al procedimiento de trabajo ejecutado a lo largo de este proyecto.

### 6.1 Procedimiento de trabajo

El procedimiento de trabajo ejecutado se basa en una adaptación de todas las etapas que conllevan a la implementación de un sistema de gestión MPT, el cual se muestra en la Tabla 4 del apartado 4.1.5 del presente documento. Este procedimiento de implementación adaptativo de las etapas de aplicación de un sistema MPT no considera los pasos de implementación preliminar, y se caracteriza por ser un sistema de trabajo ejecutable en un periodo de cuatro meses compuesto por una serie de actividades globalizadas que se pueden llevar a cabo a lo largo de este periodo. En la Figura 6, se muestra el procedimiento de trabajo para la implementación del sistema MPT dentro del proceso de impresión de aluminio de la Planta Abbott EPD Chile.

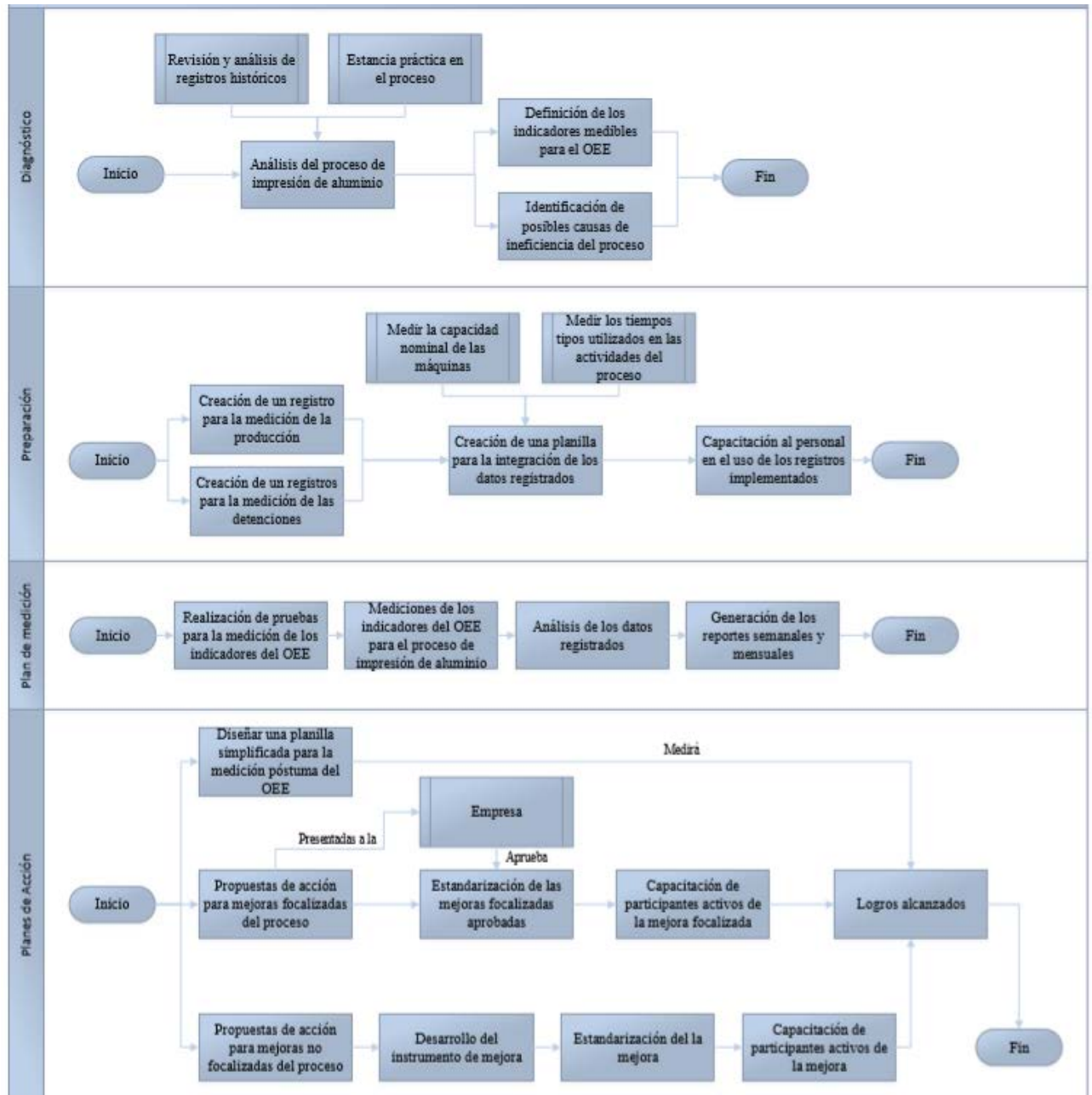


Figura 5. Diagrama de Flujo del Procedimiento de trabajo del proyecto. (Fuente: Elaboración propia).

Como se puede ver en la Figura 5, el procedimiento de trabajo utilizado en el proyecto se compone de 4 actividades globales, las cuales basan su funcionamiento en principios de la implementación de un sistema MPT. A continuación, se expone un resumen de lo que busca cada actividad global:

- **Diagnóstico:** En esta etapa se realizan las actividades necesarias para identificar las operaciones productivas y no productivas del proceso, las cuales dan origen al flujo productivo del aluminio impreso, además de la identificación de los insumos y mermas del proceso. Es en base a todo lo anterior que este diagnóstico ayuda a localizar cuellos de botellas y/o actividades críticas donde se generan las mayores pérdidas, ya sean pérdidas generadas por desecho de material no procesable o procesado, tiempos muertos u otros.
- **Preparación:** En esta etapa se realiza la planificación y preparación de los instrumentos de medición para ser utilizados durante el plan de medición, este consta de planillas de recepción de datos, junto con registros para las salas de impresión, estos últimos implementados con el fin de ser utilizados por los operadores de las máquinas SIAT.
- **Plan de medición:** Esta etapa consiste en un plan de trabajo que permite organizar distintas actividades en un periodo de tiempo óptimo para llevar a cabo las pruebas, mediciones y análisis de los datos.
- **Plan de acción:** Esta etapa consiste en la propuesta e implementación de mejoras focalizadas y no focalizadas para el proceso, junto con los planes de estandarización y capacitación del personal óptimas para llevar a cabo el término de ejecución de estos planes de mejoras. El indicador de los logros generados por las mejoras implementadas, será el mismo que fue utilizado en el plan de medición, solo que este varía en su complejidad, reduciendo el tiempo utilizado en el relleno de datos de la planilla cuantificadora de la eficiencia del proceso.

## 6.2 Recursos implementados

- **Registro para la marcha productiva de las máquinas SIAT:** Este registro fue creado con el uso de Microsoft Excel 2016, y se implementó para que el operador registrara la productividad de su sala de impresión, mediante el registro del material producido (kg de aluminio impreso por N° de orden de producción) y las pérdidas de material a lo largo de la producción (Mermas de aluminio impreso generadas por N° de orden de producción). Además de registrar los tiempos en que las máquinas SIAT estaban en marcha productiva a lo largo de los turnos de los operadores. En la Figura 32 del Anexo N°3, se encuentra el

registro implementado para ser utilizados por los operadores para medir los tiempos de productividad de las salas de impresión.

- Registro para las detenciones improductivas en las máquinas SIAT: Este registro fue creado con el uso de Microsoft Excel 2016, y se implementó para que el operar registrara sus tiempos empleados en paradas (planificadas y no planificadas) generadas en las máquinas SIAT, paradas ocasionadas por el flujo operativo que posee en la actualidad el proceso de impresión. En la Figura 33 del Anexo N°3, se encuentra el registro implementado para ser utilizado por los operadores para medir los tiempos improductivos en las máquinas SIAT.
- Planilla de organización y resultado de datos: Esta planilla se diseñó con el uso de Microsoft Excel 2016, y se implementó para ejecutar 3 acciones básicas dentro de cualquier análisis de datos. Esto mediante la recopilación, organización y cuantificación de los efectos de los medidos (pérdidas generadas a lo largo del proceso de impresión de aluminio, eficiencia del proceso, entre otras). En la Figura 6 se muestra cómo funciona el sistema gestión y como interactúa la planilla y los registros implementados.
  - Recopilación de datos de los registros: Se realizó mediante la creación de un formulario de ingreso de datos en Microsoft Excel, y con la ayuda de macros y enlaces directos se ingresaban en la planilla de organización de los datos.
  - Organización: La organización y clasificación de los datos se llevó a cabo con el uso de tablas dinámicas y comandos organizativos disponibles en Microsoft Excel.
  - Cuantificación: La cuantificación de la eficiencia de las máquinas se llevó a cabo con una ecuación de cálculo ejecutada en función de los comandos de cálculo de Microsoft Excel (en la Tabla 15 del Anexo N°3, se encuentra el valor medido de la capacidad nominal de las máquinas SIAT para el proceso de impresión de aluminio, referencia utilizada para comparar el rendimiento actual versus el ideal de la máquina), mientras que las pérdidas del proceso fueron cuantificadas con la ayuda de gráficos estadísticos presentes en Microsoft Excel.

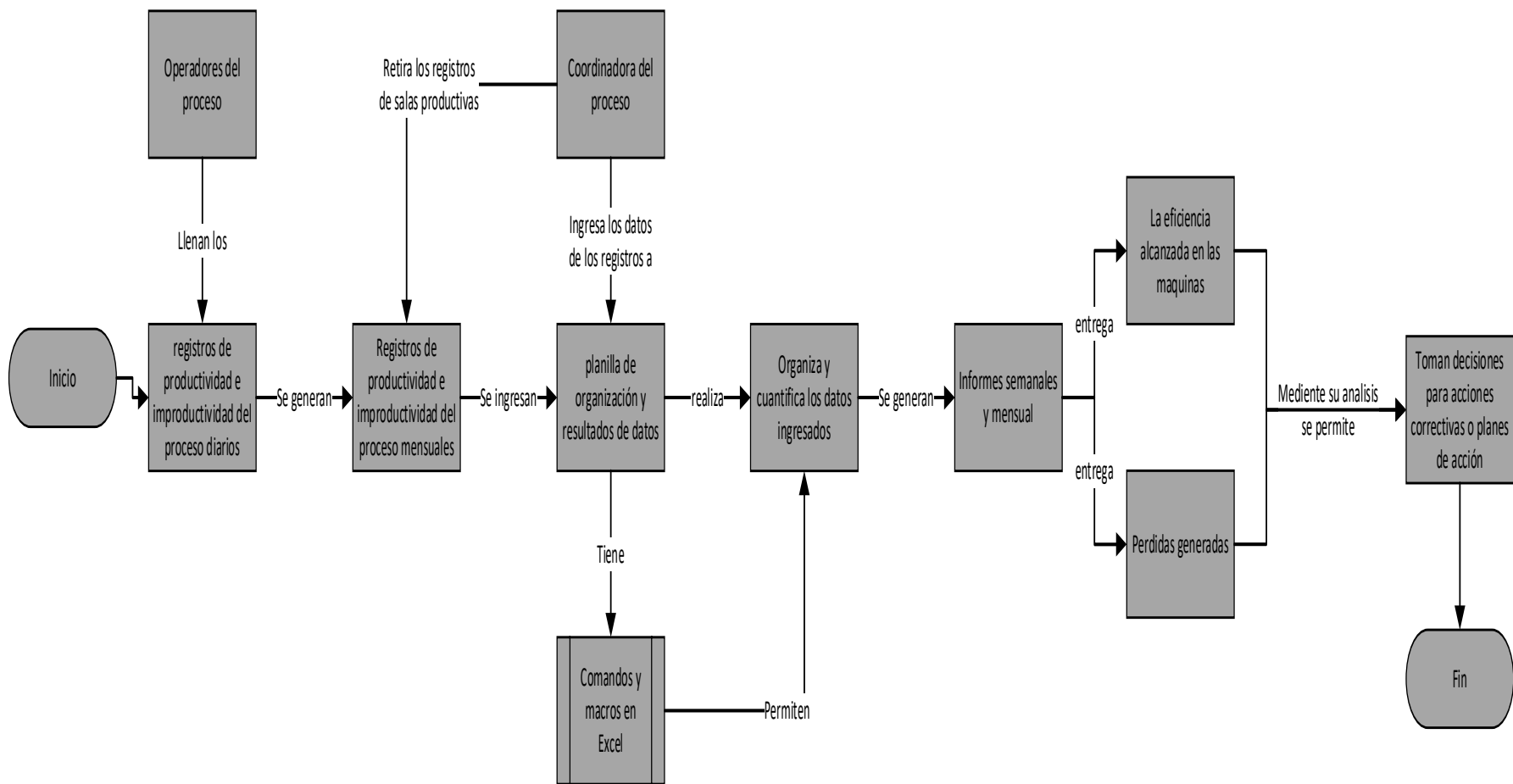


Figura 6. Herramienta de gestión EGE propuesta. (Fuente: Elaboración propia).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente apartado contiene los resultados más relevantes obtenidos tras el tratamiento estadístico de los datos del índice de EGE, junto con la discusión de sus resultados y la exposición de los planes de acción para aumentar la eficiencia y eficacia del proceso de impresión de aluminio. En el Anexo N°4 se encuentran los datos de eficiencia registrados diariamente durante el mes de junio para ambas salas de impresión de aluminio, junto con un ejemplo del reporte que se entrega cada semana a la empresa. Además, podemos encontrar los respectivos planes de acción planteados para mejorar el sistema de producción del proceso de impresión de aluminio.

### 7.1 Análisis y resultados tras análisis del índice EGE

Los resultados del presente apartado contienen los datos de eficiencia y productividad registrados durante el mes de junio para las máquinas SIAT L03 y L33, que nos permiten observar el estado productivo que actualmente posee el proceso de impresión de aluminio.

Tabla 6. Índice de EGE alcanzado durante el mes de junio por la máquina SIAT Modelo L03/150 de la sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

Mes	TD (min)	TPP (min)	TC (min)	TPNP (min)	TO (min)	Impresión buena (m)	Impresión mala (m)	Capacidad nominal (m/min)	IDO	IRO	ICO	EGE
Junio	12240	786	11454	4567	6887	156684	4209	32,8	60%	72%	97%	42%

Tabla 7. Índice de EGE alcanzado durante el mes de junio por la máquina SIAT Modelo L33/150 de la sala de impresión N°3. (Fuente: Elaboración propia).

Mes	TD (min)	TPP (min)	TC (min)	TPNP (min)	TO (min)	Impresión buena (m)	Impresión mala (m)	Capacidad nominal (m/min)	IDO	IRO	ICO	EGE
Junio	12060	572	11488	7726	3762	65540	3174	32,8	33%	53%	95%	17%



La Tabla 6 y Tabla 7 muestran que la eficiencia alcanzada por ambas máquinas SIAT es totalmente discordante entre sí, puesto que la máquina SIAT L03 alcanzó un EGE de un 42% mientras que la máquina SIAT L33 alcanzó un índice de EGE de un 17%. Dicha diferencia entre los resultados de ambos índices de EGE no está relacionada por la disminución del tiempo de carga disponible para una de las máquinas durante el mes de junio (TC), sino que dicha disminución de la eficiencia en la segunda máquina se generó debido al sobre aumento en pérdidas por tiempos de detenciones no planificadas (TPNP) y microparadas a lo largo del proceso, generando una amplia diferencia entre los indicadores de disponibilidad operacional (IDO) de ambas máquinas; a su vez también influyó la disminución reiterada de la velocidad de operación de la segunda máquina, ya que esta alcanzó un IRO de 53%. Lo anteriormente mencionado causó una disminución excesiva del tiempo de operación (TO) de la SIAT L33, limitando la productividad de aluminio impreso a la mitad, en comparación a la alcanzada en la máquina SIAT L03. El último indicador que es la calidad operacional (ICO) de ambas máquinas, posee un valor bastante similar, pasando a ser un factor de nula diferencia entre las dos máquinas.

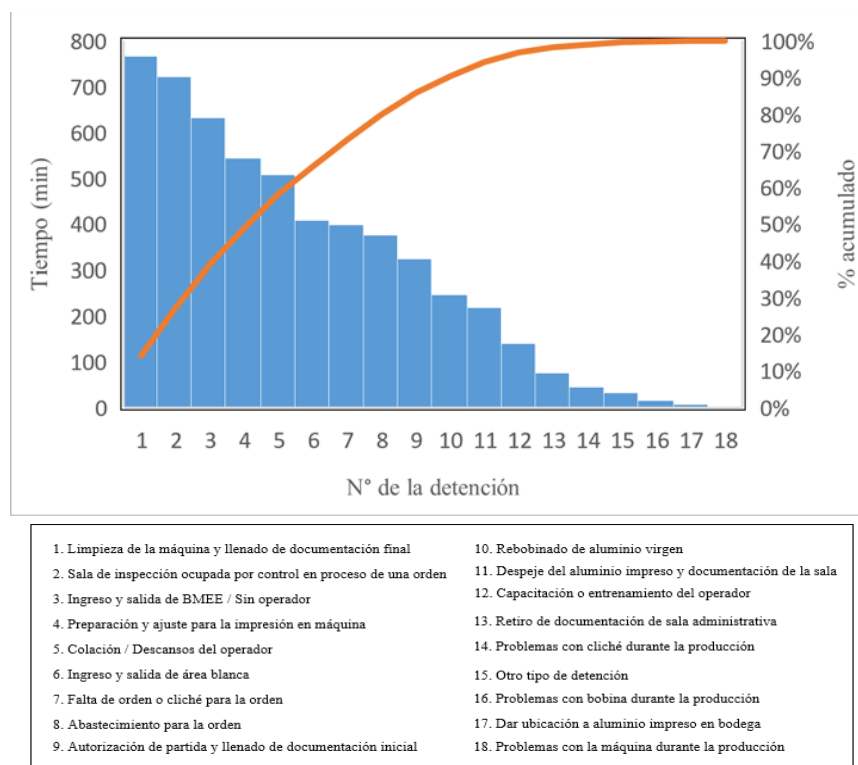


Figura 7. Diagrama de Pareto para el tiempo de las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

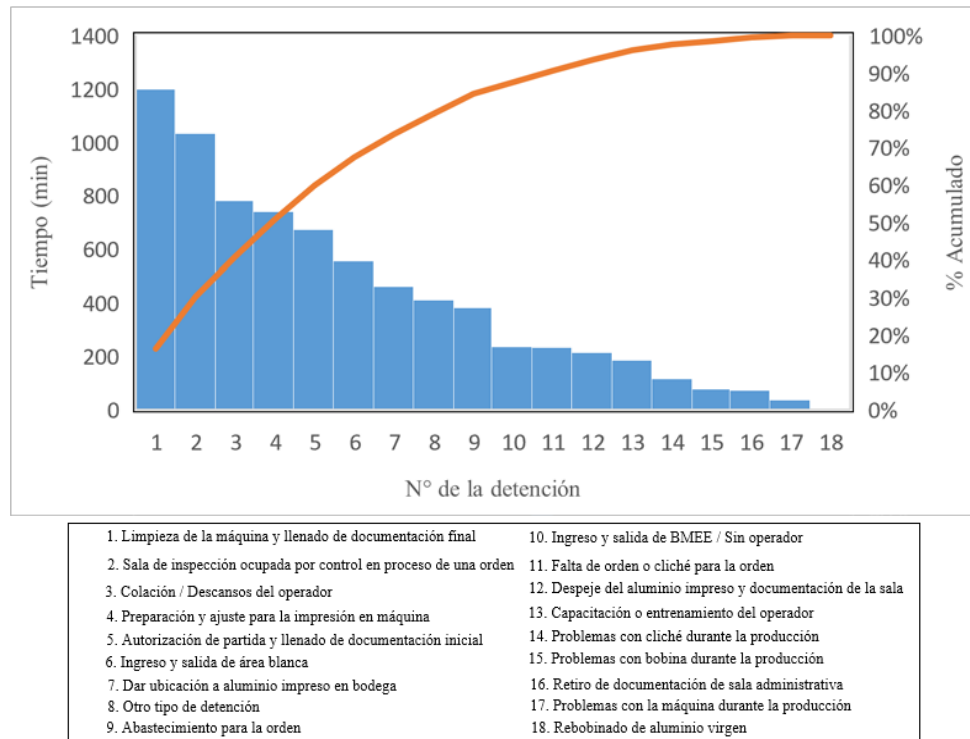


Figura 8. Diagrama de Pareto para el tiempo de las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°3. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 7 y Figura 8 muestran las detenciones de mayor efecto en la disminución del tiempo de carga disponible para ambas máquinas SIAT, centrándose en las actividades propias que ponen en funcionamiento las máquinas dentro del proceso (limpieza de la máquina, preparación y ajuste de la máquina, autorización de partida, ingreso - salida del operador de área blanca, abastecimiento de insumos para la sala y dar ubicación en bodega al aluminio, la cual es ejecutada por el operador); otra actividad que tiene un altos tiempo de detención en el proceso, es el control de calidad de las bobinas de aluminio impreso, que causa la detención de la etapa de limpieza parcial, siendo este un factor externo a la producción del aluminio.

También estas figuras permiten inferir que uno de los factores que genera la excesiva diferencia de EGE de ambas máquinas, se debe a un factor humano relacionado con la forma más lenta de trabajar del operador que utiliza la máquina SIAT L33, esto debido a que los tiempos que se alcanzan en la Figura 8 son mucho mayores a los de la Figura 7.

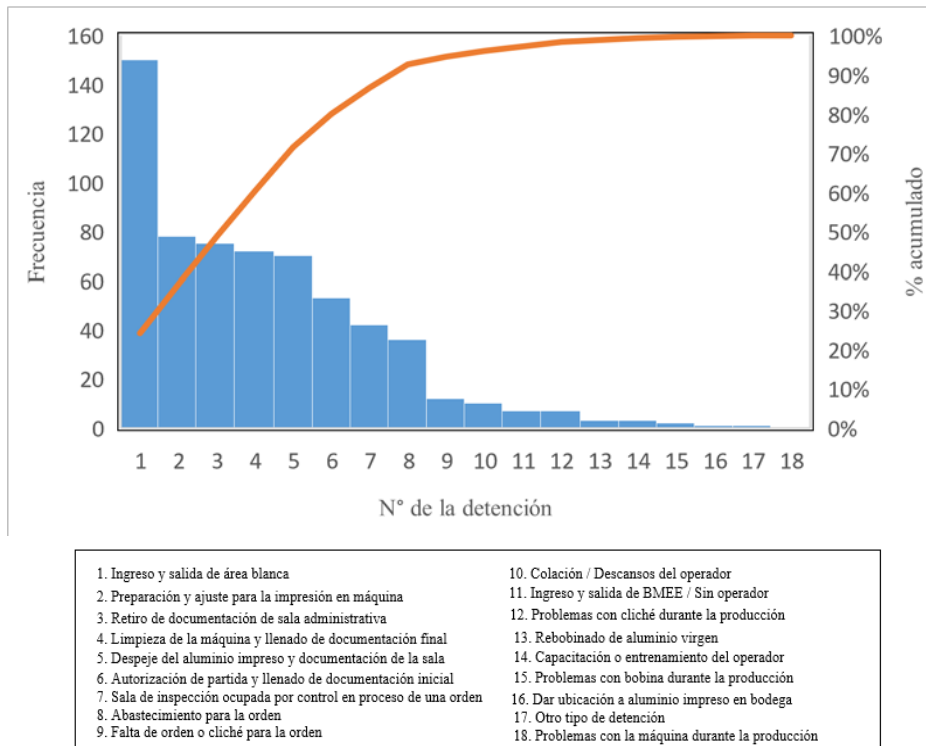


Figura 9. Diagrama de Pareto para la frecuencia para las detenciones durante el mes de junio en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

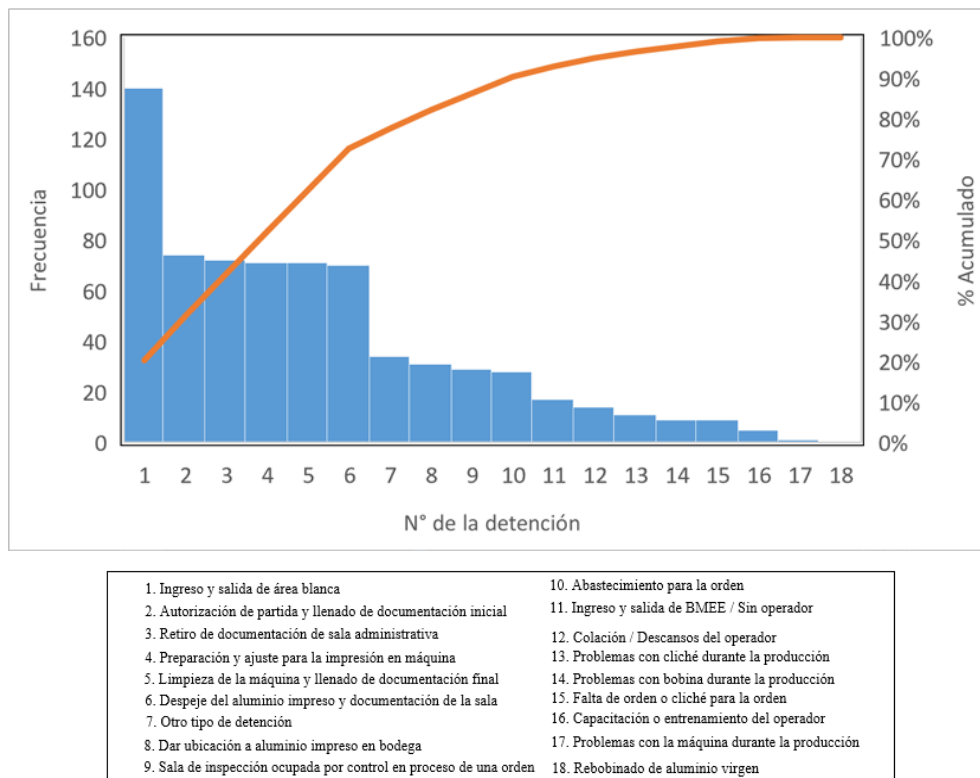


Figura 10. Diagrama de Pareto para la frecuencia de la detención durante el mes de junio en sala de impresión N°3. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 9 y Figura 10 muestra que las detenciones con más ocurrencia en el proceso, se deben a acciones dentro del flujo operativo del proceso que generan la salida constante de los operadores de las salas de impresión (ingreso – salida de área blanca, autorización de partida y retiro de la documentación de la orden de impresión de sala de administración), mientras que otras detenciones que también tuvieron una amplia contribución en el Diagrama de Pareto de las Figura 7 y 8, también poseen una alta ocurrencia en el proceso según los Diagramas de Paretos de frecuencia (preparación y ajuste de la máquina, limpieza de la máquina y la detención causada por el control de calidad del material).

Los factores más influyentes del proceso para el funcionamiento de las máquinas son las actividades de autorización de partida, preparación - ajuste de la máquinas y limpieza de máquina, las que son difíciles de reducir y/o eliminar debido a la discontinuidad y restricciones que poseen las máquinas para su funcionamiento dentro del proceso. Es importante mencionar que el factor que causa las demoras en el control de calidad del aluminio, se deben a la no existencia de un personal de control de calidad fijo para el aluminio que se va produciendo en el proceso, siendo este factor reducible y/o eliminable bajo una previa coordinación con el área de control de calidad de la planta.

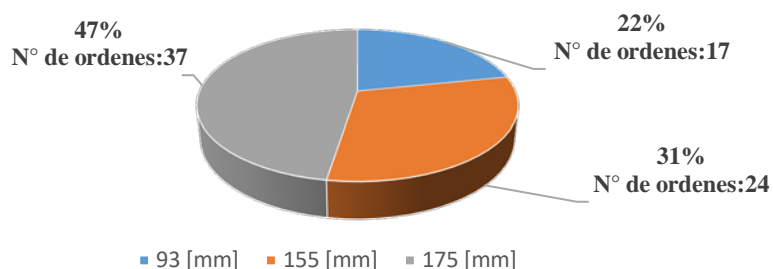


Figura 11. Cuantificación de la cantidad de material impreso por formato de aluminio durante el mes de junio en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

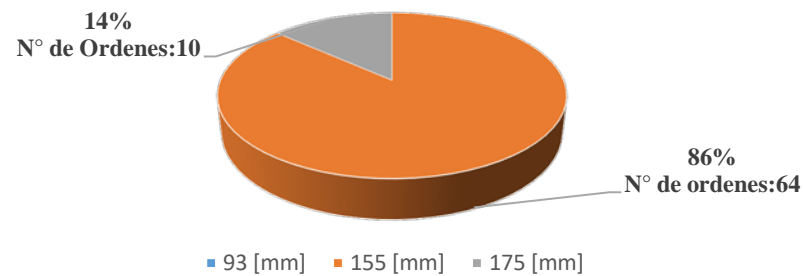


Figura 12. Cuantificación de la cantidad de material impreso por formato de aluminio durante el mes de junio en sala de impresión N°3. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 11 y Figura 12 muestran otro factor que genera la diferencia existente en el EGE de la máquina SIAT L03 y máquina SIAT L33, puesto que esta última máquina no produce aluminio impreso en formato de 93 (mm), siendo este uno de los formatos de aluminios que aportan mayor tiempo de operación (TO), debido a los altos tiempos de procesamiento que alcanzan las ordenes de impresión de este formato de material, lo cual es causado por la utilización de este formato de aluminio para producir los envases primarios de los medicamentos hormonales femeninos.

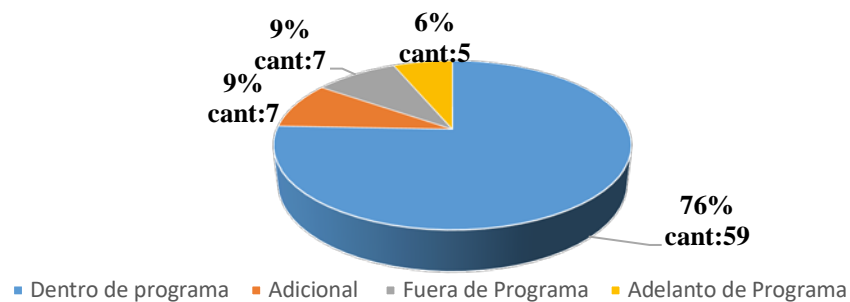


Figura 13. Cuantificación de la clasificación de las ordenes impresas durante el mes de junio en la sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

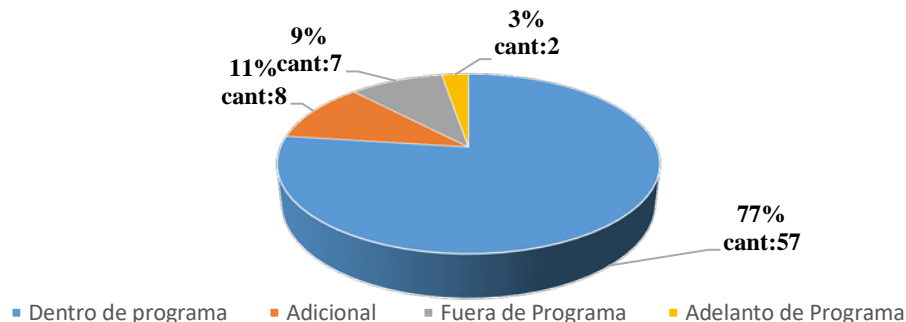


Figura 14. Cuantificación de la clasificación de las ordenes impresas durante el mes de junio en la sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 13 y Figura 14 muestran tres factores que afectan la efectividad de proyección y organización del proceso de impresión de aluminio de manera continua. Los dos primeros factores se deben a la presencia de órdenes de impresión que están fuera de la programación semanal y adelantos de órdenes de impresión que se encuentran dentro de otro programa de producción, generados a raíz de la mala organización operativa que poseen las áreas de planificación, fabricación y producción de la Planta Abbott EPD Chile. El último factor es generado a raíz de la solicitud de adicionales a alguna orden ya impresa, solicitud genera por el mal manejo del aluminio impreso enviado desde BMEE por el área de producción de la planta.

De manera global ninguna de las máquinas de impresión de aluminio alcanza una clasificación regular en el EGE según la Tabla 5 del presente informe, clasificando al proceso de impresión de aluminio como un sistema productivo que posee muy baja competitividad y además altas pérdidas económicas. Estas pérdidas económicas son generadas principalmente por la mala gestión administrativa y operativa en términos de disponibilidad y rendimiento operacional de las máquinas SIAT. Donde la calidad operacional del proceso no es un factor crítico e influyente en la mala valorización del EGE de las máquinas, debido a que ambas máquinas alcanzaron un ICO sobre el 95% (considerando las pérdidas del ICO, como las generadas por los desperdicios de aluminio para muestras de control de calidad, ajuste de partida en máquinas SIAT y aluminio rechazado en control de calidad).

Las deficiencias en la gestión administrativa y operacional se deben a que actualmente el proceso posee un mal manejo de los recursos humanos dentro del flujo operativo y productivo que conllevan a la producción de aluminio impreso, causando una obstaculización de los recursos humanos, y por consiguiente una mala eficiencia en la utilización de este recurso vital para el proceso (obstaculización generada debido a pérdidas por movilidad de operadores del proceso, organización ineficiente de la producción, deficiencias logísticas, entre otras).

En la Figura 15 se realizó un diagrama de causa-efecto de la disminución en la eficiencia del procesamiento de aluminio que actualmente posee el proceso de impresión de aluminio, realizado en base a las “5M” (mano de obra, medio ambiente, materia prima, métodos y máquinas).

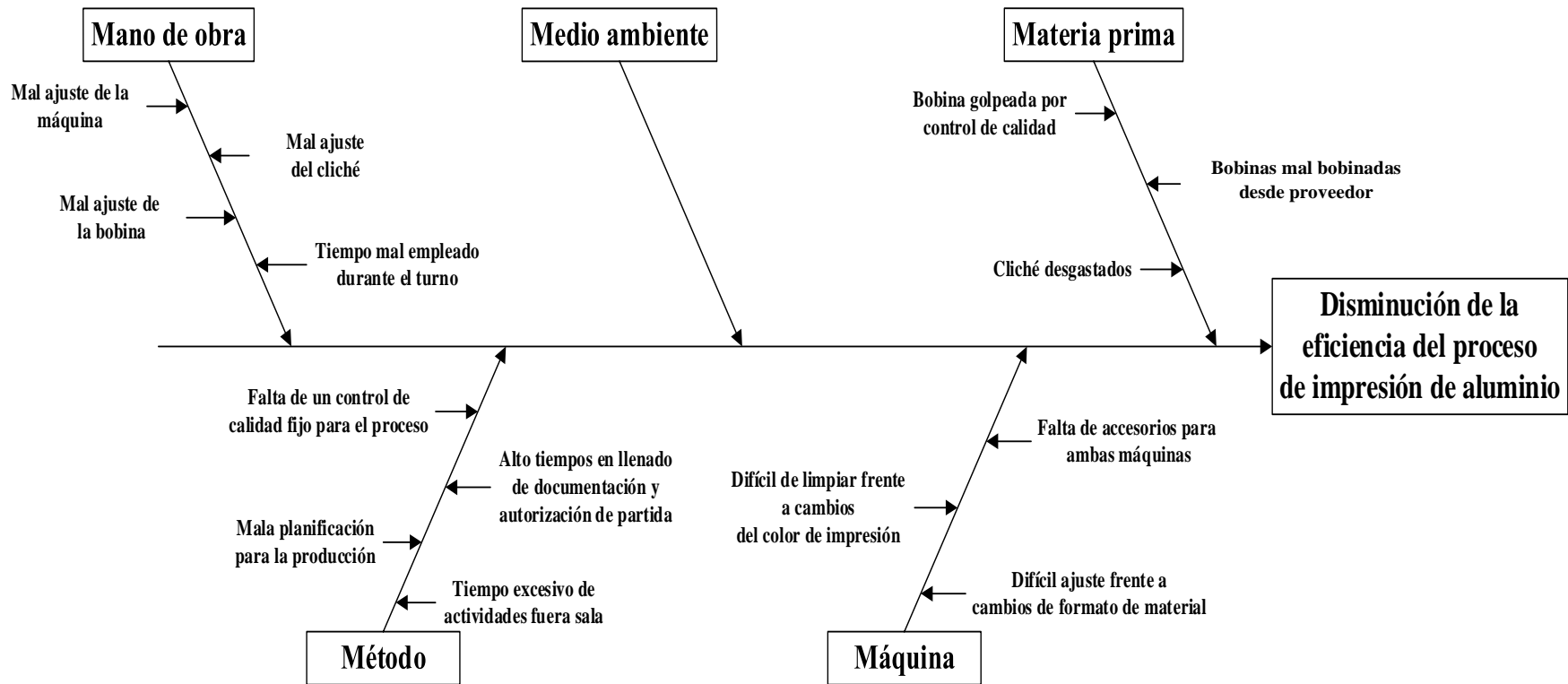


Figura 15. Diagrama de causa-efecto de la disminución de eficiencia del proceso de impresión de aluminio. (Fuente: Elaboración propia).



## 7.2 Propuesta de mejoras focalizadas y planes de acción para el proceso de impresión de aluminio

En este apartado se encuentran las mejoras focalizadas y planes de acción propuestas para generar una mejora del proceso de impresión de aluminio y, por ende, se logre un aumento en la eficiencia de las máquinas SIAT. En el Anexo N°4.1 se exponen de manera más detallada los planes de acción propuestos tras este proyecto.

Tabla 8. Mejoras focalizadas identificadas para aplicar a corto plazo. (Fuente: Elaboración propia).

Mejora focalizada	Descripción	Razón de implementación	Estado
Personal de control de calidad fijo para el proceso	Solicitar al área de control de procesos de la Planta Abbott EPD asignar a una persona fija para el proceso de calidad del aluminio impreso.	Debido al alto tiempo que ocupa esta detención en el proceso y además por la rápida impresión que alcanzan algunos órdenes durante el procesamiento del aluminio virgen en la máquina.	Propuesto
Funcionamiento de la máquina L33/150 en formato de 93 [mm]	Mandar a diseñar piezas para hacer posible la impresión de este formato en la máquina.	Debido al alto nivel de impresión de dicho formato, siendo una probabilidad de nivelar la producción de ambas máquinas.	Propuesto

Tabla 9. Planes de acción a implementar a largo plazo. (Fuente: Elaboración propia).

Plan de acción	Descripción	Razón de implementación	Estado
Implementar una herramienta para secuenciar las ordenes de impresión	Implementar un sistema que permita organizar los tiempos de procesamiento de cada orden de impresión.	Altos cambios en la planificación semanal por parte del área de planificación de la Planta Abbott EPD.	Propuesto
Implementación un nuevo sistema operativo para el proceso	Se basa en idear un nuevo sistema de impresión de bobinas de aluminio basado en la reducción y/o eliminación de las actividades del proceso ejecutadas por el operador fuera de sala.	Alta cantidad de cuellos de botella dentro del flujo operativo del proceso, debido a actividades del operador fuera de sala.	Propuesto

## 8. CONCLUSIÓN

El sistema de gestión MPT implementado en este proyecto construye el primer paso para la solución de los problemas existentes en el proceso de impresión de aluminio de la Planta Abbott EPD Chile, permitiendo identificar, mostrar y proponer mejoras aplicables al proceso a corto y largo plazo, con el fin de aumentar la competitividad del proceso y disminuir las pérdidas económicas que actualmente surgen en él. Este tipo de sistemas de gestión al ser apoyados por metodologías que permiten identificar y cuantificar las pérdidas que baja la eficiencia y efectividad durante el flujo operativo del proceso, se convierten en una herramienta imprescindible para cualquier industria que posee procesos tanto operativos como productivos.

En este proyecto, aunque se trabajó en base al objetivo de aumentar la eficiencia de las máquinas SIAT, se mejora en forma indirecta la productividad del proceso, ya que se implementan propuestas de mejoras en base al aumento de la eficiencia del personal del proceso con el fin de corregir formas actuales de operar.

Las mejoras focalizadas de este proyecto vienen a solucionar a corto plazo las problemáticas que actualmente posee dicho sistema de producción, aumentando la eficiencia de las máquinas de manera rápida a través de la habilitación del formato 93 (mm) en la máquina SIAT L33 y la inclusión al proceso de un personal fijo para realizar el control de calidad del aluminio impreso, generando reducciones considerables en los tiempos de limpieza parcial de las salas de impresión y aumentando en gran medida los tiempos de carga para ambas máquinas del proceso. Dichas mejoras buscan generar una mayor participación de ambos operadores en la producción total de material a lo largo del proceso de impresión, esto en base a la nivelación de la equidad de funcionamiento de las máquinas en términos de variabilidad de formatos de material trabajados y disminución de efectos externos al proceso.

Los planes de acción propuestos tras el proyecto buscan dar una solución más efectiva, pero implementable a largo plazo, solucionando las problemáticas administrativas, operativas y productivas del proceso de impresión de aluminio, esto a través de la entrega de una herramienta para gestionar la secuenciación óptima de la producción de las ordenes de aluminio impreso,

mediante la utilización de una plataforma en Excel elaborada con lenguaje de programación en Visual Basic, que busca solucionar y planificar de mejor manera los repentinos cambios en la programación de producción semanal del proceso, y a su vez distribuir de manera óptima las horas disponibles de las máquinas SIAT. Además, se propone un flujo operativo para el sistema productivo, que busca disminuir la salida de los operadores del proceso desde las salas de impresión. Esto con la finalidad de disminuir la movilidad excesiva del operador entre las distintas salas que componen el recorrido diario del proceso, disminuyendo así la obstaculización en la eficiencia de los recursos humanos en términos de movilidad y mala gestión organizativa del proceso.

Actualmente, el proceso de impresión utilizado cumple con las necesidades de cantidad y calidad de aluminio impreso utilizados a lo largo de las distintas líneas de envasado de la Planta Abbott EPD Chile, no así con los estándares de medición de la metodología EGE que evidencia grandes pérdidas en lo que refiere a disponibilidad y rendimiento operacional de las máquinas SIAT, causados por deficiencias en la gestión operativa y administrativa, movimientos innecesarios del producto y recursos humanos y la organización ineficiente de la línea de producción.

## 9. RECOMENDACIONES

La primera recomendación a la empresa es entregar apoyo al sistema de gestión implementado, mediante la participación de los altos cargos del área de BMEE, en conjunto con los participantes directos del proceso de impresión de aluminio (operadores y coordinadora). Esta participación conjunta facilitará la toma de decisiones y generará mayor apoyo de todos los involucrados en las mejoras dirigidas y planes de acción propuestos.

Otra recomendación es seguir trabajando en mejoras para el proceso de impresión de aluminio, no solo en los aspectos productivos mediante la utilización de sistemas de gestión de manufactura, sino que también buscar mejorar los aspectos administrativos del proceso mediante la aplicación de sistemas de gestión avocados a estos. Esto para aumentar la coordinación entre el flujo operativo de los procesos administrativos y productivos que conllevan al funcionamiento del proceso mismo.

Se recomienda comenzar a invitar a las reuniones del proceso de impresión de aluminio a otras áreas de la Planta Abbott EPD Chile, permitiendo visualizar el status del proceso e identificar qué factores de las otras áreas (área de planificación, producción y control de calidad) afectan más a las metas de productividad propuestas a fines del término de la planificación semanal de proceso.

Como última recomendación sería una buena idea buscar una nueva forma de operar del proceso de impresión de aluminio, esto para aumentar la linealidad y continuidad de trabajo de los operadores dentro del proceso, disminuyendo actividades que interrumpen y no aportan valor económico, esto para aumentar la competitividad del sistema de producción dentro de las propias restricciones del funcionamiento semicontinuo de las máquinas de impresión utilizadas.

## REFERENCIAS

- Abbott Laboratories. (2017). *Empaques Abbott*. Recuperado de <https://youtu.be/Tm9I-ueW80Q>
- Abbott Laboratories. (2019). ABOUT ABBOTT. Recuperado 3 de junio de 2019, de Abbott Laboratories website: <https://www.abbott.com/about-abbott.html>
- Abbott Laboratories Chile. (2019). *LISTADO DE PRODUCTOS REGISTRADOS* (pp. 1–27). pp. 1–27. Santiago, Chile: Departamento de Dirección Técnica.
- Aguilar, C. (2016). ¿Qué herramienta utilizo? kaizen, 5S, Seis Sigma, TPM. Recuperado 10 de junio de 2019, de Causa & Efecto website: <https://cyecompetitividad.wordpress.com/2016/12/13/cuales-herramientas-utilizo-kaizen-5s-6-sigma-tpm-jit/>
- Anastas, M. (1984). Engineering and Other Health Hazard Controls in Oral Contraceptive Tablet-Making Operations. *NIOSH, NTIS*, Pub. No. PB-85-220739.
- Brand Finance. (2019). *Pharma 10 - The annual report on the most valuable and strongest pharma brands*. Estados Unidos.
- CFR Pharmaceuticals. (2014). *MEMORIA ANUAL*. Santiago, Chile.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). *Implementation of total productive maintenance : A case study*. 95, 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Conexiónesan. (2016). Las 6 grandes pérdidas que busca eliminar el Mantenimiento Productivo Total. Recuperado 3 de junio de 2019, de Conexiónesan website: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/05/las-6-grandes-perdidas-que-busca-eliminar-el-mantenimiento-productivo-total/>
- Cruelles, J. (2010). *La Teoría de la Medición del Despilfarro* (2º). España: Artef.
- DIGEMID. (1999). *MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS*. Perú: DIGEMID.

- Dolores, M., & Vidales, G. (1998). *Analogía Flexografica* (1ª ed.; L. Olmos, Ed.). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.
- Euskalit. (2018). *HERRAMIENTAS PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS* (pp. 1–23). pp. 1–23. Euskalit.
- Farmacias ahumada. (2019). Catalogo de Productos. Recuperado 13 de junio de 2019, de <https://www.farmaciasahumada.cl/catalogo-productos/?cpage=1>
- GEO tutoriales. (2013). Reglas de prioridad para la programación de n trabajos en una máquina. Recuperado 22 de julio de 2019, de Gestión de Operaciones website: <https://www.gestiondeoperaciones.net/progrmacion-de-trabajos/regla-de-prioridad-para-la-programación-de-n-trabajos-en-una-máquina/>
- Gómez, C. (2019a). *MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL* (1º). Universitas.
- Gómez, C. (2019b). *MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL* (1º). Universitas.
- Gómez, C. (2019c). *MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL* (1º; Universitas, Ed.).
- Gómez, C. (2019d). *MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL* (1º). Universitas.
- Gómez, C. (2019e). *MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL* (1º). Universitas.
- Ingenieriaindustrialonline. (2018). Eficiencia Global de Equipos (OEE). Recuperado 7 de junio de 2019, de Ingenieriaindustrialonline website: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/eficiencia-general-de-los-equipos-oe/>
- Instituto Tecnológico de Castilla de León. (2008). TPM (Total Productive Management). Recuperado 5 de junio de 2019, de itcl website: <http://www.itcl.es/ificheros/TPM.pdf>
- Larenas, C. (2018). *Recalcine Bodega de Materiales Envase y Empaque P119*. Santiago, Chile: Abbott Laboratories Chile.
- Lean Manufacturing. (2016). TPM: Total Productive Maintenance. Recuperado 10 de junio de 2019, de SistemasOEE website: <https://www.sistemasoe.com/tpm/>
- López, E. (2009a). *El MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL*

- RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN*. Pontificia Universidad Javeriana.
- López, E. (2009b). *EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN*. Pontificia Universidad Javeriana.
- López, E. (2009c). *EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN*. Pontificia Universidad Javeriana.
- López, E. (2009d). *EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Mansilla, N. (2011). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL ( TPM ) PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE GOMA DE MASCAR EN UNA INDUSTRIA NACIONAL*. Universidad de Chile.
- Mansilla, N. (2012). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LA FABRICACIÓN DE GOMA DE MASCAR EN UNA INDUSTRIA NACIONAL*. Universidad de Chile.
- Martínez, G. (2011). *CFR Pharmaceuticals - Apertura en Bolsa*. Recuperado de <https://docplayer.es/78844207-Apertura-en-bolsa-cfr-pharmaceuticals.html>
- Mohr, P. (2012). *PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS EN LÍNEAS DE PROCESOS DE SECCIÓN MANTEQUILLA EN INDUSTRIA LÁCTEA*. Universidad Austral de Chile.
- NOVOTEK. (2018). Explanation of OEE for production people. Recuperado 12 de junio de 2019, de NOVOTEK website: <https://www.novotek.com/en/solutions/overall-equipment-effectiveness/explanation-of-oe>
- Pérez, Raul. (2019). LAS 16 GRANDES PÉRDIDAS INDUSTRIALES – TPM. Recuperado 10 de junio de 2019, de ActionGroup website: <http://www.actiongroup.com.ar/las-16-grandes->

perdidas-industriales-tpm/

Pérez, Raúl. (2019). LOS PILARES DEL TPM. Recuperado 3 de junio de 2019, de ActionGroup website: <http://www.actiongroup.com.ar/los-pilares-del-mantenimiento-productivo-total-hoy/>

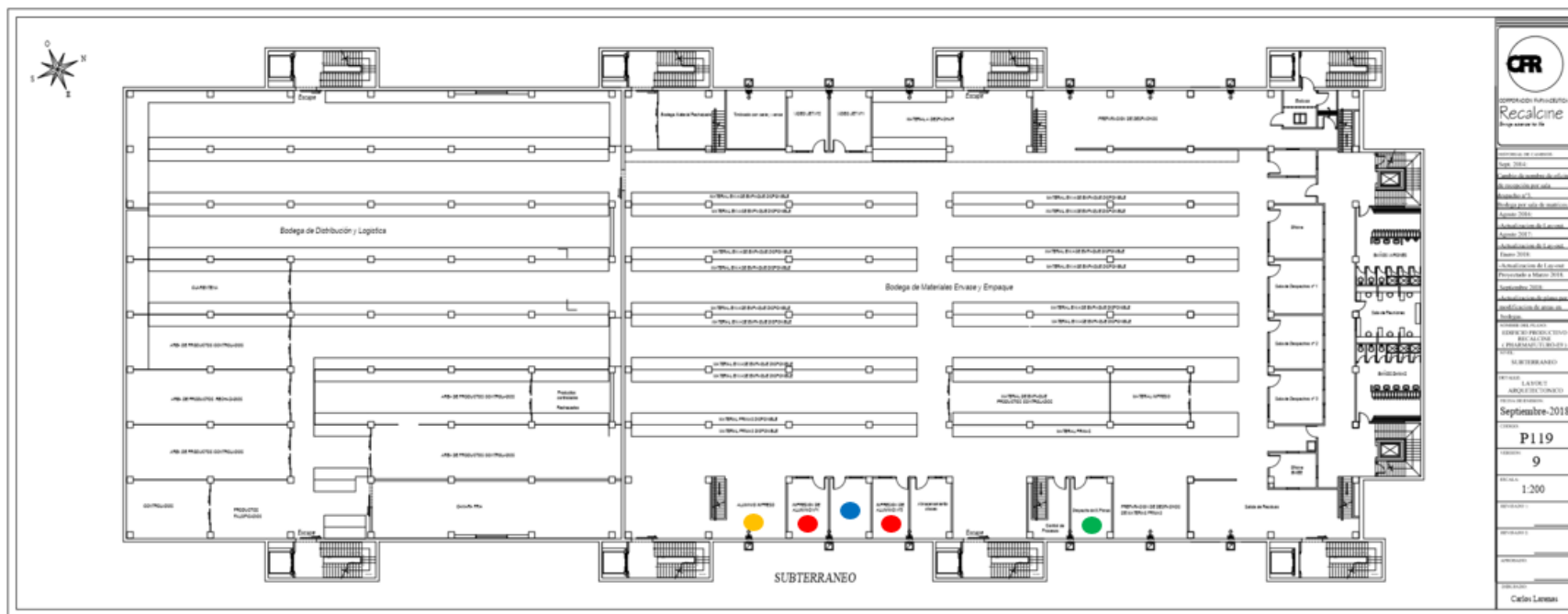
Tait, K. (2012). Industria farmaceutica. En *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO* (3ª ed., pp. 79.01-79.20).

VDMA. (2005). *DIN 8743: Packaging machines and packaging installations , time related definitions , reference factors and calculation fundamentals Translation not certified by DIN . Contents.*



# ANEXO

## Anexo N°1



- Salas de Impresión de Aluminio
- Salas Administrativa del Proceso
- Sala de Control de Calidad
- Bodega de Almacenamiento de Aluminio Impreso

Figura 16. Layout del Área de Bodega de Material de Envase-Empaque y Materias Primas. (Fuente: Larenas, 2018).

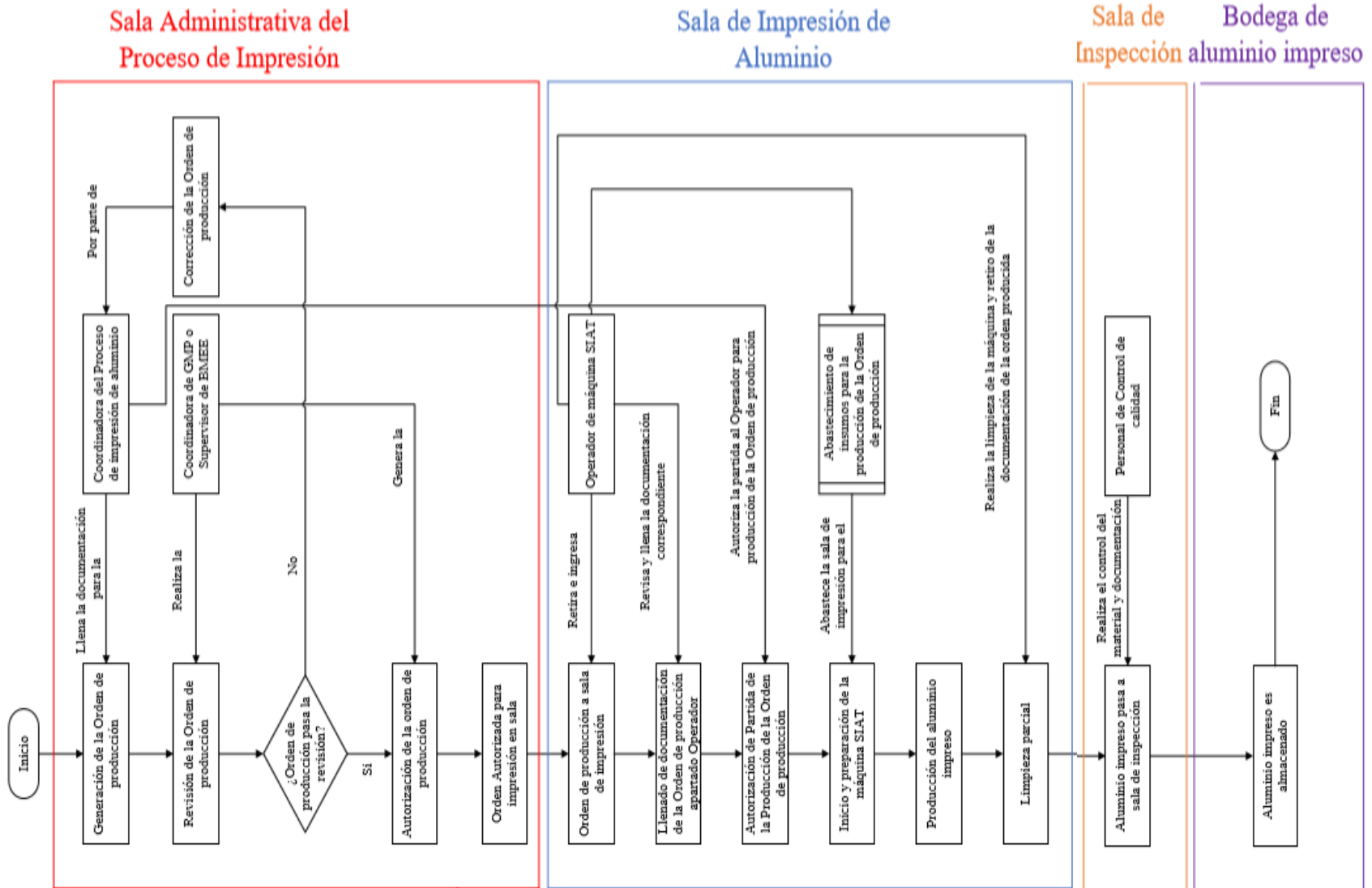


Figura 17. Diagrama de Flujo del actual proceso impresión de aluminio. (Fuente: Elaboración propia).

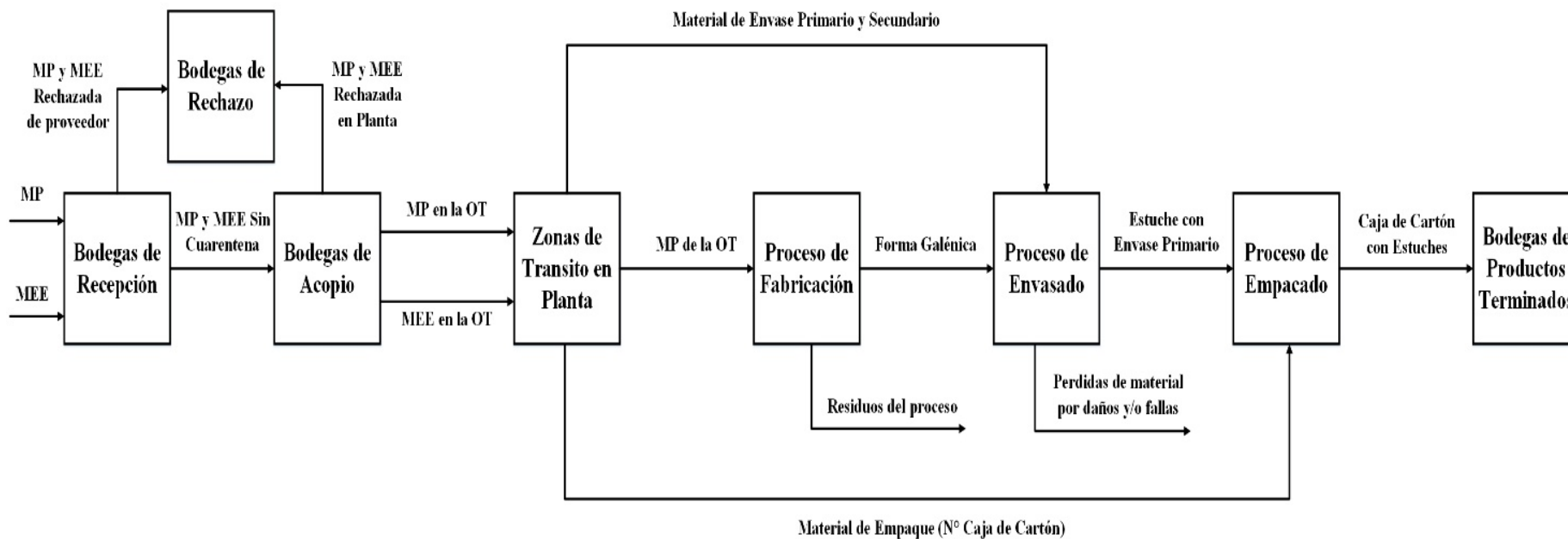


Figura 18. Diagrama de bloques del proceso de producción de un lote de medicamento. (Fuente: Elaboración propia).



Figura 19. Envase primario y secundario de comprimidos recubiertos de Abbott Laboratories Chile.  
(Fuente: Farmacias ahumada, 2019).



Figura 20. Envase primario y secundario de un jarabe de Abbott Laboratories Chile.  
(Fuente: Farmacias ahumada, 2019).



Figura 21. Envase primario y secundario de una crema tópica de Abbott Laboratories Chile.  
(Fuente: Farmacias ahumada, 2019).

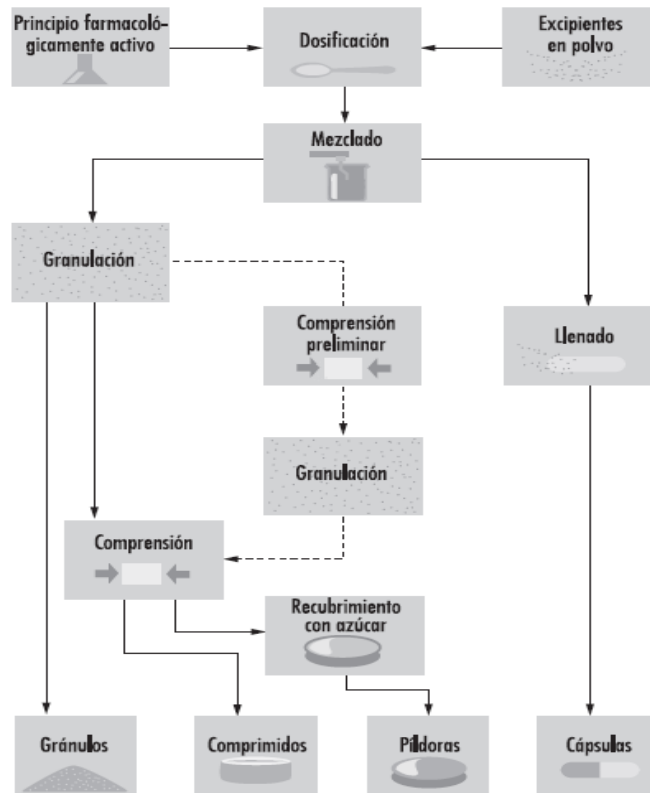
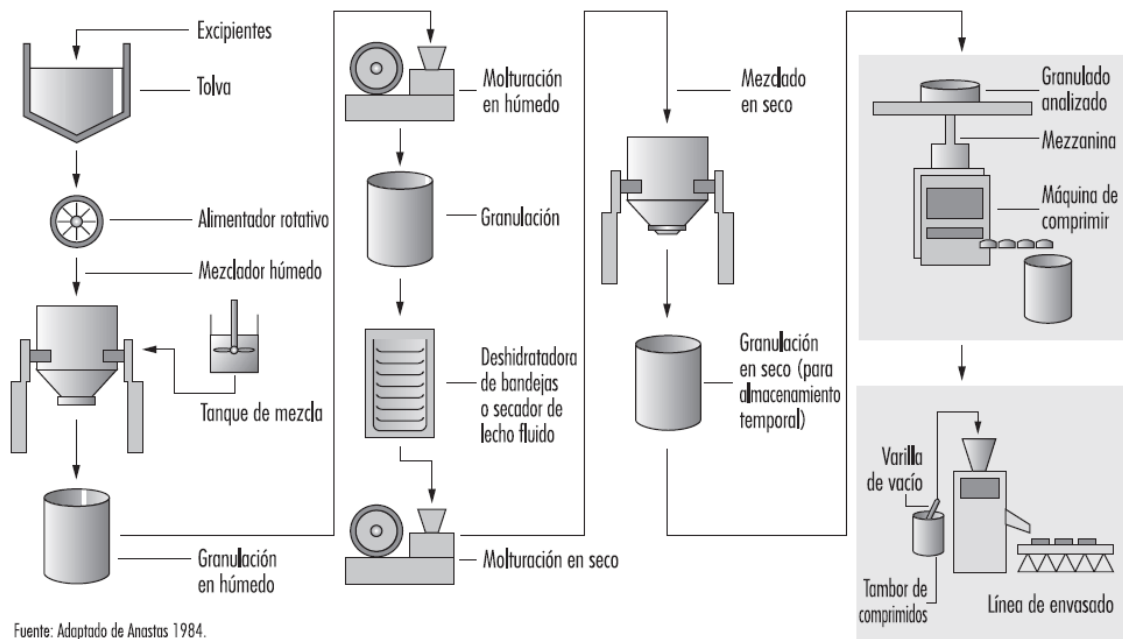


Figura 22. Diagrama de bloque del proceso de fabricación farmacéutica de las formas galénicas sólidas. (Fuente: Tait, 2012).



Fuente: Adaptado de Anastas 1984.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de píldoras anticonceptivas oral típica. (Fuente: Anastas, 1984).



Figura 24. Diagrama de Bloque de las fabricaciones realizadas en toda industria farmacéutica. (Fuente: Tait, 2012).

Anexo N°2

Tabla 10. Evolución de los sistemas de gestión relacionados al mantenimiento. (Fuente: López, 2009d).

Época	Mantenimiento aplicado	Lugar de aplicación
Antes–Principio de Siglo XX	Mantenimiento correctivo: Sistemas enfocados al arreglo de los equipos en función de la aparición de paros o fallas.	Países Industrializados
1916 - 1950	Mantenimiento preventivo: Sistemas enfocados a detectar y tratar las anomalías de los equipos antes de que se causaran defectos o pérdidas.	Estados Unidos
1950 - 1960	Mantenimiento preventivo con enfoques productivos: Sistemas enfocados a mantener la calidad de los productos.	Japón
1970 – 1980	Mantenimiento Productivo Total: Sistema enfocado en la participación de toda persona y/u organización dentro de la compañía.	Japón y Algunos Países Occidentales
1990–Principios de Siglo XXI	Se presentan sistemas gestión del mantenimiento enfocados a la eliminación de desperdicios y pérdidas en cualquier área dentro de la compañía con el fin de tener mayor participación de las organizaciones que la componen.	Globalizado

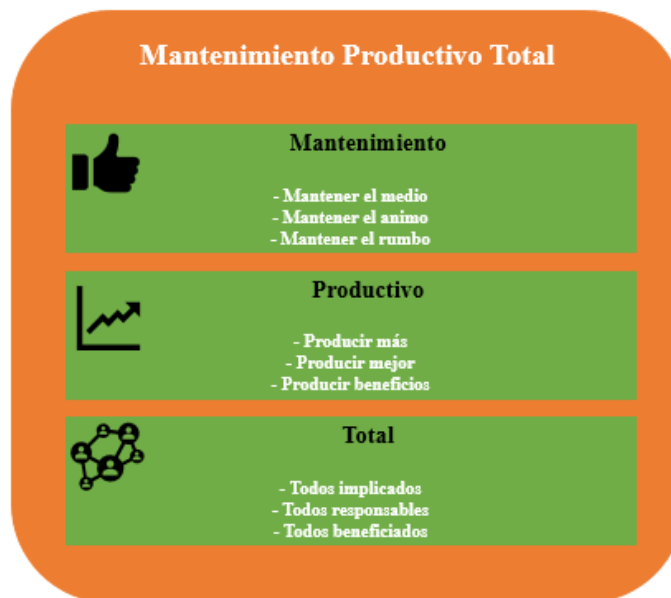


Figura 25. Significado de las siglas del MPT. (Fuente: Instituto Tecnológico de Castilla de León, 2008).

Tabla 11. Objetivos empresariales logrados gracias al MPT. (Fuente: López, 2009a).

Beneficios	Descripción
Operacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor eficiencia de los equipos, grupos de trabajo y procesos.</li> <li>• Cero accidentes, defectos y pérdidas a lo largo de los procesos operativos y productivos.</li> <li>• Uso eficiente de la capacidad instalada.</li> <li>• Maximización de la instalación efectiva y eficazmente por medio de planes oportunos de mantenimiento de los equipos.</li> <li>• Producción lineal y con entregas a tiempo.</li> </ul>
Estratégicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor competitividad operativa y/o productiva frente a otras empresas.</li> <li>• Mayor efectividad de los procesos operativos y/o productivos y sus participantes.</li> <li>• Amplia flexibilidad y capacidad de respuesta de los procesos operativos y/o productivos.</li> <li>• Reducción de costos</li> </ul>
Organizativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercanía entre los participantes activos de los procesos operativos y/o productivos.</li> <li>• Aumenta el buen ambiente laboral.</li> <li>• Fortalece los organigramas y permite el crecimiento personal y profesional.</li> </ul>



Tabla 12. Herramientas claves para la resolución de problemas. (Fuente: Euskalit, 2018).

Herramientas para el tratamiento de ideas	De organización	Diagrama de flujo	Esquematiza actividades secuenciales de un proceso para mejor conocimiento del mismo.
		Tormenta de ideas	Proporciona ideas sobre un tema, con participación y creatividad, para identificar diferentes posibilidades.
		Causa - Efecto	Permite organizar ideas mediante la relación casual, para facilitar su posterior tratamiento.
	De decisión	Selección	Permite priorizar en base a criterios cuantitativos.
Herramientas para el tratamiento de datos	De organización	Hoja recogida de datos	Permite la recolección planificada y ordenada de los datos.
		Histograma	Permite la organización de datos para el análisis de variables de un proceso o un suceso.
		Estratificación	Permite la ordenación de datos en grupos homogéneos respecto a una variable.
	De decisión	Diagrama de Pareto	Permite la priorización en base a criterios cuantitativos.
		Diagrama de dispersión	Permite la detección de correlaciones entre dos variables.

## Anexo N°2.1 Cálculo del índice de Eficiencia Global de Equipos

### Anexo N°2.1.1 Definición de los distintos tiempos desglosados

- Tiempo de calendario: Corresponde al tiempo completo dentro de un calendario de trabajo considerando los fines de semana y días festivos.
- Tiempo de funcionamiento: Corresponde al tiempo efectivo dentro de un calendario de trabajo donde debe tener funcionamiento la máquina, sin considerar el tiempo no programado (fines de semana y/o días feriados).
- Tiempo disponible: Corresponde al tiempo donde la máquina está disponible para su operación, sin interferencia de paradas programadas por planificación, mantención planificadas de la máquina, entre otras.

Tipos de paradas programadas:

- Mantención preventiva.
  - Modificaciones o instalaciones de ingeniería por proyectos.
  - Ensayos para el desarrollo de nuevos productos.
  - Sin programación de producción por planificación, otros.
- Tiempo de carga: Corresponde al tiempo planificado para la máquina que incluye tiempo para la preparación previa o tiempo destinado a dejar la máquina en condiciones óptimas de operación para otra orden de producción (estos tiempos se consideran restricciones externas puestas que son propias del sistema de producción que posee la máquina, y pueden estar o no consideradas dentro de las paradas planificadas del sistema de producción).

Restricciones externas:

- Preparaciones de material, codificación de variables de proceso, otros.
  - Armado y ajustes de la máquina.
  - Lavado y sanitización de la máquina para otro procesamiento de material.
  - Chequeos de equipos o material.
- Tiempo de operación: Es el tiempo ideal destinado para la producción de material en la máquina y se ve afectado por tiempos utilizados en paradas menores y/o paradas no planificadas durante el procesamiento del material.

Tipos de paradas no programadas:

- Fallos u averías de la máquina
  - Tiempo empleado en el cambio de materias primas en mal estado para la producción.
  - Tiempos muertos durante el proceso de producción.
  - Capacitaciones o entrenamientos para los operadores.
  - No hay operadores para continuar con la producción, otros.
- Tiempo ideal de producción: Es igual al tiempo de operación de la máquina en una línea de producción.

- Tiempo real de producción: Corresponde al tiempo donde la producción de material en la máquina se ve afectado por las reducciones de velocidad en esta o también la reducción de velocidad generada tras detenciones menores.
- Tiempo de valor agregado: Corresponde al tiempo de producción en la máquina donde el material sí pasa los controles de calidad propios del proceso, por tanto, este tiempo se ve afectado por los tiempos de no calidad del material y/o reprocesos que posea el mismo.

#### Anexo N°2.1.2 Formas para el cálculo del el Índice de Eficiencia Global de Equipos

La ecuación global utilizada para el cálculo del EGE, se muestra en la Ecuación 1.

$$EGE = \frac{TVA}{TC} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde;

EGE: Eficiencia Global de Equipos (adimensional).

TVA: Tiempo de valor agregado.

TC: Tiempo de Carga.

Pero a su vez, el EGE puede ser calculado utilizando los 3 factores medibles esenciales de cualquier sistema de producción (disponibilidad, rendimiento y calidad de una línea de producción), como se muestra en la Ecuación 2.

$$EGE = IDO * IRO * ICO \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde;

EGE: Eficiencia Global de Equipos (adimensional).

IDO: Índice de Disponibilidad Operacional (adimensional).

IRO: Índice de Rendimiento Operacional (adimensional).

ICO: Índice de Calidad Operacional (adimensional).

#### Anexo N°2.1.2.1 Índice de Disponibilidad Operacional

El Índice de disponibilidad operacional viene a cuantificar los efectos generados por las pérdidas de paradas no planificadas y/o paradas menores que ocurren durante un determinado periodo de producción, y por ende afectan el tiempo de uso de dicho equipo en el proceso de producción. Esta cuantificación es calculada por medio de la Ecuación 3.

$$IDO = \frac{TO}{TC} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde;

IDO: Índice de disponibilidad operacional (Adimensional).

TO: Tiempo de operación.

TC: Tiempo de carga.

El cálculo de TO y TC se realiza por medio de la Ecuación 4 y Ecuación 5.

$$TC = TF - TPP \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde;

TC: Tiempo de carga.

TF: Tiempo de funcionamiento.

TPP: Tiempo de paradas planificadas.

$$TO = TC - TPNP \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde;

TO: Tiempo de operación.

TC: Tiempo de carga de la máquina.

TPNP: Tiempo de paradas no planificadas.

#### Anexo N°2.1.2.2 Índice de Rendimiento Operacional

El Índice de rendimiento operacional viene a cuantificar las pérdidas por reducciones de velocidad sufridas por el equipo durante un determinado periodo de producción, y se calcula según la Ecuación 6.

Para esto se utiliza la definición de que el rendimiento resulta de la división existente entre la cantidad de material realmente producido con la cantidad material que idealmente pudo producirse en la máquina. Ideal de producción que ocurriría al utilizar la disponibilidad completa en la máquina. (Cruelles, 2010).

$$IRO = \frac{N^{\circ} \text{ Total de unidades}}{TO * \text{Capacidad nominal}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde;

IRO: Índice de rendimiento operacional (adimensional).

N° Total de unidades: Número total de unidades producidas por el proceso.

TO: Tiempo de operación de la máquina.

Capacidad nominal: Velocidad máxima u óptima de la máquina.

Para hacer uso de la Ec.6. Es necesario obtener la capacidad nominal de la máquina, que se define como la velocidad máxima u óptima equivalente de una máquina, calculado por medio del número de unidades por hora producido en dicha máquina (VDMA, 2005).

Este dato puede ser obtenido de la información proporcionada por el fabricante de la máquina, aunque muchas veces puede ser un referencial aproximado, ya que este dato puede variar considerablemente según las condiciones de uso de la máquina en el proceso de producción utilizado. Es por lo anterior mencionado que es necesario realizar mediciones para determinar este valor referencial de la máquina (incluyendo el cambio de velocidad generados por los cambios de formato y/o presentación del material producido en la línea) (Mohr, 2012).

### Anexo N°2.1.2.3 Índice de Calidad Operacional

El Índice de calidad operacional cuantifica las pérdidas generadas por tiempos utilizados para la producción de material defectuoso y tiempos utilizados para reproceso de material, este es calculado por medio de la Ecuación 7.

$$ICO = \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades conformes}}{\text{N}^\circ \text{ total de unidades}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde;

ICO: Índice de calidad operacional (adimensional).

N° de unidades conformes: Número de unidades producidas conformes por calidad.

N° de unidades totales: Número total de unidades producidas en el proceso.

El cálculo del N° total de unidades producidas es calculado por medio de la Ecuación 8.

$$\text{N}^\circ \text{ total de unidades} = \text{N}^\circ \text{ de unidades conformes} + \text{N}^\circ \text{ de unidades no conformes} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde;

N° total de unidades: Número total de unidades producidas en proceso.

N° de unidades conformes: Número de unidades producidas conformes por calidad.

N° de unidades no conformes: Número de unidades producidos no conformes por calidad.

## Anexo N°2.2 Herramientas para la resolución de problemas utilizadas durante el proyecto

### Anexo N°2.2.1 Diagrama de Pareto

Esta herramienta tiene el objetivo de jerarquizar los diferentes factores que contribuyen a un determinado efecto, identificando cuantitativamente aquellos factores que tienen mayor incidencia (poco vitales) y aquellos que son poco significativos (mucho triviales). A partir de esa comparación ordena los distintos factores de una forma decreciente (Euskalit, 2018).

1. Preparación de los datos
  - Efecto
  - Factores que contribuyen al efecto
  - Contribución de cada factor al efecto
2. Cálculo de las contribuciones parciales y totales y ordenación de los elementos incluidos en el análisis
3. Calcular el porcentaje y el porcentaje acumulado para cada elemento de la lista ordenada
4. Trazar y rotular los ejes del diagrama:
  - Magnitud del efecto / eje vertical izquierdo
  - Factores / eje horizontal
  - % acumulado de contribución / eje vertical derecho
5. Dibujar gráfico de barras con las magnitudes de contribución al efecto de cada factor
6. Trazar el gráfico lineal correspondiente al porcentaje acumulado
7. Identificar:
  - Los "pocos vitales"
  - Los "muchos triviales"

Figura 26. Procedimiento para la realización de un Diagrama de Pareto. (Fuente: Euskalit, 2018).

Tabla 13. Ejemplo de una Tabla base para la realización de un Diagrama de Pareto. (Fuente: Euskalit, 2018).

CAUSA PARADA	Nº VECES	%	% ACUMULADO
Averia máquina A	41	49	49
Mat. Prima defectuosa	24	29	78
Mat. Auxiliar defectuosa	10	12	90
Averia maquina B	5	6	96
Varios	4	4	100
TOTAL	84	100	-



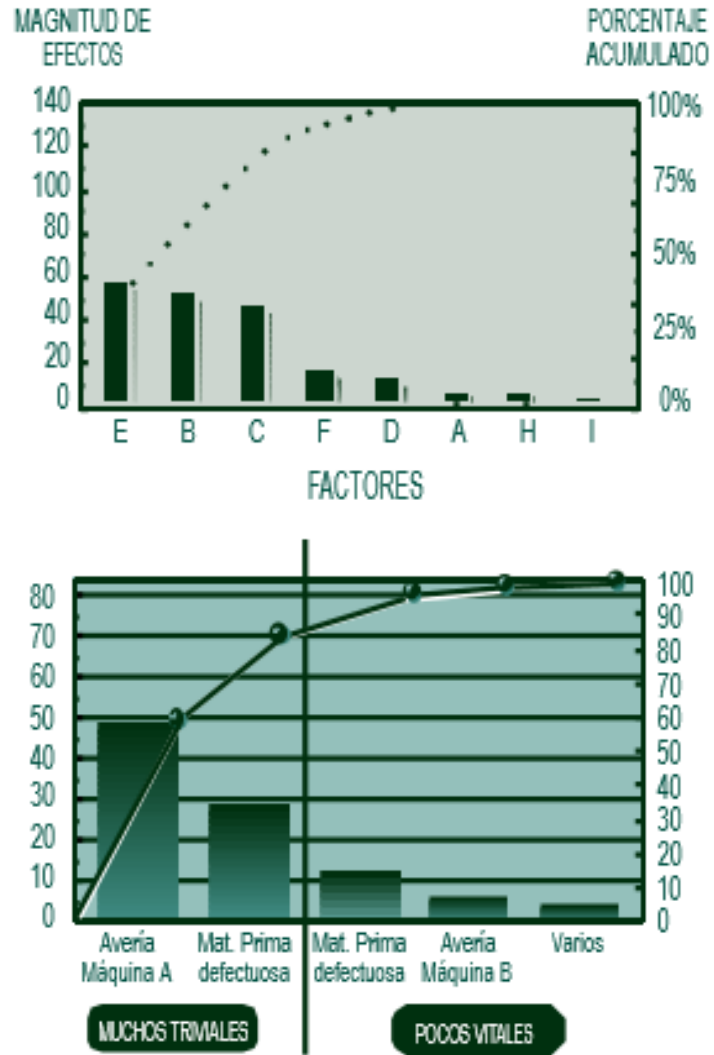


Figura 27. Ejemplo de un Diagrama de Pareto. (Fuente: Euskalit, 2018).

#### Anexo N°2.2.2 Diagrama de Causa – Efecto

Esta herramienta es una representación gráfica que pretende mostrar la relación de la causal e hipotética de los distintos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado. (Euskalit, 2018).

1. Definir el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas
  - Sencillez
  - Específico
  - No sesgado
2. Iniciar la construcción con el efecto en un rectángulo y una flecha horizontal apuntándole
3. Identificar posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno en estudio
  - Tormenta de Ideas
  - Proceso Lógico
4. Identificar causas principales
5. Añadir causas secundarias a cada rama principal
6. Añadir causas subsidiarias a las causas secundarias hasta llegar a causas raíz
7. Comprobar la "cadena causal"
8. Conclusión

Figura 28. Procedimiento para la realización de un Diagrama de Causa – Efecto. (Fuente: Euskalit, 2018).



Figura 29. Ejemplo de un Diagrama de Causa – Efecto. (Fuente: Euskalit, 2018).

### Anexo N°2.2.3 Diagramas de flujo

Esta herramienta gráfica se realiza para secuenciar los pasos para la realización de un cierto resultado, siendo esta herramienta de usos muy variada, ya que puede ser utilizada para secuenciar un proceso, servicio o bien combinaciones de ambas (Euskalit, 2018).

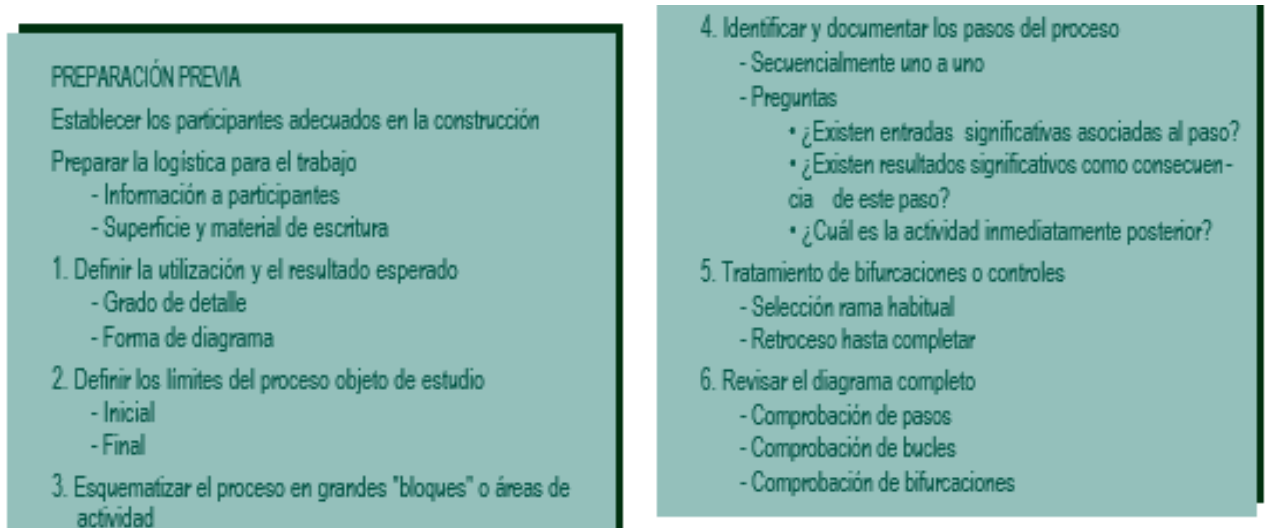


Figura 30. Procedimiento para la construcción de un Diagrama de Flujo. (Fuente: Euskalit, 2018).

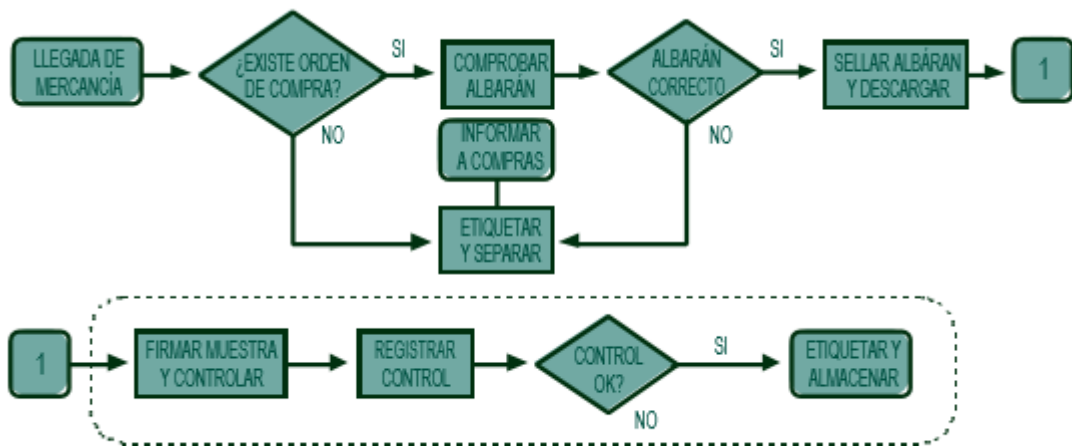


Figura 31. Ejemplo de un Diagrama de Flujo (Fuente: Euskalit, 2018).

Anexo N°3

Tabla 14. Carta Gantt Resumida del Proyecto. (Fuente: Elaboración propia).

Nombre de tarea	Comienzo	Fin
<b>Elaboración de propuesta para la HP</b>	<b>lun 01-04-19</b>	<b>jue 04-04-19</b>
<b>Entrega de la propuesta de HP</b>	<b>vie 05-04-19</b>	<b>vie 05-04-19</b>
<b>Selección del método de mejora continua</b>	<b>lun 08-04-19</b>	<b>vie 19-04-19</b>
<b>Recopilación bibliográfica del método de mejora continua seleccionado</b>	<b>sáb 20-04-19</b>	<b>mié 24-04-19</b>
<b>Preparación</b>	<b>vie 12-07-19</b>	<b>jue 18-07-19</b>
Tarea 1. Creación de registros de medición	jue 25-04-19	vie 26-04-19
Tarea 2. Medición de la capacidad nominal de las máquinas	lun 29-04-19	mar 14-05-19
Tarea 3. Creación de la planilla de datos	mié 15-05-19	mié 22-05-19
tarea 4. Capacitación a los operadores en el uso de los registros	jue 23-05-19	vie 24-05-19
<b>Plan de medición</b>	<b>lun 27-05-19</b>	<b>lun 08-07-19</b>
Tarea 1. Mediciones de prueba de los datos	lun 27-05-19	vie 31-05-19
Tarea 2. Mediciones de los datos	lun 03-06-19	vie 12-07-19
Tarea 3. Analisis de los datos	lun 01-07-19	dom 07-07-19
Tarea 4. Generación los reportes semanales y el reporte mensual	lun 08-07-19	lun 08-07-19
<b>Plan de acción</b>	<b>mar 09-07-19</b>	<b>vie 19-07-19</b>
Tarea 1. Propuestas de mejoras a la empresa	mar 09-07-19	mié 10-07-19
Tarea 2. Estandarización de las mejoras	jue 11-07-19	jue 18-07-19
Tarea 3. Capacitación a los participantes de la mejora	vie 19-07-19	vie 19-07-19
<b>Elaboración de informe para la HP</b>	<b>lun 27-05-19</b>	<b>lun 22-07-19</b>
<b>Elaboración de informe para la empresa</b>	<b>lun 22-07-19</b>	<b>vie 26-07-19</b>
<b>Entrega de informe para la empresa</b>	<b>lun 29-07-19</b>	<b>lun 29-07-19</b>



REGISTRO DE MARCHA DE LAS MÁQUINAS SIAT  
EN SALAS DE IMPRESIÓN DE ALUMINIO



\*\* Datos Iniciales del Registro\*\*

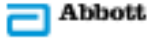
Operador:	
Sala:	
Fecha:	
Turno Operador:	
Modelo Máquina:	

Hora Inicio	Hora término	Impreso Kg	Merma Kg	Nº Orden
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			
:	:			

Firma Abbott Operador

Firma Abbott Supervisor

Figura 32. Registro de tiempo y producción de la marcha productiva de las máquinas SIAT en el proceso de impresión de aluminio. (Fuente: Elaboración propia).



**REGISTRO DE DETENCIONES PLANIFICADAS Y NO PLANIFICADAS DE LAS MÁQUINAS SIAT EN SALAS DE IMPRESIÓN DE ALUMINIO**



\*\* Datos Iniciales del Registro\*\*

Operador:	
Sala:	
Fecha:	
Turno Operador:	
Modelo Máquina:	

Hora Inicio	Hora término	Nº de Detención	Descripción / Causa
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		
:	:		

\_\_\_\_\_  
Firma Abbott Operador

\_\_\_\_\_  
Firma Abbott Supervisor

Figura 33. Planilla utilizada para el registro de tiempo de las detenciones planificadas y no planificadas dentro del proceso de impresión de aluminio. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 15. Capacidad nominal de las máquinas SIAT por formato de material. (Fuente: Elaboración propia).

FORMATO DEL MATERIAL (mm)	CAPACIDAD NOMINAL (kg/min)	RELACIÓN (m/kg)	CAPACIDAD NOMINAL PROMEDIO (m/min)
93	0,196	167	32,8
155	0,328	100	
175	0,395	83	

La capacidad nominal de la Tabla x se calculó para cada formato de los productos producidos en el proceso de impresión de aluminio, para homogenizar la capacidad nominal a un valor único, se utilizó la unidad de producción propia de la máquina (metro lineal de material).

Anexo N°4

Tabla 16. EGE registrado a lo largo de las mediciones del mes de junio en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

FECHA	TD (min)	TPP (min)	TC (min)	TPNP (min)	TO (min)	IMPRESIÓN BUENA (m)	IMPRESIÓN MALA (m)	CAPACIDAD NOMINAL (m/min)	IDO	IRO	ICO	EGE
03/06/19	600	0	600	357	243	5498	195	32,8	41%	73%	97%	28%
04/06/19	600	0	600	236	364	7004	430		61%	63%	94%	36%
05/06/19	600	120	480	247	233	4834	46		49%	65%	99%	31%
06/06/19	600	0	600	280	320	6080	1913		53%	77%	76%	31%
07/06/19	540	0	540	105	435	12466	286		81%	91%	98%	71%
10/06/19	660	0	660	208	452	9839	167		68%	69%	98%	46%
11/06/19	600	0	600	334	266	5471	109		44%	65%	98%	28%
12/06/19	600	106	494	160	334	8472	39		68%	79%	100%	53%
13/06/19	600	120	480	397	83	1443	36		17%	55%	98%	9%
14/06/19	600	0	600	211	389	8897	100		65%	72%	99%	46%
17/06/19	600	0	600	202	398	9893	125		66%	78%	99%	51%
18/06/19	600	30	570	286	284	6828	94		50%	75%	99%	37%
19/06/19	660	0	660	191	469	10210	134		71%	68%	99%	48%
20/06/19	660	185	475	174	301	7423	46		63%	77%	99%	48%
21/06/19	600	0	600	147	453	11244	60		76%	77%	99%	58%
22/06/19	480	0	480	153	327	6674	81		68%	64%	99%	43%
24/06/19	600	0	600	209	391	10532	75		65%	84%	99%	54%
25/06/19	660	0	660	188	472	11365	68		72%	75%	99%	53%
26/06/19	660	0	660	201	459	9010	107		70%	61%	99%	42%
27/06/19	720	225	495	281	214	3506	99		43%	52%	97%	22%



Tabla 17. EGE registrado a lo largo de las mediciones del mes de junio en sala de impresión N°3. (Fuente: Elaboración propia).

FECHA	TD (min)	TPP (min)	TC (min)	TPNP (min)	TO (min)	IMPRESIÓN BUENA (m)	IMPRESIÓN MALA (m)	CAPACIDAD NOMINAL (m/min)	IDO	IRO	ICO	EGE
03/06/19	540	0	540	483	57	1564	69	32,8	11%	89%	96%	9%
04/06/19	540	0	540	365	175	3835	141		32%	70%	96%	22%
05/06/19	540	140	400	354	46	1035	55		12%	73%	95%	8%
06/06/19	540	20	520	361	159	2724	48		31%	54%	98%	16%
07/06/19	540	0	540	407	133	2645	70		25%	63%	97%	15%
10/06/19	660	0	660	459	201	4401	60		30%	68%	99%	20%
11/06/19	660	0	660	369	291	4507	81		44%	48%	98%	21%
12/06/19	540	0	540	274	266	3865	80		49%	45%	98%	22%
13/06/19	660	172	488	319	169	3328	44		35%	61%	99%	21%
14/06/19	540	0	540	359	181	3850	83		34%	66%	98%	22%
17/06/19	540	0	540	448	92	1176	48		17%	40%	96%	6%
18/06/19	540	0	540	125	415	4733	57		77%	35%	99%	27%
19/06/19	660	0	660	463	197	4809	145		30%	76%	97%	22%
20/06/19	540	120	420	357	63	1558	186		15%	77%	89%	10%
21/06/19	480	0	480	406	74	1614	384		15%	68%	81%	8%
22/06/19	480	0	480	264	216	2659	50		45%	38%	98%	17%
24/06/19	660	0	660	488	172	2267	529		26%	41%	81%	9%
25/06/19	660	0	660	400	260	4192	94		39%	50%	98%	19%
26/06/19	660	0	660	371	289	4952	385		44%	53%	93%	22%
27/06/19	540	120	420	317	103	2153	237		25%	65%	90%	14%
28/06/19	540	0	540	337	203	3678	330	38%	56%	92%	19%	



Figura 34. Ejemplo del reporte semanal de eficiencia del proceso de impresión de aluminio. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 18. Planilla de datos para el pareto de tiempo en sala de impresión N°1. (Fuente : Elaboración propia).

<b>N° ACCIÓN</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>%</b>	<b>TIEMPO ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
1	Limpieza de la máquina y llenado de documentación final	766	14%	766	14%
2	Sala de inspección ocupada por control en proceso de una orden impresa	722	13%	1488	27%
3	Ingreso y salida de BMEE / sin operador	632	12%	2120	39%
4	Preparación y ajuste para la producción de la máquina	544	10%	2664	49%
5	Colación y descansos del operador	507	9%	3171	58%
6	Ingreso y salida de área blanca	407	7%	3578	66%
7	Falta de orden de impresión o cliché para la orden de impresión	397	7%	3975	73%
8	Abastecimiento para la orden de impresión	375	7%	4350	80%
9	Autorización de partida y llenado de documentación inicial	324	6%	4674	86%
10	Rebobinado de bobinas	246	5%	4920	90%
11	Despeje de las bobinas y documentación de la sala	218	4%	5138	94%
12	Capacitaciones y/o entrenamientos para el operador	139	3%	5277	97%
13	Retiro de documentación para la orden de impresión	75	1%	5352	98%
14	Problemas con cliché	44	1%	5396	99%
15	Otro tipo de detención no planificada	31	1%	5427	100%
16	Problemas con la bobina	15	0%	5442	100%
17	Dar ubicación al aluminio en bodega	6	0%	5448	100%
18	Problemas con la máquina	0	0%	5448	100%

Tabla 19. Planilla de datos para el pareto de frecuencia en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

N° ACCIÓN	ACCIÓN	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
1	Ingreso y salida de área blanca	150	24%	150	24%
2	Preparación y ajuste para la producción de la máquina	78	13%	228	37%
3	Retiro de documentación para la orden de impresión	75	12%	303	49%
4	Limpieza de la máquina y Llenado de documentación final	72	12%	375	60%
5	Despeje de las Bobinas y documentación de la sala	70	11%	445	72%
6	Autorización de partida y llenado de documentación inicial	53	9%	498	80%
7	Sala de inspección ocupada por control en proceso de una orden	42	7%	540	87%
8	Abastecimiento para la orden	36	6%	576	93%
9	Falta de orden o clisse para la orden	12	2%	588	95%
10	Colación/descansos del operador	10	2%	598	96%
11	Ingreso/salida de BMEE/sin operador	7	1%	605	97%
12	Problemas con clisse	7	1%	612	98%
13	Rebobinado de bobinas	3	0%	615	99%
14	Capacitaciones/Entrenamientos para el operador	3	0%	618	99%
15	Problemas con la Bobina	2	0%	620	100%
16	Dar ubicación al alumnio en bodega	1	0%	621	100%
17	Otro tipo de detención no planificada	1	0%	622	100%
18	Problemas con la máquina	0	0%	622	100%

Tabla 20 . Planilla de datos para el pareto de tiempo en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

<b>N° ACCIÓN</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>%</b>	<b>TIEMPO ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
1	Limpieza de la máquina y Llenado de documentación final	1198	16%	1198	16%
2	Sala de inspección ocupada por control en proceso de una orden	1033	14%	2231	30%
3	Colación/descansos del operador	780	11%	3011	41%
4	Preparación y ajuste para la producción de la máquina	739	10%	3750	51%
5	Autorización de partida y llenado de documentación inicial	673	9%	4423	60%
6	Ingreso/salida de área blanca	554	7%	4977	67%
7	Dar ubicación al alumnio en bodega	460	6%	5437	74%
8	Otro tipo de detención no planificada	410	6%	5847	79%
9	Abastecimiento para la orden	382	5%	6229	84%
10	Ingreso/salida de BMEE/sin operador	234	3%	6463	87%
11	Falta de orden o clisse para la orden	232	3%	6695	91%
12	Despeje de las Bobinas y documentación de la sala	213	3%	6908	94%
13	Capacitaciones/Entrenamientos para el operador	184	2%	7092	96%
14	Problemas con clisse	114	2%	7206	98%
15	Problemas con la Bobina	75	1%	7281	99%
16	Retiro de documentación para la orden	72	1%	7353	100%
17	Problemas con la máquina	35	0%	7388	100%
18	Rebobinado de bobinas	0	0%	7388	100%

Tabla 21. Planilla de datos para el pareto de frecuencia en sala de impresión N°1. (Fuente: Elaboración propia).

<b>N° ACCIÓN</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>%</b>	<b>FRECUENCIA ACUMULADA</b>	<b>% ACUMULADO</b>
1	Ingreso/salida de área blanca	140	20%	140	20%
2	Autorización de partida y llenado de documentación inicial	74	11%	214	31%
3	Retiro de documentación para la orden	72	10%	286	42%
4	Preparación y ajuste para la producción de la máquina	71	10%	357	52%
5	Limpieza de la máquina y Llenado de documentación final	71	10%	428	62%
6	Despeje de las Bobinas y documentación de la sala	70	10%	498	73%
7	Otro tipo de detención no planificada	34	5%	532	78%
8	Dar ubicación al alumno en bodega	31	5%	563	82%
9	Sala de inspección ocupada por control en proceso de una orden	29	4%	592	86%
10	Abastecimiento para la orden	28	4%	620	90%
11	Ingreso/salida de BMEE/sin operador	17	2%	637	93%
12	Colación/descansos del operador	14	2%	651	95%
13	Problemas con clisse	11	2%	662	97%
14	Problemas con la Bobina	9	1%	671	98%
15	Falta de orden o clisse para la orden	9	1%	680	99%
16	Capacitaciones/Entrenamientos para el operador	5	1%	685	100%
17	problemas con la máquina	1	0%	686	100%
18	Rebobinado de bobinas	0	0%	686	100%

## Anexo N°4.1 Planes de acción

### Anexo N°4.1.1 Plan de acción para secuenciar la producción del proceso de impresión de aluminio

Este plan de acción surge a raíz de la necesidad de planificar la producción considerando los repentinos cambios en la programación, generadas por órdenes de producción no informadas (fuera de programa y adicionales a la orden).

La solución ideada busca planificar la producción del proceso a nivel diario y semanal, esto para alcanzar las cuotas de producción del proceso (dar finalización a las programaciones semanales de producción del proceso de impresión), pero con una misión importante disminuir la utilización de horas extras de producción, que generan el aumento de tiempos de nula ganancia y además suman un costo en pago de horas extras a los operadores de las máquinas.

Esta solución se basa en la implementación de una plataforma en Excel con la ayuda de Microsoft Visual Basic, la cual posee programado 5 sistemas de secuenciación para la producción, junto con una tabla comparativa de los modelos para seleccionar la secuencia de producción más óptima a utilizar durante el día y/o semana de producción.

#### Anexo N°4.1.1.1 Modelos de secuenciación programados

Los modelos programados son los siguientes (GEO tutoriales, 2013):

- FIFO: Modelo de producción que secuencia los trabajos según el orden de llegada de estos.
- LIFO: Modelo de producción que secuencia la producción inversamente al modelo FIFO.
- SPT: Modelo de producción que secuencia el tiempo de procesamiento de los trabajos en orden creciente.
- LPT: Modelo de producción que secuencia el tiempo de procesamiento de los trabajos en orden decreciente.
- EDD: Modelo de producción que secuencia los trabajos según su fecha de entrega (se producen primero los que están pronto a vencer).

Anexo N°4.1.1.2 Utilización del programa

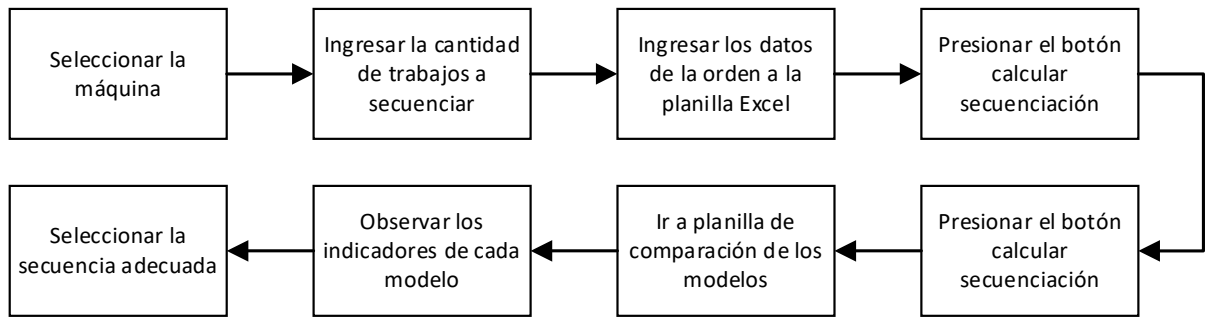


Figura 35. Diagrama de flujo de la forma de utilizar el programa de secuenciación presente en Excel. (Fuente: Elaboración propia).

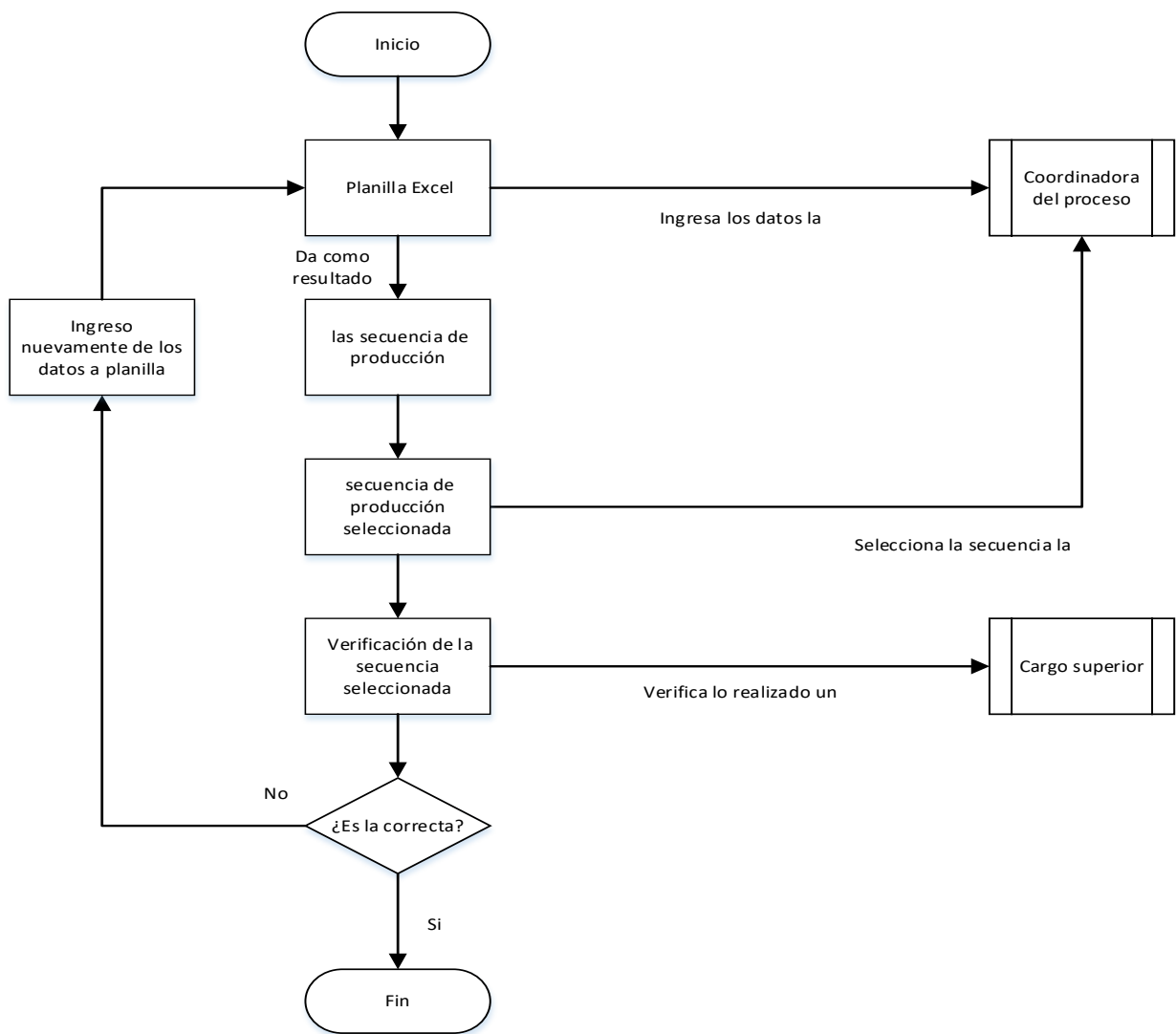


Figura 36. Diagrama de flujo con las obligaciones para personal del área de bodega de material envase-empaque y materias primas. (Fuente: Elaboración propia).



Anexo N°4.1.1.3 Imágenes de la planilla Excel y código de programación en Visual Basic.



Figura 37. Formulario de ingreso del número de trabajos. (Elaboración propia).

	A	B	C	D	E	F
1						
2	N° Orden					
3	Masa (kg)					
4	Formato					
5	Color					
6	Fecha Ingreso					
7	Fecha entrega					
8	Tiempo operación					
9	Fecha Termino					
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

FIFO | LIFO | SPT | LPT | EDD | Comparacion

Figura 38. Planilla de Excel a llenar. (Elaboración propia).

```

Private Sub CommandButton1_Click()
    TotalTrabajos = TextBox1
    Hoja1.Rows(1) = ""
    Hoja1.Rows(2) = ""
    Hoja1.Rows(3) = ""
    Hoja1.Rows(4) = ""
    Hoja1.Rows(5) = ""
    Hoja1.Rows(6) = ""
    Hoja1.Rows(7) = ""
    Hoja1.Rows(8) = ""
    Hoja1.Rows(9) = ""
    Hoja1.Cells(2, 1) = "N° Orden"
    Hoja1.Cells(3, 1) = "Masa (kg)"
    Hoja1.Cells(4, 1) = "Formato"
    Hoja1.Cells(5, 1) = "Color"
    Hoja1.Cells(6, 1) = "Fecha Ingreso"
    Hoja1.Cells(7, 1) = "Fecha entrega"
    Hoja1.Cells(8, 1) = "Tiempo operación"
    Hoja1.Cells(9, 1) = "Fecha Termino"
    Hoja2.Rows(1) = ""
    Hoja3.Rows(1) = ""
    Hoja4.Rows(1) = ""
    Hoja5.Rows(1) = ""
    Hoja6.Rows(1) = ""
    Hoja1.Cells(1, 1) = TotalTrabajos
    A = iniciar(Hoja2)
    A = iniciar(Hoja3)
    A = iniciar(Hoja4)
    A = iniciar(Hoja5)
    A = iniciar(Hoja6)

    For i = 1 To TotalTrabajos
        Hoja1.Cells(1, i + 1) = i
        Hoja2.Cells(1, i + 1) = i
        Hoja3.Cells(1, i + 1) = i
        Hoja4.Cells(1, i + 1) = i
        Hoja5.Cells(1, i + 1) = i
        Hoja6.Cells(1, i + 1) = i
    Next

End Sub

Function CalcularOperacion(ByVal masa As Integer, ByVal formato As Integer) As Double
    Dim resultado As Double
    If formato = 93 Then
        resultado = 0.196 * masa + 25
    ElseIf formato = 155 Then
        resultado = 0.328 * masa + 25
    ElseIf formato = 175 Then
        resultado = 0.395 * masa + 25
    Else
        resultado = 0
    End If
    CalcularOperacion = resultado / 540
End Function

Function atraso(flujo, entrega) As Double
    If entrega > flujo Then
        atraso = 0
    Else
        atraso = flujo - entrega
    End If
End Function

```

Figura 39. Código de programación en Visual Basic parte 1. (Elaboración propia).

```

Function comparacion(hoja, secuencia, cantidad)
    Dim flujoPromedio As Double
    Dim atrasoFlujo As Double
    Dim atrasoMax As Double
    Dim atrasados As Integer
    flujoPromedio = 0
    atrasoPromedio = 0
    atrasoMax = 0
    atrasados = 0
    For i = 1 To cantidad
        flujoPromedio = flujoPromedio + hoja.Cells(10, i + 1)
        atrasoPromedio = atrasoPromedio + hoja.Cells(11, i + 1)
        If hoja.Cells(11, i + 1) <> 0 Then
            atrasados = atrasados + 1
            If hoja.Cells(11, i + 1) > atrasoMax Then
                atrasoMax = hoja.Cells(11, i + 1)
            End If
        End If
    Next
    Hoja7.Cells(2, secuencia) = flujoPromedio / cantidad
    Hoja7.Cells(3, secuencia) = atrasoPromedio / cantidad
    Hoja7.Cells(4, secuencia) = atrasoMax
    Hoja7.Cells(5, secuencia) = atrasados
    Hoja7.Cells(6, secuencia) = atrasoPromedio
End Function

```

---

```

Function iniciar(hoja)
    hoja.Rows(2) = ""
    hoja.Rows(3) = ""
    hoja.Rows(4) = ""
    hoja.Rows(5) = ""
    hoja.Rows(6) = ""
    hoja.Rows(7) = ""
    hoja.Rows(8) = ""
    hoja.Rows(9) = ""
    hoja.Rows(10) = ""
    hoja.Rows(11) = ""
    hoja.Cells(2, 1) = "N° Orden"
    hoja.Cells(3, 1) = "Masa (kg)"
    hoja.Cells(4, 1) = "Formato"
    hoja.Cells(5, 1) = "Color"
    hoja.Cells(6, 1) = "Fecha Ingreso"
    hoja.Cells(7, 1) = "Fecha Termino"
    hoja.Cells(8, 1) = "Tiempo operación"
    hoja.Cells(9, 1) = "Período entrega"
    hoja.Cells(10, 1) = "Tiempo de flujo"
    hoja.Cells(11, 1) = "Atraso"
End Function

```

Figura 40. Código de programación en Visual Basic parte 2. (Elaboración propia).

```

Function FIFO(ingresos, ByVal cantidad As Integer)
    Dim secuencia(1000) As Integer
    Dim acum As Double
    For i = 1 To cantidad
        secuencia(i) = i
    Next
    For i = 2 To cantidad
        For j = 0 To cantidad - 1
            If ingresos(j) > ingresos(j + 1) Then
                Dim aux As Integer
                Dim fechaAux As Date
                aux = secuencia(j)
                secuencia(j) = secuencia(j + 1)
                secuencia(j + 1) = aux
                fechaAux = ingresos(j)
                ingresos(j) = ingresos(j + 1)
                ingresos(j + 1) = fechaAux
            End If
        Next
    Next
    acum = 0
    For i = 1 To cantidad
        Hoja2.Cells(2, i + 1) = Hoja1.Cells(2, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(3, i + 1) = Hoja1.Cells(3, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(4, i + 1) = Hoja1.Cells(4, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(5, i + 1) = Hoja1.Cells(5, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(6, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja2.Cells(6, i + 1) = Hoja1.Cells(6, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(7, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja2.Cells(7, i + 1) = Hoja1.Cells(7, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(8, i + 1) = Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(9, i + 1) = Hoja1.Cells(9, secuencia(i) + 1)
        acum = acum + Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja2.Cells(10, i + 1) = acum
        Hoja2.Cells(11, i + 1) = atraso(Hoja2.Cells(10, i + 1), Hoja2.Cells(9, i + 1))
    Next
    acum = comparacion(Hoja2, 2, cantidad)
    FIFO = secuencia
End Function

```

---

```

Function LIFO(ingresos, ByVal cantidad As Integer)
    Dim secuencia(1000) As Integer
    Dim acum As Double
    For i = 1 To cantidad
        secuencia(i) = i
    Next
    For i = 3 To cantidad
        For j = 1 To cantidad - 1
            If ingresos(j) < ingresos(j + 1) Then
                Dim aux As Integer
                Dim fechaAux As Date
                aux = secuencia(j)
                secuencia(j) = secuencia(j + 1)
                secuencia(j + 1) = aux
                fechaAux = ingresos(j)
                ingresos(j) = ingresos(j + 1)
                ingresos(j + 1) = fechaAux
            End If
        Next
    Next
    acum = 0
    For i = 1 To cantidad
        Debug.Print secuencia(i)
        Hoja3.Cells(2, i + 1) = Hoja1.Cells(2, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(3, i + 1) = Hoja1.Cells(3, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(4, i + 1) = Hoja1.Cells(4, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(5, i + 1) = Hoja1.Cells(5, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(6, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja3.Cells(6, i + 1) = Hoja1.Cells(6, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(7, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja3.Cells(7, i + 1) = Hoja1.Cells(7, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(8, i + 1) = Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(9, i + 1) = Hoja1.Cells(9, secuencia(i) + 1)
        acum = acum + Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja3.Cells(10, i + 1) = acum
        Hoja3.Cells(11, i + 1) = atraso(Hoja3.Cells(10, i + 1), Hoja3.Cells(9, i + 1))
    Next
    acum = comparacion(Hoja3, 3, cantidad)
    LIFO = secuencia
End Function

```

Figura 41. Código de programación en Visual Basic parte 3. (Elaboración propia).

```

Function SPT(operaciones, ByVal cantidad As Integer)
    Dim secuencia(1000) As Integer
    Dim acum As Double
    For i = 1 To cantidad
        secuencia(i) = i
    Next
    For i = 3 To cantidad
        For j = 1 To cantidad - 1
            If operaciones(j) > operaciones(j + 1) Then
                Dim aux As Integer
                Dim fechaAux As Date
                aux = secuencia(j)
                secuencia(j) = secuencia(j + 1)
                secuencia(j + 1) = aux
                fechaAux = operaciones(j)
                operaciones(j) = operaciones(j + 1)
                operaciones(j + 1) = fechaAux
            End If
        Next
    Next
    acum = 0
    For i = 1 To cantidad
        Debug.Print secuencia(i)
        Hoja4.Cells(2, i + 1) = Hoja1.Cells(2, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(3, i + 1) = Hoja1.Cells(3, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(4, i + 1) = Hoja1.Cells(4, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(5, i + 1) = Hoja1.Cells(5, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(6, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja4.Cells(6, i + 1) = Hoja1.Cells(6, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(7, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja4.Cells(7, i + 1) = Hoja1.Cells(7, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(8, i + 1) = Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(9, i + 1) = Hoja1.Cells(9, secuencia(i) + 1)
        acum = acum + Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja4.Cells(10, i + 1) = acum
        Hoja4.Cells(11, i + 1) = atraso(Hoja4.Cells(10, i + 1), Hoja4.Cells(9, i + 1))
    Next
    acum = comparacion(Hoja4, 4, cantidad)
    SPT = secuencia
End Function

Function LPT(operaciones, ByVal cantidad As Integer)
    Dim secuencia(1000) As Integer
    Dim acum As Double
    For i = 1 To cantidad
        secuencia(i) = i
    Next
    For i = 3 To cantidad
        For j = 1 To cantidad - 1
            If operaciones(j) < operaciones(j + 1) Then
                Dim aux As Integer
                Dim fechaAux As Date
                aux = secuencia(j)
                secuencia(j) = secuencia(j + 1)
                secuencia(j + 1) = aux
                fechaAux = operaciones(j)
                operaciones(j) = operaciones(j + 1)
                operaciones(j + 1) = fechaAux
            End If
        Next
    Next
    acum = 0
    For i = 1 To cantidad
        Debug.Print secuencia(i)
        Hoja5.Cells(2, i + 1) = Hoja1.Cells(2, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(3, i + 1) = Hoja1.Cells(3, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(4, i + 1) = Hoja1.Cells(4, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(5, i + 1) = Hoja1.Cells(5, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(6, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja5.Cells(6, i + 1) = Hoja1.Cells(6, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(7, i + 1).NumberFormat = "dd/mm/yyyy"
        Hoja5.Cells(7, i + 1) = Hoja1.Cells(7, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(8, i + 1) = Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(9, i + 1) = Hoja1.Cells(9, secuencia(i) + 1)
        acum = acum + Hoja1.Cells(8, secuencia(i) + 1)
        Hoja5.Cells(10, i + 1) = acum
        Hoja5.Cells(11, i + 1) = atraso(Hoja5.Cells(10, i + 1), Hoja5.Cells(9, i + 1))
    Next
    acum = comparacion(Hoja5, 5, cantidad)
    LPT = secuencia
End Function

```

Figura 42. Código de programación en Visual Basic parte 4. (Elaboración propia).

```

Private Sub CommandButton2_Click()
    Dim ordenes(1000) As String
    Dim masas(1000) As Integer
    Dim formatos(1000) As Integer
    Dim colores(1000) As String
    Dim ingresos(1000) As Date
    Dim terminos(1000) As Date
    Dim operacion(1000) As Double
    Dim resultado
    TotalTrabajos = Hoja1.Cells(1, 1)
    For i = 1 To TotalTrabajos
        ordenes(i) = Hoja1.Cells(2, i + 1)
        masas(i) = Hoja1.Cells(3, i + 1)
        formatos(i) = Hoja1.Cells(4, i + 1)
        colores(i) = Hoja1.Cells(5, i + 1)
        ingresos(i) = Hoja1.Cells(6, i + 1)
        terminos(i) = Hoja1.Cells(7, i + 1)
        operacion(i) = CalcularOperacion(masas(i), formatos(i))
        Hoja1.Cells(8, i + 1) = operacion(i)
        Hoja1.Cells(9, i + 1) = terminos(i) - ingresos(i)
    Next
    resultado = FIFO(ingresos, TotalTrabajos)
    resultado = LIFO(ingresos, TotalTrabajos)
    resultado = SPT(operacion, TotalTrabajos)
    resultado = LPT(operacion, TotalTrabajos)
    resultado = EDD(terminos, TotalTrabajos)
End Sub

Private Sub Label1_Click()
End Sub

Private Sub Label3_Click()
End Sub

Private Sub TextBox1_Change()
End Sub

Private Sub UserForm_Click()
End Sub

```

Figura 43. Código de programación en Visual Basic parte 5. (Elaboración propia).

#### Anexo N°4.1.2 Propuesta de Plan de acción para mejora del sistema de producción de aluminio impreso

La siguiente propuesta se generó en vistas de una aplicación a largo plazo para un nuevo sistema de producción de aluminio impreso aplicable al proceso de impresión de la Planta Abbott EPD Chile. Propuesta que se caracteriza por buscar implementar un sistema de producción más continuo, reduciendo las salidas por parte de los operadores de las máquinas SIAT de las salas de impresión.

Lo anterior mencionado surge en vistas de que se generan grandes pérdidas en el actual proceso de impresión de aluminio debido a la disponibilidad operacional de las máquinas SIAT a lo largo del turno de trabajo de los operadores de dichas máquinas. Pérdidas en disponibilidad generadas por actividades realizadas por dicho operador del proceso que reducen su estancia en sala y, por tanto, limitan la capacidad máxima de producción de las máquinas SIAT; puesto que no son actividades del proceso que no aportan valor económico al funcionamiento de las máquinas de impresión.

Dicho sistema de producción propuesto se caracteriza por buscar el apoyo de los otros operadores pertenecientes al área de bodega de material envase-empaque y materias primas, para dar solución y apoyo a las necesidades productivas que van surgiendo en las salas de impresión de aluminio. Además, se propone implementar un nuevo sistema de generación de órdenes de impresión para la coordinadora del proceso en base a la utilización de Microsoft Access, esto para acelerar el proceso de autorización de las ordenes de producción y así dar más tiempo a la coordinadora a dar las autorizaciones de partida a las máquinas SIAT.

##### Anexo N°4.1.2.1 Implementaciones previas a la utilización del sistema propuesto de producción de aluminio impreso

- Asignar un personal fijo y con completa disposición para realizar el control de calidad del aluminio impreso producido por el proceso.
- Diseñar e implementar una base de datos para la generación automática de la XII-J.2.4 R01 “Orden de impresión – Aluminio”, utilizando Microsoft Access para llevar a cabo la de base de datos del material existente, junto con el flujo de datos y asignación automática de los datos a la orden de impresión.
  - Pasos para el diseño e implementación para el punto señalado:



1. Recopilar la información de la totalidad del material existente desde las plataformas de la empresa.
  2. Cuantificar la cantidad de material existente.
  3. Identificar y filtrar la cuantificación de material existente para obtener el material vigente en Planta Abbott EPD Chile que debe ingresarse a la base de datos.
  4. Crear y llenar información recopilada en una base de datos de Microsoft Access.
  5. Crear, diseñar e implementar los diagramas de flujo de información de las distintas áreas involucradas en la generación de datos en Microsoft Access.
  6. Crear y diseñar el modelo de boletín automatizado de la XII-J.2.4 R01 en Microsoft Access.
  7. Crear, diseñar e implementar el diagrama de flujo de los datos hacia el boletín automatizado diseñado en Microsoft Access.
  8. Crear un diagrama de flujo para asignar las obligaciones en el mantenimiento actualizado de la base de datos de material existente en Microsoft Access.
  9. Capacitar e implementar el nuevo sistema para la generación de la XII-J.2.4 R01.
- Diseñar e implementar algún sistema rotativo para el apoyo de los operadores del proceso de impresión en sus necesidades productivas, esto por parte de los operadores del área de bodega de material de envase-empaque y materias primas.
    - Pasos para el diseño de un sistema rotativo de apoyo:
      1. Identificar posibles operadores candidatos para designar esta función.
      2. Diseñar un sistema rotativo diario, semanal u mensual para los candidatos designados.
      3. Diseñar un plan para utilizar los sistemas de radiofrecuencia del operador designado para dar aviso de la necesidad de apoyo a las salas de impresión.
      4. Capacitar a los candidatos en el procedimiento de trabajo y obligaciones referentes al apoyo de salas de impresión.

#### Anexo N°4.1.2.2 Organigrama de funcionamiento

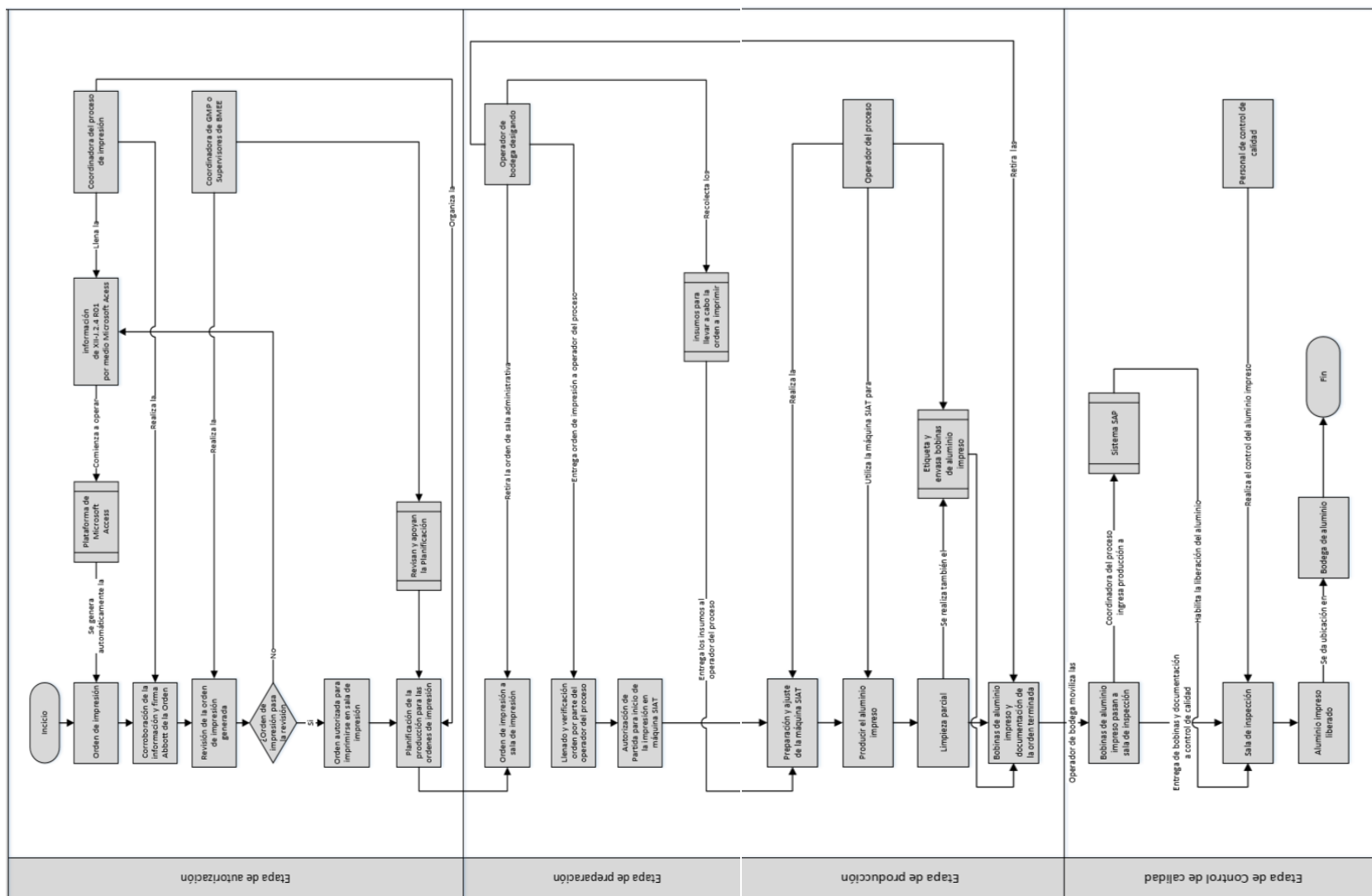


Figura 44. Diagrama de flujo del nuevo sistema de producción propuesto para el proceso de impresión de aluminio. (Elaboración propia).