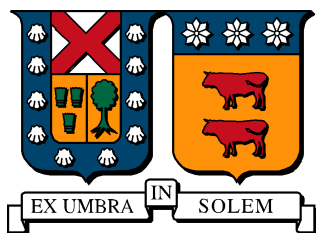


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAISO - CHILE



**“Plan de mejora en línea de fabricación
de producto específico en empresa
manufacturera basado en el análisis del
ciclo de mejoramiento de Miyauchi”**

RAÚL ISAIAS BAEZA PÉREZ

Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico

PROFESOR GUÍA: DR.ING.PEDRO SARIEGO P.
PROFESOR CORREFERENTE: ING. LUIS GUZMÁN B.

Noviembre, 2016

RESUMEN

El siguiente trabajo de título, está basado en la investigación realizada en una empresa manufacturera de Refrigeradores. Tiene por objetivo: desarrollar un plan de mejora en línea de fabricación manufacturera, basado en el análisis del profesor Miyauchi. Para lograr el objetivo general se debe cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Buscar y analizar, las variables que gobiernan al proceso.
- Describir el proceso de producción
- Desarrollar e implementar un plan piloto de aplicación del método OEE, con vistas en la mejora continua.
- Realizar interrelación entre resultados obtenidos y el ciclo de mejoramiento.
- Análisis de resultados y propuesta metodológica

Para conseguir dicho fin se desarrolló una metodología que integró las ideas propuestas por el profesor Miyauchi, sobre la interrelación entre los ciclos de: corrección, mantención y mejoramiento con la métrica OEE (*Overall Equipment Efficiency o Eficiencia global de equipos*), es por este motivo que se propuso implementar un programa de recopilación de datos, en el cual el operador debió recolectar la información de la máquina y en base a estos datos se formularon planes de mejora, los cuales debieron ser implementados, una vez se pusieron en marcha las mejoras, se debieron corroborar si las mejoras fueron las esperadas. Se requirió realizar un proceso de *Feed-Back*, para lograr una aplicación sistemática de la metodología de mejora.

El concepto de OEE hace referencia a un indicador de manufactura que interrelaciona: calidad, rendimiento y disponibilidad en un solo indicador. Este método cuenta con la ventaja de ser contrastable con otras plantas, otros procesos, etc. En la planta de Refrigeradores de Electrolux se obtuvieron los siguientes resultados. Para procesos de Termoformado se comenzaron las mediciones de OEE con un 69 % y se concluye con el estudio con un 74 % en promedio. Si bien los resultados representan una radiografía instantánea de la operación global de los equipos involucrados. Se busca generar un modelo de aplicación sistemática que se instaure como una filosofía de producción en la empresa manufacturera de línea blanca.

ABSTRACT

The following title work is based on research conducted at a refrigerators manufacturing company. Its objective is: to develop an online improvement plan for manufacturing, based on the analysis of Professor Miyauchi. In order to achieve the general objective, the following specific objectives must be met:

- Search and analyze, the variables that govern the process.
- Describe the production process.
- Develop and implement a pilot plan to apply the OEE method, with a view to continuous improvement.
- Interrelation between results obtained and the improvement cycle.
- Analysis of results and methodological proposal.

To achieve this goal, a methodology was developed that integrated the ideas proposed by Professor Miyauchi on the interrelationship between the cycles of: correction, maintenance and improvement with the metric OEE (*Overall Equipment Efficiency*). It is for this reason that it was proposed to implement a program of data collection, in which the operator had to collect the information of the machine and based on this data, improvement plans were formulated, which should be implemented, once they were put into Improvements were to be checked, it was necessary to corroborate whether improvements were as expected. It required a process of *Feed-Back*, To achieve a systematic application of the improvement methodology. The OEE concept refers to a manufacturing indicator that interrelates: quality, performance and availability in a single indicator. This

method has the advantage of being testable with other plants, other processes, etc. In the Electrolux Refrigerators plant the following results were obtained. For thermoforming processes OEE measurements were started with 69% and the study concluded with a 74% on average. Although the results represent an instantaneous radiograph of the global operation of the equipment involved. It seeks to generate a systematic application model to be established as a production philosophy in the white line manufacturing

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de Figuras	ix
Índice de Tablas	xiii
Glosario	xvii
I. Introducción	xxi
II Objetivos	xxiii
III Plan de trabajo	xxv
1. Estado del Arte	1
1.1. Evolución de los modelos en busca de la mejora continua	2
1.2. Desarrollo Global de los ciclos de mejoramiento, aplicado al proceso, una visión del Dr. Miyauchi	6
1.2.1. Ciclo de mejoramiento	7
1.2.2. Ciclo de mantenimiento	9
1.2.3. Ciclo de corrección	10
1.3. Análisis de una métrica relevante, concepto del indicador OEE . .	11
1.4. Uso de la Herramienta OEE como medio que promueve la mejora continua	13
1.5. Línea Base de OEE a nivel mundial	15
1.6. Caso de interés: Implementación OEE en industria farmacéutica .	15
1.6.1. Metodología de mejora Continua	17
1.7. Síntesis del modelo de mejora continua	18

2. Introducción y análisis al proceso productivo de interés	19
2.1. Procesos en la fabricación de Refrigeradores	20
2.1.1. Termoformado de Plástico	22
2.1.2. Conformado de Acero	23
2.1.3. Proceso de Espumado	25
2.1.4. Subconjuntos y componentes	26
2.2. Principales máquinas involucradas en el proceso	28
2.2.1. Extrusora de Plástico Tipo PSHI	28
2.2.2. Termoformadoras	28
2.2.3. Máquinas que tratan el acero	30
2.2.4. Espumadoras	31
3. Plan Piloto de aplicación metodológica	33
3.1. Criterios de selección en la implantación del programa OEE en planta de Refrigeradores	35
3.2. Resultados Programa Piloto, implantación en Illig #1	39
4. Presentación y estudio de los resultados del programa OEE.	43
4.1. Termoformadora de Contrapuestas, Illig 1	43
4.1.1. Estudio del Factor Calidad	46
4.1.2. Estudio del Factor Disponibilidad	52
4.1.2.1. Resultados de tiempos de detención para el turno día	55
4.1.2.2. Resultados de tiempos de detención para el turno noche	58
4.2. Sistesis de lo vital	61
4.2.1. Sistesis de los resultados de Calidad	61

4.2.2.	Sistesis de los resultados de Disponibilidad	62
5.	Interrelación entre los resultados y el ciclo de Miyauchi	63
5.1.	Determinación del proyecto a seguir en base a los resultados . . .	63
5.1.1.	Análisis del factor Calidad de la máquina	64
5.1.2.	Análisis del factor Disponibilidad de la máquina	64
5.1.3.	5W/1H	65
5.1.3.1.	5W/1H Proyecto de Calidad	65
5.1.3.2.	5W/1H Proyecto de Disponibilidad	66
5.2.	Descripción de la problemática detectada	67
5.3.	Análisis de las causas	68
5.3.1.	Análisis causa proyecto de Calidad	68
5.3.1.1.	Diagrama de proceso	69
5.3.2.	Análisis causa proyecto de Disponibilidad	70
5.3.2.1.	Diagrama de proceso	71
5.4.	Plan de acción	72
5.5.	Ejecución del plan de acción	73
5.5.1.	Revisión y mejora protocolos en funcionamiento de moldes	73
5.5.2.	Revisión de perfiles de temperatura	74
5.5.3.	Evaluación de compra de calefactor secundario	74
5.5.4.	Realizar un plan ante las contingencias de producción . . .	75
5.6.	Comprobando los proyectos, en base a los resultados de el programa OEE	76
5.6.1.	Resultados factor Calidad	78
5.6.2.	Resultados para el factor disponibilidad	80
5.7.	Planificación y selección de nuevos proyectos, otra vuelta del ciclo	84

vii

5.8. Análisis del plan de mejoramiento, desde la perspectiva del profesor miyauchi	86
6. Escalabilidad del modelo de mejora de Miyauchi basado en OEE	89
6.1. Termoformado de Gabinetes	89
6.2. Línea de Estampado, Fabricación de cocinas	90
6.3. Línea de Esmaltación	91
IV Conclusiones y sugerencias	i
V Referencias	iii
Anexo A	v
6.4. Resultados de las mediciones efectuadas en Planta	vi
6.4.0.1. Sólidos Farmacéuticos	vi
6.4.0.2. Oncológicos Inyectables	viii
6.5. Metodología de mejora Continua	x
Anexo B	xiii

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Inversión porcentual del PIB, en Investigación y Desarrollo en Chile y otros países de la OCDE	xxii
2.	Diagrama conceptual sobre el plan de trabajo para satisfacer los objetivos planteados	xxv
1.1.	Ciclo de Shewhart, encuentro entre productividad y método científico, Fte: The W.Edwards Deming Institute	2
1.2.	Primera propuesta de Demming sobre ciclos productivos y métodos científicos, Fuente:The W. Edwards Deming Institute Blog	3
1.3.	Evolución de la propuesta de Deming, Fuente: The W. Edwards Deming Institute Blog	4
1.4.	PDSA, y la mejora en base a modelos de mejora continua, Fuente: The W. Edwards Deming Institute Blog	5
1.5.	Mapa conceptual de los ciclos que aborda el Dr. Miyauchi en su propuesta	6
1.6.	Diagrama esquemático del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar	8
1.7.	Esquema gráfico del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar	9
1.8.	Esquema gráfico del modelo de mantenimiento continuo que se busca implantar	10
1.9.	Esquema gráfico del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar	11

2.1. Diagrama Flujo mostrando los 3 principales procesos en paralelo .	21
2.2. Contrapuertas Termoformadas	22
2.3. Bobinas de acero	24
2.4. Espumadora de puertas Perros rotativa	25
2.5. Disposición de los operadores de línea de armado final	27
3.1. Plan piloto de aplicación metodológica en torno al mejoramiento continuo	33
4.1. Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1	48
4.2. Distribución de los principales defectos de Calidad Illig # 1, Turno Día	49
4.3. Distribución de no conformidades registradas Illig#1, Turno Noche	51
4.4. Distribución de las principales detenciones, Illig #1	54
4.5. Distribución de los detenciones no programadas del turno de día, Illig #1	55
4.6. Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1	56
4.7. Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1	58
4.8. Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1	59
4.9. Distribución de los principales motivos de paralización, turno noche Illig #1	60
5.1. Diagrama Causa Efecto productos deformados	69
5.2. Diagrama Causa Efecto problemas operacionales	71

5.3. Distribución deformaciones durante el periodo de medición	79
6.1. Distribución de las Horas de detención según causa origen, Horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	vii
6.2. Resultados obtenidos por Electrolux Latinoamérica	xiii

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Datos de clase mundial según <i>www.oeo.com</i>	15
1.2. Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	16
1.3. Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	16
2.1. Características principales de las máquinas	20
2.2. Principales variables de la Extrusora	29
2.3. Principales variables de las Termoformadoras	29
2.4. Principales variables de las máquinas que tratan el acero	30
2.5. Principales variables de la Espumadora	31
3.1. Características principales de las máquinas	36
3.2. Tabla de consumo Energético de los equipos	39
3.3. Datos del programa piloto implantado en Illig#1	40
3.4. Datos de OEE obtenidos en Illig #1 durante el plan piloto	41
4.1. Resultados preliminares programa OEE implantado en Illig#1	44
4.2. Datos preliminares de OEE obtenidos en Illig #1	44
4.3. Análisis estadístico de los datos	45
4.4. Datos preliminares de OEE obtenidos en Illig #1, Turno Día	45
4.5. Datos preliminares de OEE obtenidos en Illig #1, Turno Noche	46
4.6. Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1	47
4.7. Resumen acumulado de los principales defectos registrados Illig #1, Turno Día	49

4.8. Resumen de los principales defectos de Calidad registrados Illig#1, Turno Noche	50
4.9. Código de detenciones, Illig#1	52
4.10. Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1	53
4.11. Resumen total de detenciones no programadas, Illig#1	54
4.12. Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1 . . .	56
4.13. Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1	57
4.14. Resumen total de Detenciones acumuladas turno noche, Illig#1 .	59
4.15. Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1	60
5.1. Resultados programa OEE implantado en Illig#1	76
5.2. Datos OEE obtenidos en Illig #1	77
5.3. Datos OEE obtenidos en Illig #1, Turno de día	77
5.4. Datos OEE obtenidos en Illig #1, Turno de noche	77
5.5. Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1 .	78
5.6. Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1, turno día	79
5.7. Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1, turno noche	80
5.8. Resumen total de Detenciones acumuladas programa final, Illig#1	81
5.9. Resumen total de Detenciones no programadas acumuladas, Illig#1	82
5.10. Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1 . . .	83
5.11. Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1 . . .	84
6.1. Datos OEE obtenidos en Termoformadora de Gabinetes, Rigo #1	90
6.2. Datos OEE obtenidos en la línea de estampado de cocinas	91
6.3. Datos OEE obtenidos en la línea de esmaltado, planta de cocinas	91

6.4. Peores resultados obtenidos de OEE, según evaluación de datos, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	vi
6.5. Resultados OEE por equipo intervenido, Sólidos farmacéuticos, Fuente: Trabajo de título Angelica Vargas	vii
6.6. Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	viii
6.7. Resultados OEE, Dosificadora Oncológicos inyectables, Fuente: Trabajo de titulo Angelica Vargas	viii
6.8. Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas	ix

GLOSARIO

Este glosario está enfocado en dar una explicación sencilla a aquellas palabras que en el documento tienen un significado técnico o se presentaron sus siglas en el documento.

OEE: Por sus siglas en inglés *Overall Equipment Efficiency*, su traducción es Eficiencia global de los equipos. Se compone de 3 de los **KPI** más importantes de la manufactura que son:

- Calidad
- Disponibilidad
- Rendimiento

La gran ventaja de usar OEE es su capacidad de compararse con procesos sometidos a solicitudes similares y por su capacidad de escalarse a otros procesos.

KPI: Por sus siglas en inglés, *Key Performance Indicators*, son los indicadores críticos que afectan al proceso.

Principales defectos de Calidad en el proceso de Termoformado de plantillas:

Los principales defectos registrados durante el estudio previo fue:

Plantillas deformadas: Se produce cuando hay un exceso de temperatura en alguna parte de la plantilla, excediendo la temperatura de deformación del plástico.

Recortes defectuosos: Dicho defecto se origina cuando la máquina que entrega las cotas finales al producto mediante una guillotina, se encuentra mal calibrado.

Radios deformados: Los radios deformador ocurren cuando se realiza una mala selección en el perfil de temperatura, lo que ocasiona que la contrapuerta se curve.

Plantilla contaminada: Hay dos formas de que una plantilla se contamine. La primera es que el molde contenga una impureza que sea termoformada a modo de incrustación en el plástico, la otra forma es que una vez termoformada la plantilla, se deja almacenado demasiado tiempo. El plástico tipo PSHI tiene una alta afinidad electrostática por lo que atrae el polvo ambiente, cambiando el pigmento original de la plantilla.

Problemas con él toma planchas: Él toma planchas es una parte de la máquina encargada de sacar la plantilla una vez termoformada. Se compone de unas ventosas activadas neumáticamente que transportan la plancha desde el molde hasta la máquina que recorta los excesos de plantilla.

Arruga: Defecto producido por una mala selección de temperatura a la hora de realizar el moldeo, se sobrepasa en alguno de los calefactores las temperaturas de deformación del plástico originando la falla

Omega defectuoso: El omega es la forma a lo largo del vértice rectangular de la contrapuerta, donde van alojados los sellos imantados que componen la puerta en el refrigerado. Además cumplen la importante función de aislar del ambiente, la cavidad interior.

Bajo espesor: Falla derivada del proceso de extrusión, se origina cuando

las plantillas se deforman fácilmente debido a la mala calibración en el espesor de la plantilla.

Sobre Espesor: Idem al caso anterior.

Principales detenciones al proceso de Termoformado de contrapueras:

Los principales motivos de detenciones registrados durante el estudio previo fueron:

Detenciones programadas: Son todas aquellas detenciones que son permitidas o avaladas por los encargados de producción.

Viajes a botadero: Responde a un problema de coordinación del personal de aseo, que obliga al operador de máquina a suspender sus funciones en la máquina para recorrer el camino a reproceso. Tarda alrededor de 10 [min], por viaje.

Sobre stock: Dicha paralización de máquina se origina cuando se produce una paralización aguas abajo en el proceso, por tanto no se consumen la cantidad de plantillas necesarias paralizando la producción.

Falla mecánica: Cuando algún componente del sistema mecánico de la máquina presenta falla

Falla de calefacción: Cuando algún componente del sistema de calefacción de moldes presenta falla.

Falla alimentador de plantillas: Falla en el subsistema de la máquina, encargado de proveer plantillas para realizar el Termoformado.

Falla en el cargador de plantillas: Falla en el instrumento utilizado para distribuir las plantillas hacia el molde.

Falla Eléctrica: Falla que se origina en el sistema eléctrico de la máquina.

Por lo general son fallas de muy difícil detección.

Falla Neumática: Falla que se origina en el sistema neumático.

Falla transportador: El transportador es el subconjunto de la máquina encargado de sacar la plantilla una vez moldeada y llevarla a la zona de recortes

Falla bomba de vacío: Falla poco registrada ya que se necesita una pequeña aplicación de vacío a diferencia de los gabinetes Termoformados que requieren una importante aplicación de vacío para poder cumplir su función.

Molse sucio: Cuando la estación de moldeo está contaminada puede ocasionar múltiples problemas como arruga, contaminar la plantilla, deformarla, etc.

Otro: Cualquier otra detención que no esté detallada en éste listado.

Causa Raíz: Es la causa origen de la problemática, corresponde al factor que si se logra eliminar, se impedirá la recurrencia del problema

I. INTRODUCCIÓN

La riqueza natural de Chile a dado pie a que la economía nacional se enfoque en la extracción de materias primas en desmedro de la industria manufacturera, debido a la falta de inversión en desarrollo científico tecnológico, lo cual queda graficado en el figura 1, donde se muestra la inversion porcentual del **PIB** (*Producto Interno Bruto*) en investigación y desarrollo de cada país en la OCDE. Se destacan en negro la media de países **OCDE** (*Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos*), el violeta es Finlandia, en azul Estados Unidos, en naranja China y en Rojo Chile, por tanto queda reflajado que los países que optan a un Desarrollo económico acelerado, invierten aproximadamente un 3 % del **PIB** en Investigación y Desarrollo. Por lo que se plantea el desafio de involucrar la innovación en la industria manufacturera nacional, esto debido a que Chile desde que participa en la **OCDE**, nunca se ha superado la barrera del 1 % de inversión del **PIB** Chileno en R&D (*Research & Development o Investigación y Desarrollo*).

La baja inversión que se realiza en investigación hace casi imposible que se pueda competir con grandes potencias económicas como China o EEUU.

Durante el tiempo transcurrido en la empresa, se aprecia una vacío entre lo que se enseña en el aula y lo que se aplica en la industria manufacturera, haciendo latente la falta de principios de optimizacion de recursos, orden estratégico de materias primas y herramientas de gestión.

Existen herramientas sencillas de aplicar que ayudan a optimizar el control de las operaciones y tienen alta repercusión en los resultados. Uno de ellos es el OEE, herramienta que proporciona una métrica en tiempo real de

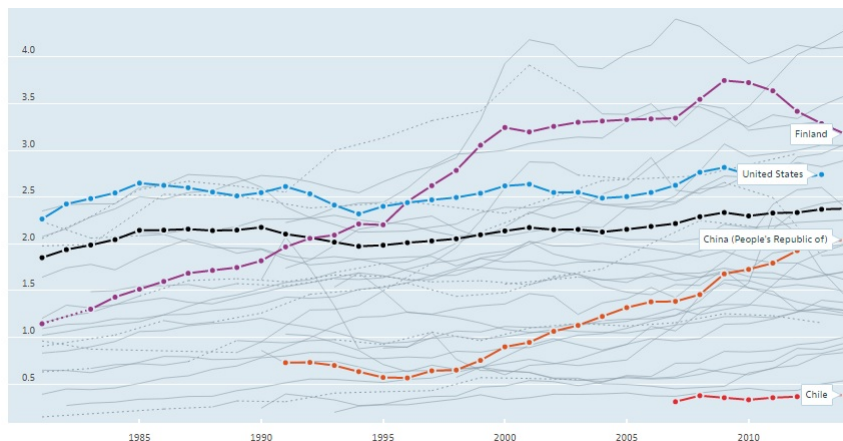


Figura 1: Inversión porcentual del PIB, en Investigación y Desarrollo en Chile y otros países de la OCDE

producción. El presente, tiene por objetivo desarrollar un plan de mejora en planta manufacturera de línea blanca. Para conseguir dicho fin se propone desarrollar una metodología que integre las ideas propuestas por el profesor Miyauchi, sobre la interrelación entre los ciclos de: corrección, mantención y mejoramiento con la métrica OEE. Debido a que autores como Sokovic (M. Sokovic, 2010) o Raffaele Iannone (Iannone, 2013) plantean que los modelos de mejora continua han tenido éxito en aplicaciones industriales, e incluso han llegado a aplicarse en métodos y técnicas educacionales, se busca plantear un plan de mejora continua basado en la interrelación de los KPI de OEE y la interrelación de los ciclos del Doctor Miyauchi, logrando desarrollar una metodología sistemática en la recolección y evaluación de los datos, la cual será vía manual, que sea integrable a la industria nacional, ayudando a la mejora en competitividad de la empresa de interés para este trabajo y lograr sentar un precedente en la industria manufacturera nacional.

II OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo de título es desarrollar un Plan de mejora en línea de fabricación de producto específico, en empresa manufacturera basado en el análisis del ciclo de mejoramiento de Miyauchi. Con el fin de lograr dicho objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Buscar y analizar la interrelación de las variables que gobiernan el desempeño de los equipos, con el fin de desarrollar una propuesta que integre las principales herramientas de mejora continua.
- Describir el proceso de producción en planta de refrigeradores, analizando las variables de cada equipo.
- Desarrollar un plan piloto de aplicación del programa indicadores de eficiencia global de los equipos, que sea escalable a otras líneas de negocio.
- Realizar una interrelación entre los resultados obtenidos y el ciclo de mejoramiento. Estudiando la ejecución de acciones y posterior revisión de las mismas enmarcadas en el ciclo.
- Análisis de resultados, revisión de propuesta metodológica con el fin de comprobar las soluciones implantadas o volver nuevamente a la planificación de la mejora.

III PLAN DE TRABAJO

Para cumplir el objetivo general y los objetivos específicos es que se propone un plan de trabajo enfocado en alcanzar de forma sistemática los objetivos de forma simple y eficiente.



Figura 2: Diagrama conceptual sobre el plan de trabajo para satisfacer los objetivos planteados

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

[(4-Moen, 2011), (1-GORENFLO, 2009)]

La evolución a través del tiempo ha marcado a la raza humana, el constante mejoramiento en la calidad de vida de las personas se ha hecho ver, desde los primitivos hombres que habitaban en cavernas y tenían sus primeras aproximaciones utilizando el fuego, pasando por la construcción de complejos sistemas de alcantarillado en la antigua Roma hasta los modernos sistemas de vida actuales. Esta transformación en los paradigmas de las personas ha modificado la forma de relacionarse, entenderse y con ello ha cambiado también la forma de entender el mundo que nos rodea, así lo comprendió Galileo, que desde principio del siglo XV, plantea ideas sobre evolución y filosofía de la ciencia, dichas ideas derivarían en las propuestas sobre método científico aplicado a procesos industriales expresadas por los profesores W. Shewhart y W. Edward Deming. Quienes sentaron las bases sobre los modelos de mejora continua actuales. Como describe Ronald Moen en (4-Moen, 2011), el método científico sufrió una lenta transformación a partir de las ideas de Galileo, estas expresiones fueron recogidas por las corrientes filosóficas del pragmatismo de mediados del siglo XIX, la mayoría de estas ideas fueron influenciadas por la *Crítica de la razón pura* obra insigne de *Immanuel Kant* (1724-1804).

1.1 EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS EN BUSCA DE LA MEJORA CONTINUA

En 1931 el profesor W.Shewhart propone un ciclo que integra el método científico y la mejora en los procesos, el ciclo comprende: Especificación, Producción e Inspección. Como se muestra en la Figura 1.1 el ciclo de Shewhart sufrió un cambio de paradigma. Desde un principio se planteó la idea de mejora como una sucesión de eventos con un comienzo y fin determinados, ante evaluaciones usando el método científico, por primera vez se pone sobre la mesa la idea de un proceso continuo de mejora en torno a variables.



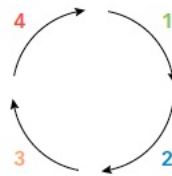
Figura 1.1: Ciclo de Shewhart, encuentro entre productividad y método científico, Fte: The W.Edwards Deming Institute

Durante los años posteriores a la propuesta e investigación del profesor Shewhart, se pusieron a prueba diferentes métodos e interpretaciones del ciclo. En el año 1950 el profesor W.Edward Deming propone una modificación a las ideas de Shewhart, plantea un ciclo basado en la investigación y desarrollo de productos,

con los siguientes pasos.

1. Diseñar el producto
2. Realizar la manufactura del producto y llevar a cabo ensayos en laboratorio de los productos
3. Vender el producto
4. Realizar un servicio de post-venta donde se evalúa la opinión y conformidad del cliente

RUEDA DE DEMING, 1950



1. Diseña los productos con la mayor cantidad de pruebas.
2. Realiza pruebas en el laboratorio de las operaciones ejecutadas en planta.
3. Vende el producto.
4. Realiza una investigación de mercado en terreno sobre el producto y los motivos por los cuales los consumidores lo prefieren o no.

Figura 1.2: Primera propuesta de Demming sobre ciclos productivos y métodos científicos, Fuente: The W. Edwards Deming Institute Blog

En la Figura 1.2 se presenta el ciclo de Deming, propone a la variable ventas como un elemento a considerar dentro del procedimiento científico que involucra a la producción. Junto a esto, se incorpora un *Feed Back* al estudiar el desarrollo de post-venta del producto lo que sin lugar a dudas arroja datos consistentes que sirven para corroborar si el diseño y concepción

inicial del producto, cumplen con: nivel de satisfacción de los usuarios, segmento socioeconómico al cual va dirigido el producto, verificar si el uso del cliente cumple con el diseño inicial.

En base a las continuas investigaciones, en el año 1951 la sociedad Japonesa de Investigadores e Ingenieros (JUSE), sugieren las siguientes modificaciones a las proposiciones de Deming:

- Design → Plan: El diseño del producto se traduce en el *planeamiento y gerenciamiento de los recursos*
- Production → Do: Producción se entiende como *Continuar Haciendo, o produciendo*
- Sales → Check: Considera la satisfacción del cliente
- Research → Action: Planes de acciones en torno a los datos obtenidos en el punto anterior

En consecuencia, las consignas realizadas por Deming el año anterior, se convierten en la **rueda PDCA de Deming**. En la Figura 1.3 se hace mención al ciclo propuesto como una corrección del ciclo de Deming.

Propuesta japonesa a la Rueda de Deming 1951

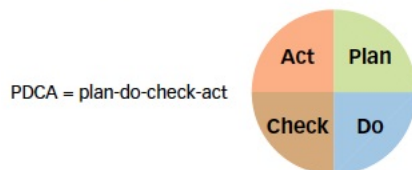


Figura 1.3: Evolución de la propuesta de Deming, Fuente: The W. Edwards Deming Institute Blog

Con el correr de las décadas se plantean diferentes formas de adaptar y optimizar el ciclo PDCA, así lo plantea Grace Gorenflo en (1-GORENFLO, 2009) en su ABC sobre el ciclo PDCA. Una modificación consiste en la etapa de planificación, separar las actividades en determinación de metas y en los métodos para alcanzar dichas metas. Así sucesivamente se desarrollaron los acontecimientos, orientando la investigación en la mejora del ciclo PDCA. Los objetivos se centraron en las etapas de Plan y Do. Generando toda una literatura en torno al desarrollo de estos puntos del ciclo. Hasta que a principio de la década de los 90 el ciclo PDCA sufre una modificación considerable, en la Figura 1.4 se muestra la modificación del ciclo PDCA al PDSA, donde la etapa de “*Check*” es reemplazada por “*Study*”, donde se analizan los datos obtenidos, se comparan los resultados con los modelos y metas propuestas una vez comenzado el estudio en cuestión.

Ciclo PDSA (1991) y Modelo de mejora continua (1994)

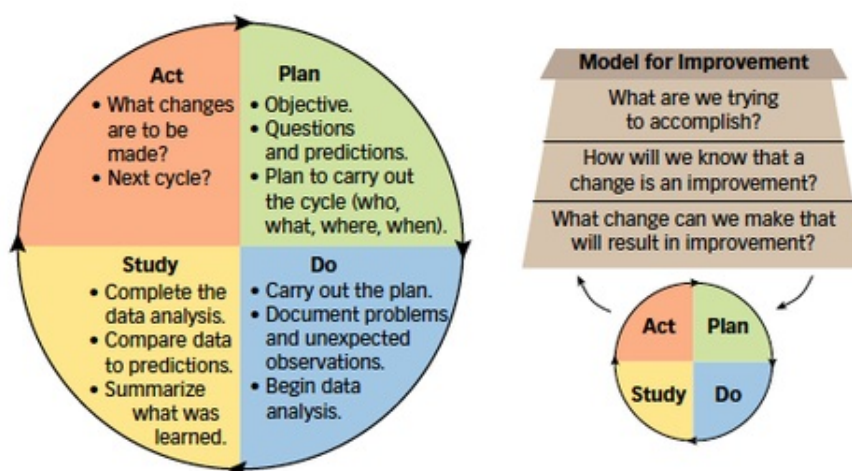


Figura 1.4: PDSA, y la mejora en base a modelos de mejora continua, Fuente: The W. Edwards Deming Institute Blog

Como se logra apreciar, en la Figura 1.4 el estudio de las variables dio comienzo a los primeros modelos de mejora continua. Actualmente las mediciones de las variables son monitoreadas en línea, y en tiempo real. Estas condiciones de funcionamiento dentro de una planta productiva mejoran el funcionamiento general de la misma, anticipándose a los problemas, mejorando la gestión de materiales y rendimiento de los equipos.

1.2 DESARROLLO GLOBAL DE LOS CICLOS DE MEJORAMIENTO, APLICADO AL PROCESO, UNA VISIÓN DEL DR. MIYAUCHI

El ciclo de Deming fue evolucionando con el tiempo, se le han agregado nuevos conceptos que lo han hecho más fácil de entender e implementar por parte de los trabajadores.

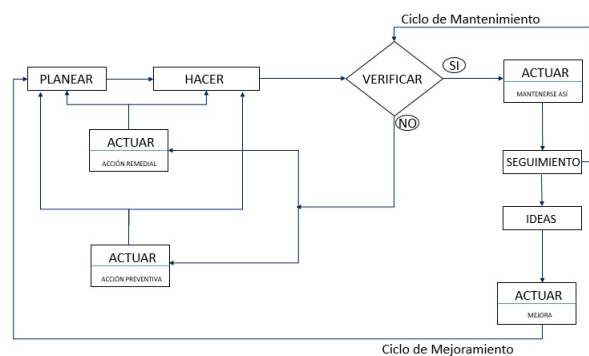


Figura 1.5: Mapa conceptual de los ciclos que aborda el Dr. Miyauchi en su propuesta

1.2.1 Ciclo de mejoramiento

Es así que los japoneses, recogiendo las influencias del profesor Deming incursionaron en nuevas formas de aplicar la filosofía del mejoramiento. El profesor Miyauchi, Ingeniero de la JUSE, plantea entregar una globalidad a los subprocesos en base a los conceptos propuestos por Deming. El profesor Miyauchi propone el ciclo de la figura 1.5 el cual incorpora tres sub-ciclos, los ciclos de mantenimiento, mejoramiento y corrección. A continuación se detallarán cada uno de los ciclos que están incluidos en el ciclo presentado por el Dr. Miyauchi.

En la figura 1.6 se logra apreciar los pasos que involucra el mejoramiento continuo de forma progresiva. La lógica indica que si se presenta un problema evidente, se debe solucionar dicho problema para poder seguir mejorando el proceso. Una vez reparada la falla se debe realizar mantención y seguimiento para evitar que dicha falla se presente de forma recurrente, en este punto se está en condiciones de aplicar un ciclo de mejoramiento en el proceso, lo que genera un crecimiento, en el caso de la figura 1.6 un crecimiento lineal. Una vez dicho crecimiento se estabiliza, se debe realizar un mantenimiento con respecto a la mejora propuesta, evitando así, que la inversión pierda valor debido a fallas de ajuste y monitoreo.

El ciclo de mejoramiento comienza en la etapa de **Planear**, en la figura 1.7 se muestra el ciclo como un subconjunto desacoplado del modelo de Miyauchi. Durante la etapa de **Planear**, es muy útil emplear la técnica de 5W/1H, por sus siglas en inglés (*What-Why-Who-When-Where/How*). Se recomienda determinar las metas y la instauración de procedimientos estándares para el proceso.

Una vez completada la etapa de planear la mejora se debe ir al bloque

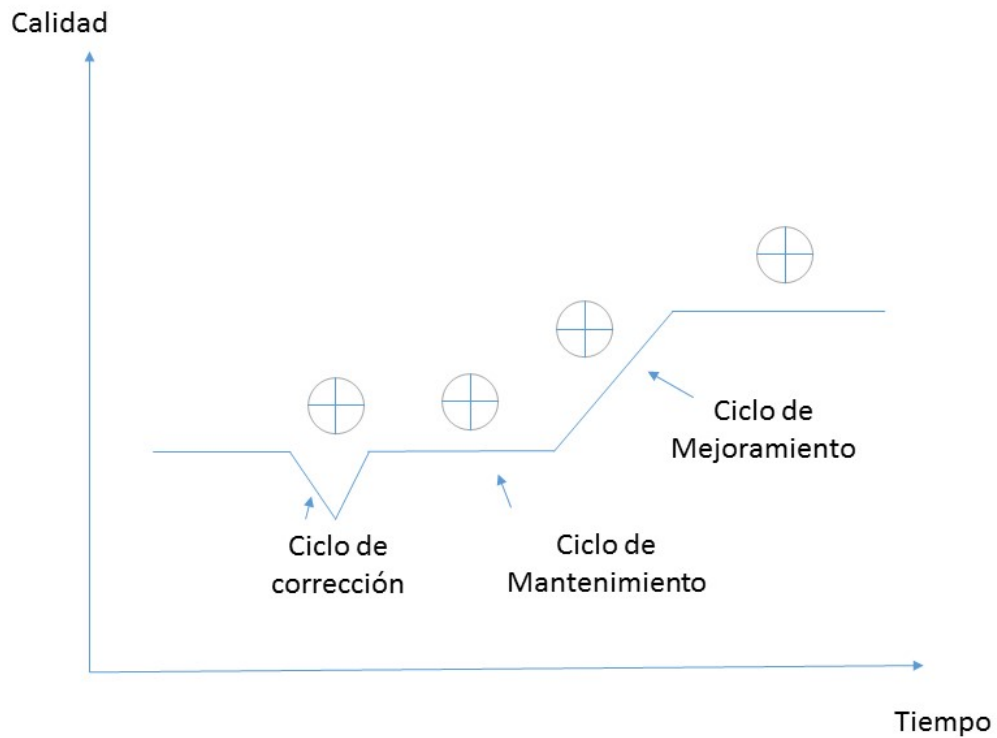


Figura 1.6: Diagrama esquemático del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar

Hacer, aquí se recomienda la utilización del método de las 6M de Calidad (Abreviación de *Mano de obra- Método- Maquinaria-Materiales-Mediciones-Medio Ambiente*), a continuación se debe **verificar** empíricamente si la mejora implantada en el proceso, la verificación es clave en la base científica del método, de resultar positiva la verificación se pasa al punto de **Actuar**, según el diagrama de la figura 1.7, se debe realizar un seguimiento y actuar de nueva cuenta en torno al seguimiento realizado. Una vez completada dicha parte del método se vuelve a

Planear la nueva mejora.

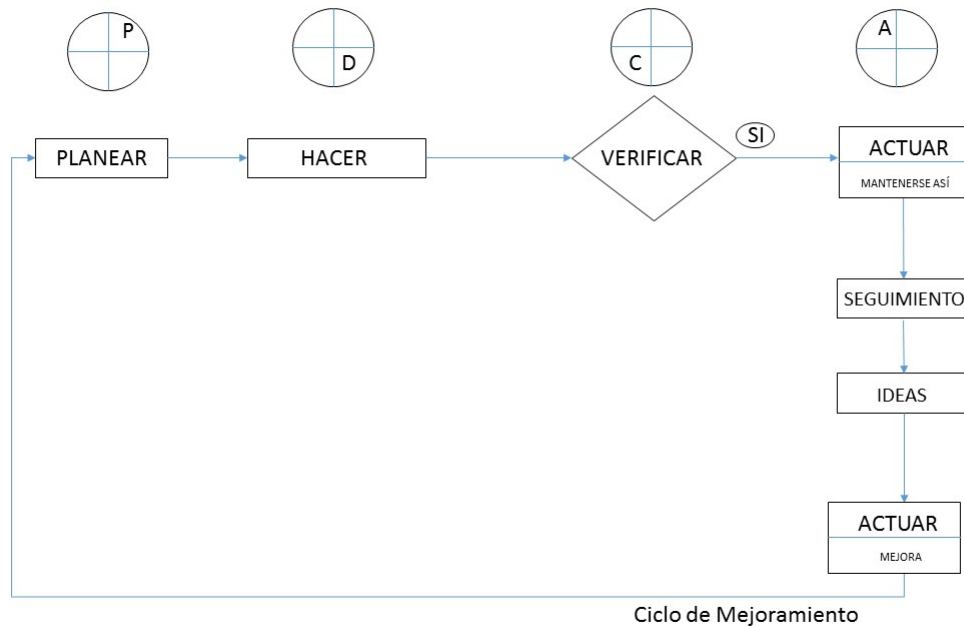


Figura 1.7: Esquema gráfico del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar

1.2.2 Ciclo de mantenimiento

En la figura 1.8 se muestra el ciclo de mantenimiento, se aprecia que comienza en la etapa de **Verificar**, si los resultados obtenidos son los esperados, la decisión sobre el siguiente bloque **Actuar** deberá ser mantenerse así, seguido a lo que se deberá realizar un seguimiento de esta situación, entrando a una fase de **Re-Verificar**.

En la figura 1.8 se aprecia que las partes del ciclo de Deming que se ocupan són: *Check* y *Act*. A diferencia de los ciclos de mejora que cuentan

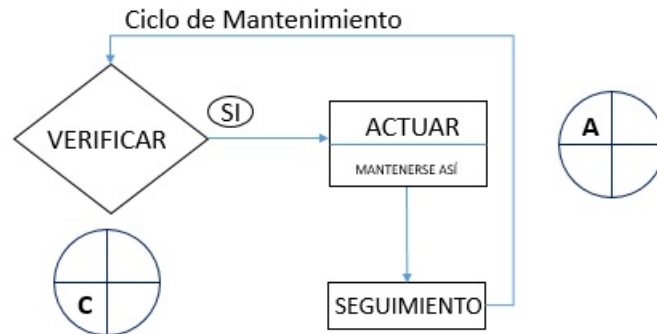


Figura 1.8: Esquema gráfico del modelo de mantenimiento continuo que se busca implantar

con una vuelta entera al ciclo de mejora continua propuesto por el profesor Deming. Es clave mencionar que bajo la filosofía del mejoramiento continuo, la administración del proceso deberá decidir, en un momento dado, dejar los estándares de mantenimiento actual y pasar a un proceso de mejoramiento de los estándares, exigiendo más al proceso, lo que se traduce en el deterioro progresivo del activo fijo a largo plazo, por tanto para asegurar la calidad de los productos se debe invertir en mejoramiento de equipos y capacitar personal.

1.2.3 Ciclo de corrección

Identificar lo que se está haciendo mal, es un elemento complejo de determinar dentro de los procesos productivos, el alto volumen de materiales y personas con las que se trabaja, hacen que identificar los verdaderos problemas que aquejan al proceso sean complejos de determinar. El ciclo de corrección planteado por el profesor Miyauchi se muestra en la figura 1.9, se distinguen dos tipos de

10

acciones: una acción de índole correctiva, y una de acción preventiva. Claramente estas dos acciones están situadas dentro del *Act, del ciclo PDCA*.

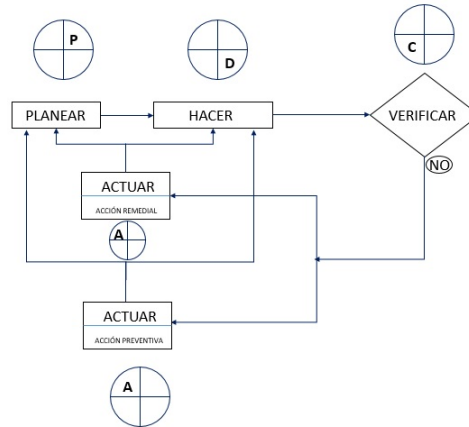


Figura 1.9: Esquema gráfico del modelo de mejoramiento continuo que se busca implantar

Acción Correctiva: La acción correctiva está orientada a los resultados negativos obtenidos en la etapa **Hacer**, siendo el objetivo primordial el hecho de **Actuar**, de modo inmediato en contra de ellos o eliminarlos.

Acción Preventiva: La acción preventiva se refiere a llevar a cabo acciones que aseguren que las causas indeseables del problema no vuelvan a ocurrir. Esta actividad se realiza después de la búsqueda e identificación de la causa raíz del problema

1.3 ANÁLISIS DE UNA MÉTRICA RELEVANTE, CONCEPTO DEL INDICADOR OEE

Ahora bien la definición del *Overall Equipment Efficiency*, corresponde a un **KPI** que calcula 3 variables claves en los procesos productivos. Los cuales son

la Calidad, Rendimiento y Disponibilidad de los equipos, de la siguiente manera:

$$OEE = Calidad * Disponibilidad * Rendimiento \quad (1.1)$$

En la ecuación 1.1 se presenta la relación fundamental que permite calcular el OEE. Cada una de sus componentes tiene variables asociadas que se describirán a continuación.

$$Calidad = \frac{Número\ de\ unidades\ conformes}{Número\ de\ unidades\ totales} \quad (1.2)$$

Para el factor de Calidad, se presentan las variables que componen el cálculo del indicador en la ecuación 1.2, el cual, representa el ratio entre las unidades conformes según parámetros del departamento de Calidad, y el número total de unidades producidas. El indicador de Calidad entrega una idea del nivel desperdicio de los procesos, las principales causas que originan, las no conformidades y a su vez abre una posibilidad de atacar las causas que originan las problemáticas. El indicador Disponibilidad se presenta en la ecuación 1.3.

$$Disponibilidad = \frac{T_{operación}}{T_{Planificado}} = \frac{T_{total} - T_{parada\ programada} - T_{parada\ no\ programada}}{T_{total} - T_{parada\ programada}} \quad (1.3)$$

El indicador disponibilidad incluye la razón entre el tiempo real de operación y el tiempo planificado de operación. El primero consiste en descontar al tiempo ideal del turno (8,58[h]) las paradas de tipo:

Programadas : Se entiende como una detención de tipo necesaria para el proceso, máquina u operador. Se incluye:

* *setup* o Cambios de modelo

- * Mantenciones programadas

- * Almuerzo, colación y baño

No Programadas : Se entiende como toda detención no necesaria para el proceso, está relacionado con los desperfectos de máquinas.

En cambio el tiempo planificado de operación corresponde al tiempo ideal del turno menos las detenciones planificadas. La única variable que difiere entre numerador y denominador es el tiempo de parada no programada. Él cual corresponde al tiempo que se invierte en resolver los problemas imprevistos como también la frecuencia en que estos problemas se presentan. Esto desencadena en una radiografía en tiempo real sobre la mantención de la planta.

$$Rendimiento = \frac{(Ciclo\ ideal) * N\ unidades\ totales}{T_{operación}} \quad (1.4)$$

Para el Rendimiento se presenta la ecuación 1.4, la cual considera dentro de los parámetros a medir, el tiempo real de operación y el total de unidades producidas. El ciclo ideal es un parámetro constructivo de los equipos a medir, se entiende como el tiempo que tarda en producir una unidad estando el equipo en perfectas condiciones.

1.4 USO DE LA HERRAMIENTA OEE COMO MEDIO QUE PROMUEVE LA MEJORA CONTINUA

El OEE cuenta con varias ventajas para ayudar a mejorar los procesos, en esta sección se busca examinar estas opciones con el fin de tener claro el enfoque con que se debe tratar las variables a la hora de implementar el programa.

Base Estadística: El OEE se basa en la recolección y análisis de datos en los distintos procesos intervenidos, en base a estos datos se planifican mejoras, se estudian las distribuciones de datos y se pueden tomar medidas correctivas que a la larga se transforman en preventivas.

Capacidad de ser contrastado entre Plantas que tengas procesos similares:

Así lo señala en su publicación Raffaele Iannone “OEE es realmente una herramienta muy poderosa que puede ser usada para el diagnóstico de procesos, y como medio de comparación entre unidades en diferentes industrias” (2-Iannone, 2013) como uno de los elementos que aporta más información a la hora de contrastar resultados de empresas con muchas Plantas productivas, si se revisa el Anexo B, se pone en evidencia la ventaja comentada.

Ataca los problemas de producción, basados en el análisis de los datos:

El programa OEE al medir el Factor Calidad, la Disponibilidad del equipo y el Rendimiento del proceso, proporciona una visión global de lo que ocurre en la Planta, por tanto optimizar el OEE es lo que a la larga conlleva logros y se ven reflejados en los datos conforme avance el tiempo y se produzcan sucesivos procesos de mejoramiento.

Hay un parámetro muy importante que se debe tener especial énfasis en el uso de la herramienta OEE. Ross Kennedy (3-Kennedy, 2015) lo plantea como errores al medir OEE, estos nacen de la separación entre los distintos tiempos involucrados en la medición y los ciclos ideales. Por tanto es importante la validación con respecto a valores referenciales históricos.

1.5 LÍNEA BASE DE OEE A NIVEL MUNDIAL

El OEE es una de las herramientas de control industrial más utilizadas a nivel mundial, en la Tabla 1.1 se encuentran valores de clase mundial propuestos por la principal organización de profesionales, que se dedican a medir y estudiar el desarrollo de ésta herramienta.

Tabla 1.1: Datos de clase mundial según *www.oee.com*

Factor OEE	World Class percentage
Calidad	99.9 %
Disponibilidad	90 %
Rendimiento	95 %
OEE	85 %

1.6 CASO DE INTERÉS: IMPLEMENTACIÓN OEE EN INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Con el objetivo de realizar una investigación con respecto a las propuestas revisadas por colegas en todo el mundo, se presenta el siguiente caso de interés, el estudio se realiza en TEVA, empresa farmacéutica. Los objetivos generales son:

1. Desarrollar una metodología para llevar a cabo las mediciones de la herramienta OEE.
2. Obtener el indicador OEE, del análisis de los resultados obtener datos concretos sobre cuellos de botellas y bajas en Rendimiento.

-
3. Analizar los datos obtenidos en la implementación de OEE en conjunto, desarrollar nuevas tecnologías para mejorar los procesos.

Los resultados del estudio se presentan en los dos procesos más problemáticos: Horno Hogner y una dosificadora. En la tabla 6.6 se presentan los resultados para el horno Hogner, se logra ver una buen porcentaje en cuanto a la calidad de los productos, en cambio el ítem de disponibilidad, llega a un 37,44 %. Por lo que el OEE alcanza un 23,95 %.

Tabla 1.2: Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	99,17 %
Disponibilidad	37,44 %
Rendimiento	64,53 %
OEE	23,95 %

En la tabla 6.8 se presentan los resultados para la dosificadora de tabletas, al igual que en el caso de estudio anterior, los principales problemas se encuentran en la disponibilidad.

Tabla 1.3: Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	98,96 %
Disponibilidad	36,51 %
Rendimiento	61,94, %
OEE	22,37 %

En el Anexo 6.3, se presenta el estudio en profundidad, a continuación se muestran la metodología implementada por (6-VARGAS, 2012).

1.6.1 Metodología de mejora Continua

La metodología seleccionada por autor (6-VARGAS, 2012), fue “*Single Minute Exchange or Die* ” (SMED) debido a los altos tiempos de SETUP. El autor en su presentación ataca los problemas que se generaron en el momento, no aprovecha de generar un modelo en base a las herramientas que ofrece OEE y la experiencia adquirida en planta. Aun así el autor entrega un manual de acción basándose en la filosofía SMED

Grabar el proceso: El objetivo es realizar grabaciones audiovisuales de los proceso, a fin de revisar los tiempos de ciclo.

Separar tareas Internas y Externas: Se entiende que a todas las tareas internas como aquellas en que el operador puede llevar a cabo el proceso con la máquina detenida. En cambio las tareas externas son aquellas que se pueden realizar exclusivamente con máquina encendida.

Conversión de Tareas: Efectuar cambios para transformar tareas internas en externas.

Optimizar Tareas: Una vez efectuados los cambios, se busca optimizar el proceso.

Estandarización de las tareas: Realizar hojas de proceso donde se describa por pasos las tareas y los tiempos que se debe emplear en cada tarea.

A modo de síntesis se puede decir que el trabajo de Angélica (6-VARGAS, 2012) se basa en las mediciones de OEE para aislar un problema evidente. En base a las herramientas de mejora continua aísla las principales causas

de paralizaciones descubriendo problemas en los cuellos de botella a lo que aplica como solución un manual de prácticas de SMED y LEAN manufacturing

1.7 SÍNTESIS DEL MODELO DE MEJORA CONTINUA

Desde la revolución industrial se han tratado de optimizar los recursos de empresas manufactureras. Estos primeros intentos constituyen la base de los modelos de mejora ampliamente usados en la actualidad. Desde principios del siglo XX, se realizan intentos formales por mejorar la ”*performance*” de las industrias, se revisó al comienzo de este capítulo, la historia para llegar a obtener los primeros ciclos de mejora.

Implantar un modelo de mejora continua significa generar un cambio en la filosofía en la forma de hacer manufactura. Por lo tanto no sirve un manual de procedimientos, si no es capaz de discretizar numéricamente sus operaciones. Es aquí donde juega un papel fundamental la métrica OEE, ya que no sólo cuenta con la ventaja de involucrar múltiples **KPI's** como parte de su fórmula de cálculo, si no también permite comparar los indicadores en periodos de tiempo similares. Se puede decir que el OEE tiene gran sensibilidad ante cambios en sus variables debido a que se trata de un producto de términos porcentuales. Se busca utilizar los datos proporcionados por el programa de recopilación de datos OEE, como motor dentro del ciclo propuesto por el Dr. Miyauchi Analizando en cada caso los ciclos propuestos, hasta alcanzar un modelo como el de la figura 1.6, donde se muestra desde la corrección del proceso, hasta la estabilidad post- ciclo de mejora.

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN Y ANÁLISIS AL PROCESO PRODUCTIVO DE INTERÉS

El objetivo de esta sección es analizar el proceso productivo de la línea de refrigeradores de la empresa, los principales equipos involucrados, y sus variables de desempeño.

El proceso productivo permite transformar los insumos adquiridos en productos manufacturados. Los primeros procesos industriales buscaron en la fabricación en masa su nicho de negocio, en cambio la industria moderna prefiere la producción en lotes, ya que el control de producción se realiza de forma más eficiente. Utilizando como herramienta la innovación tecnológica, se persigue eliminar el desperdicio, optimizar las variables claves del proceso, logrando facilitar la resolución oportuna de problemas. Entonces hablar de optimización en el proceso productivo está referido a la correcta utilización de los recursos operacionales, humanos y técnicos, que permiten transformar la materia prima de forma eficiente en los productos esperados. En cuanto al proceso de refrigeradores, se llevó a cabo un levantamiento de información con los datos adecuados para determinar cada indicador que facilite el cálculo del OEE. En el capítulo 1 se analizó las variables que son necesarias para el cálculo del OEE. Las características y variables, de las principales máquinas del negocio de refrigeradores, se presentan en la tabla 2.1.¹

¹Las velocidades, potencia consumida, ciclo ideal son las que aparecen por catálogo

Tabla 2.1: Características principales de las máquinas

Máquina	Tipo de Proceso	V.Ciclo [U/h]	Potencia[kW]	Ciclo ideal [min/unidad]
Pivatic 1	Punzonadora CNC	40	80	1,09
Pivatic 2	Conformadora de Puertas	55	72	0,923
Pivatic 3	Punzonadora CNC	50	80	0,923
Pivatic 4	Conformadora de Costados	55	72	0,923
Pivatic 5	Dobladora de perfiles con Rodillos	50	70	1
Pivatic 6	Dobladora de perfiles con Rodillos	50	72	1
Rigo 1	Termoformadora de Gabinetes	60	85	90
Rigo 2	Termoformadora de Gabinetes	60	85	90
Illig 1	Termoformadora de puertas al vacío	65	170	1,08
Illig 2	Termoformadora de puertas al vacío	65	170	1,08
Perros Rotativa	Espumado de puertas L1	30	21	0,833
Perros Nicho	Espumado de puertas L2	45	21	0,833
Reifenhauser	Extrusión de Plantillas tipo PSHI	600[kg/h]	250	No Aplica

2.1 PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE REFRIGERADORES

El proceso de construcción de refrigeradores se divide en 3 grandes subprocesos, en el diagrama de flujo de la figura 2.1 se aprecia que la construcción se divide en el proceso de: fabricación de puerta, fabricación de gabinetes y los subconjuntos y piezas que van montados en interior y parte trasera de los productos.

Según se desprende de la figura 2.1 los principales subprocesos a investigar son:

1. Termoformado Plástico

2. Conformado Acero

3. Espuma de poliuretano

4. Subconjuntos y componentes

A modo de introducción al proceso de fabricación de refrigeradores se va a analizar cada subprocesos con una mirada orientada a como contribuye cada proceso en el cálculo de OEE, y como el indicador puede mejorar las variables que gobiernan dichos proceso.

Los subprocesos de Termoformado de plástico y conformado de acero funcionan de manera independiente. Se juntan una vez que el acero y el plástico se encuentra bajo las cotas de fabricación y se procede a inyectar espuma de poliuretano, material que le entrega rigidez y aislación al producto final.

El resto es agregar los elementos técnicos y de embalaje para que el producto esté en condiciones de ser comercializado previo a muestreo por lotes, que permite identificar a tiempo fallas operacionales, sin causar perjuicio en el cliente.

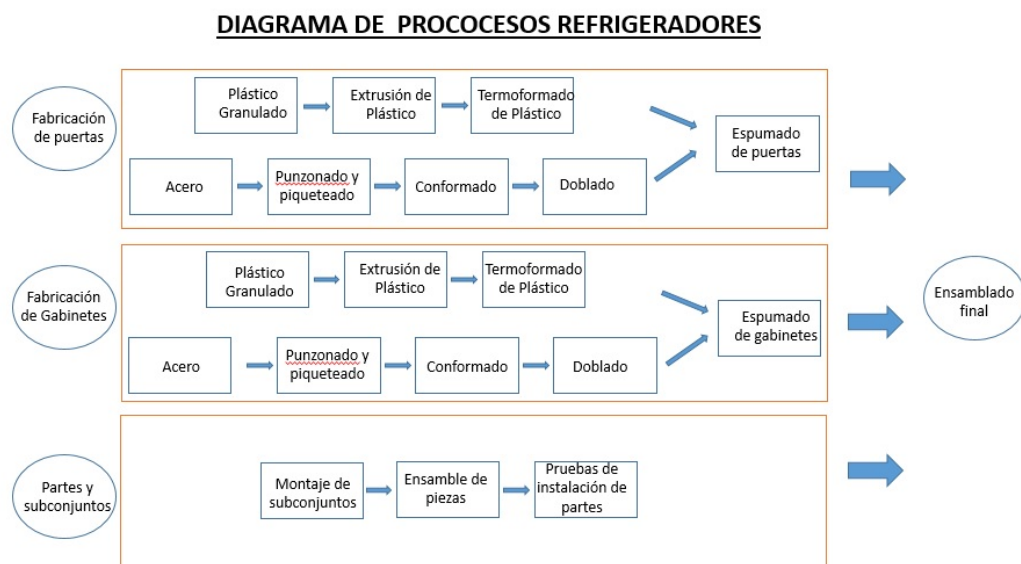


Figura 2.1: Diagrama Flujo mostrando los 3 principales procesos en paralelo

2.1.1 Termoformado de Plástico

El proceso comienza extruyendo plástico granulado, se le suministra calor hasta que se logre el cambio de estado, es ahí cuando es movimentado por un tornillo sin fin que conduce el plástico a rodillos que determinan el espesor de las planchas. Una vez extruidas, las láminas son recortadas y apiladas, la principal variable a optimizar es el flujo másico de plástico extruido, el cual a su vez depende de la temperatura, viscosidad del plástico líquido, sellos del tornillo para evitar pérdidas en el flujo másico. El proceso siguiente, consiste en tomar las láminas de plástico y Termoformarlas. Para ello se utilizan calefactores que calientan un molde el cual una vez inserta la lámina se cierra entregando la forma final deseada al producto. En la figura 2.2 se presenta la forma final que se obtiene, luego del proceso de Termoformado de contrapueras, para los gabinetes ², el proceso es similar, pero involucra generación de vacío con el fin de darle la profundidad

²Cabidad interior del refrigerador



Figura 2.2: Contrapueras Termoformadas

deseada a los productos finales. En el proceso de Termoformado las variables a controlar son:

- Temperatura de los calefactores
- Velocidad de producción
- Cantidad de productos totales
- Cantidad de productos defectuosos
- Tiempos de operación
- Tiempo de paralización

De todas las variables, lo más complejo es medir el tiempo de paralización, ya que las máquinas no cuentan con horómetros o cronómetros dedicados a medir los tiempos de producción/paralización. Cabe mencionar que debido a la naturaleza del proceso de extrusión la máquina se mantiene en constante funcionamiento descartando gran parte de las variables presentes en otros procesos.

2.1.2 Conformado de Acero

El acero llega a la compañía en bobinas de metal con un espesor dado según características de cada modelo, en la figura 2.3 se muestra la forma en que se trabaja con las bobinas de acero.

El proceso de conformado, consiste en someter al acero laminado a diferentes etapas producción como: dimensionado, piqueteado, conformado de esquinas y vértices. Se comienza cortando la lámina de acero según las dimensiones

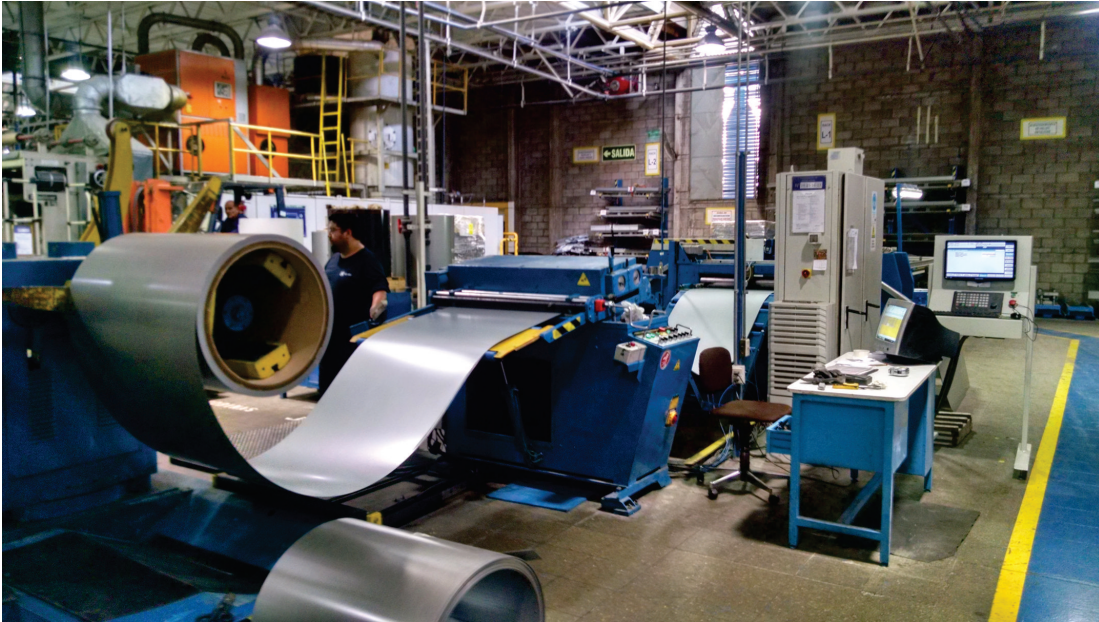


Figura 2.3: Bobinas de acero

de cada modelo, paso siguiente, se procede a piquetear y punzonar las zonas donde van alojadas las partes técnicas del conjunto ensamblado. Para luego darle la forma típica de paralelepípedo.

Las principales variables verificadas a la hora de analizar el proceso de conformado son:

- Velocidad de producción
- Cantidad de productos conformes
- Cantidad de productos defectuosos
- Tiempo de producción
- Tiempo de paralización

2.1.3 Proceso de Espumado

El proceso de espumado consiste en inyectar espuma de Poliuretano a la cavidad formada entre el acero del exterior del Refrigerador y el plástico del interior. La espuma se inyecta de forma líquida, al estar en contacto con el ambiente, cambia de estado, expandiéndose, lo que genera una presión de $1000[kg/m^2]$ contra el acero, lo que obliga a colocar moldes que ayuden a mantener la forma del producto. A medida que decaen los transiente del cambio de fase, la espuma comienza a solidificarse, entregando rigidez y aislación al Refrigerador. En la figura 2.4, se muestra la máquina espumado de puertas. Las variables a considerar dentro del proceso de espumado son:

- Velocidad de producción
- Cantidad de productos conformes



Figura 2.4: Espumadora de puertas Perros rotativa

-
- Cantidad de productos defectuosos
 - Tiempo de producción
 - Tiempo de paralización

2.1.4 Subconjuntos y componentes

En el momento en que el producto se puede poner de pie, debido a la rigidez de la espuma, se instalan los pequeños subconjuntos técnicos que van en el interior los productos finales y en algunos casos también en el exterior, algunos de los cuales son:

- Cubetera
- Bandejas interiores
- Luces
- Ensamble final de puertas
- Cableado interno
- Instalación de pantallas interiores
- Panel touch

Estos subconjuntos son montados por líneas de operarios, en la figura número 2.5 se distinguen los puestos de los operadores, ordenados de frente a una línea de rodillos que permite el traslado de los Refrigeradores en producción, mientras se le van agregando partes.

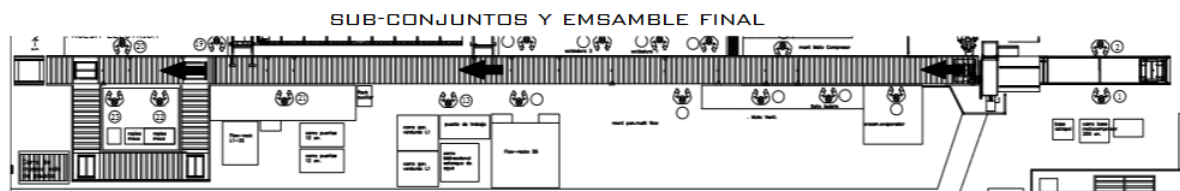


Figura 2.5: Disposición de los operadores de línea de armado final

Desde el punto de vista del proceso, este es un punto del ensamble crítico ya que exige un alto grado de manejo logístico, debido al gran volumen de conjuntos y piezas que son necesarias para abastecer a la línea de materiales y así los operadores poder realizar su labor, esto sumado a que en los últimos puestos de la línea se realiza la soldadura ³ de las líneas de refrigeración con sus respectivas pruebas de fuga. Las principales variables a controlar son:

- Tiempo de cada puesto de trabajo
- Standard Work para evitar defectos de calidad
- Tiempo de paralización

³Puesto crítico debido al manejo de materiales peligrosos, tiempos de realización de la soldadura, personal requiere capacitación, se debe realizar una exhaustiva prueba para determinar el correcto sello de las tuberías internas, de lo contrario puede escapar el refrigerante

2.2 PRINCIPALES MÁQUINAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

En esta sección, se busca dar a entender los principales equipos que participan o destacan en los procesos descritos en la sección 2.1, analizar las principales variables que influyen en la fabricación de los productos que forman parte del Refrigerador.

2.2.1 Extrusora de Plástico Tipo PSHI

La extrusora de Plástico consiste en un tornillo sin fin alimentado por un motor eléctrico el cual movimenta plástico granulado almacenado en silo de la máquina. A medida que avanza el plástico a través del tornillo se le suministra calor de forma constante, obteniendo el cambio de fase necesario para darle la forma definitiva al plástico. El espesor de la lámina depende del uso definitivo del plástico ya que para termoformar gabinetes ⁴ se necesita mayor espesor de lámina que para contrapuerta ⁵

2.2.2 Termoformadoras

En el Termoformado se debe hacer distinción entre el Termoformado de Contrapuestas y Gabinetes. En el Termoformado de Contrapuestas, se utilizan máquinas llamadas ILLIG.

⁴plástico interior del refrigerador

⁵Plástico interior de la puerta del refrigerador

Tabla 2.2: Principales variables de la Extrusora

Extrusora de Plastico	
Consumo	300[kW]
Largo	40[m]
Ancho	3[m]
Alto	15[m]
Principal detención	Cambio de Turno
Principal defecto de producción	Transiente de partida
Máxima producción teórica	600 [kg/hr]
País de Fabricación	Alemania

La Máquina tiene la facultad de transformar láminas de plástico en contrapuetas, para ellos utiliza la técnica de moldes en caliente, con diferencias en las temperaturas en la superficie, según sollicitación de deformación durante el proceso moldeo. En el Termoformado de Gabinetes se Utiliza el concepto de moldeo mediante vacío. La máquina que se utiliza para este propósito se llama RIGO, su función es hacer que la lámina de plástico se precaliente previo a la intervención del molde, una vez se alcanza la temperatura del cambio de fase, se solicita con vacío una de las caras de las láminas de plástico, provocando succión debido a la falta de rigidez del plástico en cambio de fase, es ahí, donde interviene el molde que le entrega la forma definitiva.

Tabla 2.3: Principales variables de las Termoformadoras

	Illig	Rigo
Consumo	50 [kW]	60 [kW]
Largo	15[m]	25[m]
Ancho	5[m]	5[m]
Alto	3[m]	5[m]
Principal detención	Setup de moldes	Setup de moldes
Principal defecto de producción	Ajuste T° moldeo	Ajuste T° moldeo
Máxima producción teórica	60 [U/hr]	65 [U/hr]
País de Fabricación	Italia	Italia

En la tabla 2.3 se entrega información sobre algunas características de las máquinas utilizadas en Termoformado

2.2.3 Máquinas que tratan el acero

Las máquinas que trabajan procesando el acero, son llamadas por el nombre del Fabricante, PIVATIC. Son equipos que utilizan bobinas de acero y sus principales funciones son: Dimensionar las plantillas, piquetearlas, doblarlas de tal manera que entregue la forma en U clásica del recubrimiento de acero del paralelepípedo que forma el refrigerador. El acero desde que está en bobina hasta que se transforma en un producto listo para el ensamble del refrigerador pasa por un total de 3 máquinas. Piqueteado, Conformado y Doblado en U

Tabla 2.4: Principales variables de las máquinas que tratan el acero

	Pivatic 1	Pivatic 3	Pivatic 5
Consumo	80 [kW]	80 [kW]	70 [kW]
Largo	30[m]	25[m]	35[m]
Ancho	5[m]	5[m]	5[m]
Alto	2[m]	2 [m]	2[m]
Principal detención	Setup de Plantillas	Setup de plantillas	Calibración Rodillos
Principal defecto de producción	Ajuste post Setup	Ajuste post Setup	Ajuste post Setup
Máxima producción teórica	55 [U/hr]	65 [U/hr]	60[U/hr]
País de Fabricación	Finlandia	Finlandia	Finlandia

En la tabla 2.4 aparecen las principales características de las máquinas Pivatic, es importante hacer referencia en que sólo se hace mención a 3 máquinas, esto ya que se utilizan 3 máquinas por línea activa de producción

2.2.4 Espumadoras

El proceso de Espumado es un punto sumamente crítico en la fabricación de un refrigerador, ya que la espuma otorga rigidez y aislación, el proceso consiste en agregar disocianato a la cavidad formada entre la estructura de acero y la contraparte plástica, dicha espuma se inyecta en estado líquido la cual reacciona con el oxígeno provocando el cambio de fase, dicho cambio de fase viene acompañado de una expansión volumétrica, por tanto para evitar deformaciones en las partes de acero o plásticas, se inyecta la espuma dentro de moldes que evitan deformaciones debido a la presión que ejerce la espuma al expandirse. Una vez inyectada la espuma, demora 3 minutos aproximadamente en culminar por completo su cambio de fase, entregando una estructura rígida sobre la cual se sostiene el producto terminado.

En la tabla 2.5 se entrega información general sobre las máquinas de espumado. Se aprecia que son máquinas de importantes dimensiones, debido a su velocidad de ciclo máxima, se identifican como los cuellos de botellas del proceso.

Tabla 2.5: Principales variables de la Espumadora

Espumadoras	
Consumo	90[kW]
Largo	60[m]
Ancho	8[m]
Alto	10[m]
Principal detención	Calibración de moldes
Principal defecto de producción	Deformaciones
Máxima producción teórica	40 [U/hr]
País de Fabricación	Alemania

CAPÍTULO 3. PLAN PILOTO DE APLICACIÓN METODOLÓGICA

El objetivo de esta sección es desarrollar un plan piloto de aplicación de la metodología, que incluya la planificación de la mejora y la posible ejecución de acciones en torno a la mejora. En la tabla 2.1 se presentan los valores característicos de las variables principales de las máquinas de la planta de refrigeradores.

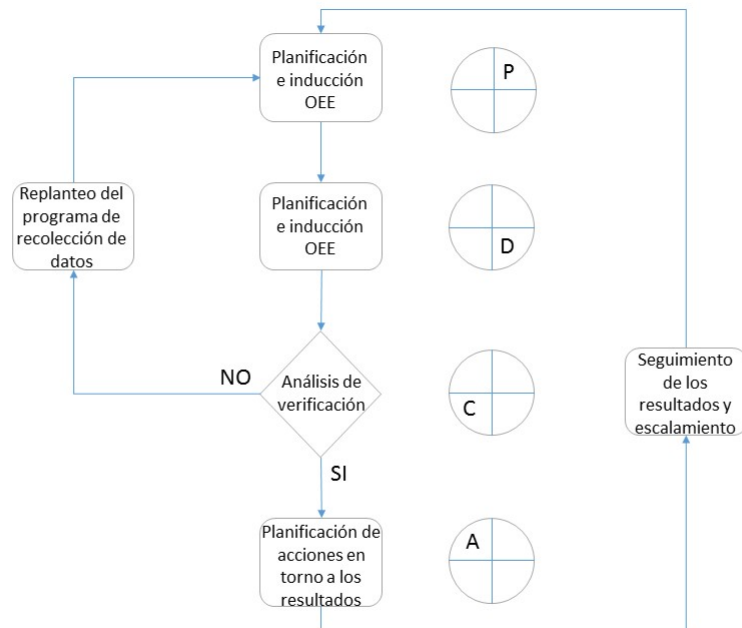


Figura 3.1: Plan piloto de aplicación metodológica en torno al mejoramiento continuo

En la sección 1.3 se presentan las variables claves para el cálculo del indicador OEE. Se busca recopilar datos de las máquinas vía los operadores, estas personas serán las encargadas de realizar la captación de datos a medida que se desarrollen los sucesos del día. Por tanto lo primero a realizar es una inducción al programa OEE, donde se explican los objetivos del programa, la importancia que juegan los operadores en la captación de los datos y los beneficios de incorporar este hábito a los proceso.

En el mapa conceptual de la figura 3.1 se describen los pasos necesarios para desarrollar la implantación del programa OEE, se describen a continuación:

Inducción al programa OEE: Se da comienzo el programa de recopilación de datos OEE, enseñando los alcances del programa a los operadores, dejando claros los datos claves para realizar el cálculo del indicador. A modo de estrategia se busca hacer parte del programa a los operadores, ayudándolos en la implementación, colaborando cuando tengan dudas. Esta etapa tiene que ver con la Planificación de los objetivos.

Recopilación de datos vía planilla: Una vez enseñados los pilares del programa de recolección de datos, se realiza recolección vía una planilla que el operador debe llenar a diario, separando la causa origen de las paralizaciones y principales defectos de calidad. En esta etapa se procede a “Hacer” lo Planificado en la primera fase

Análisis de correlación teórica: Se procede a comparar los datos obtenidos por los operadores de los equipos con los datos históricos de operación, en caso de no contar con ellos se comparan con los datos teóricos de los fabricantes. Corresponde a la etapa de verificación de los resultados

Replanteo sistema de captación de datos: En caso que en análisis de correlación no sea favorable se debe buscar una nueva forma de captar datos, de manera que proporcione una herramienta más confiable para el modelo de mejora que se busca. Busca plantear un modelo correctivo en caso de resultados poco concordantes con la realidad observada en planta.

Planificación de acciones de mejora: En base a los KPI obtenidos en los puntos anteriores, se identificarán los indicadores que presenten índices más bajos, se realizará una gestión en torno a las herramientas de mejora continua. Con el fin de comprobar el modelo de mejora continua propuesto. Corresponde a la etapa de “Actuar ” en torno a los resultados.

Contraste de los resultados: A medida que vaya progresando el proyecto se realizará un constante contraste, seguimiento y evolución de los parámetros medidos, verificando que el cambio sea un hecho y no una buena intención.

3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA OEE EN PLANTA DE REFRIGERADORES

El estudio sobre el cual se busca obtener el indicador OEE tiene como principal fuente de intervención, los procesos que presentan un alto consumo energético, los criterios de selección de equipos a incluir dentro del estudio son :

1. Consumo Energético
2. Cuellos de botella

3. Tiempos de *setup*

4. Nivel de productividad

Para seleccionar los equipos se desarrolló una base de datos con las principales características de las máquina, en la Tabla 3.1 se muestran las variable con mayor peso a la hora de tomar la decisión sobre que máquinas a incluir en el programa.

Tabla 3.1: Características principales de las máquinas

Máquina	Potencia [kW]	Tipo de Proceso	Velocidad del ciclo [U/h]	Tiempo de <i>setup</i> [min]
Pivatic 1	80	Piquetado de plantillas de acero	40	30
Pivatic 2	72	Conformadora de Puertas	55	10
Pivatic 3	80	Piquetado de plantillas de puertas	50	30
Pivatic 4	72	Conformadora de puertas	55	20
Pivatic 5	72	Piqueteadora de plantillas de costados	50	20
Pivatic 6	72	Conformadora de costados	50	20
Rigo 1	85	Termoformadora de Gabinetes al vacío	60	90
Rigo 2	85	Termoformadora de Gabinetes al vacío	60	90
Illig 1	170	Termoformadora de puertas al vacío	65	90
Illig 2	170	Termoformadora de puertas al vacío	65	90
Perros Rotativa	21	Espumado de puertas L1	30	90
Perros Nicho	21	Espumado de puertas L2	45	90
Reifenhauser	250	Extrusión de Plantillas tipo PSHI	600[kg/h]	No Aplica

Según *Green Spirit*¹, el consumo energético es la principal variable a la hora de decidir qué equipo medir, pero conocer los tiempos de cada procesos ayuda a determinar qué tan crítico es intervenir una máquina u otra. Al examinar la Tabla 3.1 se logra ver que las Termoformadoras y Extrusora son los principales consumos energéticos. Tomando en cuenta la velocidad del ciclo de las máquinas y operaciones manuales, se puede estudiar y mitigar los cuellos de botella del

¹Programa oficial de la empresa, encargado de verificar que las energías involucradas en los procesos sean eficientes en su uso

proceso, variable de vital importancia, ya que reducirlos aumenta la productividad de la fábrica y reduce los tiempos muertos debido a detenciones no planificadas de la línea. Según los datos entregados por la Tabla 3.1 se pueden inferir pequeños cálculos que ayudan a la toma de decisión. Analizando los datos de la Termoformadora de Contrapuertas *Illig*#1.

$$P = 170[kW]$$

$$v = 60[\frac{Unidades}{hora}]$$

$$t_{setup} = 1,5[h]$$

$$t_{turno} = 8,57[h]$$

Para un turno de producción, la línea está diseñada para obtener en promedio 400 unidades conformes, se trabaja a doble turno.

$$t_{producción} = 6,15[h]$$

$$t_{utilización} = \frac{t_{producción}}{t_{turno}} = \frac{6,15}{8,57} = 0,71$$

Para estudiar el comportamiento de los costos energéticos de producción se va a considerar el tiempo de producción, que representa el ciclo eficiente de proceso.

$$p = 170[kW] * 6,15[h] * 2 = 2091[\frac{kWh}{dia}]$$

$$p = 50000[\frac{kWh}{mes}] = 600000[\frac{kWh}{ano}]$$

Para el cálculo de la energía consumida se usa el valor del contrato negociado con la compañía de distribución $c = 70[\frac{CLP}{kWh}]$.

$$C_{mensual} = 3.500.000[CLP]$$

$$C_{anual} = 42.000.000[CLP]$$

Ahora el análisis se vuelve más real si se considera los tiempos de *setup* involucrados como parte de la producción. Se considera que hay al menos un cambio de molde por turno y en casos de emergencia se pueden realizar 2 o 3 cambios por turno, por tanto se considera un promedio de 70 cambios de molde mensuales, contabilizando cambios de día y de noche, y que en el mes se trabajan 22 días, además como dato adicional se tiene que durante el cambio de molde la máquina consume el 30 % de la potencia nominal.

$$p = 1,5[h] * 170[kWh] * 0,3 = 76,5[kWh]$$

$$p_{mensual} = 5355[\frac{kWh}{mes}] = 65000[\frac{kWh}{ano}]$$

$$C_{mensual} = 374.850[CLP]$$

$$C_{anual} = 4.500.000[CLP]$$

$$C_{total\ anual} = 46.500.000[CLP]$$

El costo total representa el funcionamiento de la máquina sin paradas no programadas y trabajando en tiempo mínimo de operación para el cual la máquina puede cumplir la meta de 400 Unidades conformes. En la Tabla 3.2 se presenta el análisis económico muy parecido al que se analizó recientemente, con la diferencia que se usó la base común de horas de duración del turno de producción 8,58[h]. En la Tabla 3.2 se nota que la columna de gatos energéticos por *setup* es 0 para la piqueteadora Pivatic 1 y para la Extrusora de Plantillas de plástico Reifenhauser. Esto se debe a que durante los *setup* de la primera no es necesario mantener en funcionamiento el motor sino sólo los elementos electrónicos.

Tabla 3.2: Tabla de consumo Energético de los equipos

Máquina	Potencia [kW]	Energía Consumida [kWh/año]	Costo operación [CLP/año]	Costo Energético por realizar <i>setup</i> [CLP/año]
Pivatic 1	80	360.000	25.000.000	0
Rigo 1	85	385.000	27.000.000	2.250.000
Illig 1	170	770.000	54.000.000	4.500.000
Reifenhauser	250	1.130.000	80.000.000	0

Para la Extrusora el caso es distinto, debido a que el funcionamiento es continuo, la máquina funciona mientras tenga plástico en el silo alimentación. Por tanto los *setup* se realizan con la máquina en funcionamiento y su discretización se mide por medio de los kilos de merma de plástico que se pierden por cada cambio de modelo. Éste proceso dura alrededor de 2 o 3 minutos por tanto cuantificarlo es despreciable en comparación con los valores presentados. Con estos datos se tomó la decisión de incluir a todas las máquinas que representen un consumo elevado y que además suministran calor como parte del proceso. En este caso Illig #1. Se planea iniciar el programa piloto de recolección de datos con entrenamientos de los operadores involucrados.

3.2 RESULTADOS PROGRAMA PILOTO, IMPLANTACIÓN EN ILLIG #1

El programa piloto comenzó el día 11 de Septiembre del año 2014, se decidió implementar el programa en la Termoformadora de Contrapuestas de Línea 1.

Por tanto se ideó un programa de 1 semana de duración, en el cual se captarán datos preliminares, según el mapa conceptual presentado en la figura 3.1, una vez capturados los datos se realiza un análisis de correlación con respecto a lo

observado en planta. Según los datos de la tabla 3.3 se encuentran dentro de lo esperado según los datos históricos de los departamentos de Mantenición y Calidad.

Los resultados que se presentan a continuación, comprenden la medición entre 11 de Septiembre del 2014 al 17 de Septiembre del 2014, representan los valores promedios de cada variable. Se midió el desarrollo en ambos turnos de producción, aunque los valores presentados, son promedios por turnos. El hecho de medir cada variable por turno ayuda a: segregar los problemas, tomar mejores decisiones de Producción, individualizar las causas raíces de los problemas.

Tabla 3.3: Datos del programa piloto implantado en Ilig#1

Variables	Valores Promedio
N° de Unidades promedio por turno	275
N° de Unidades Conformes por turno	244
Tiempo Total de Trabajo	8,52[h]
Tiempo de parada Programada	2,82[h]
Tiempo Planificado	5,69[h]
Tiempo de parada NO Programada	0,68[h]
Tiempo Real	5,01[h]
Velocidad del ciclo	65[Unidades/hora]

Según los datos de la tabla 3.3 se muestra un tiempo real de producción de 5,01[h], dicho tiempo considera las paralizaciones, tiempos perdidos y detenciones varias del proceso. Lo que afecta directamente la disponibilidad de planta de los equipos aguas abajo de la máquina. De todas formas se buscará reducir los desperdicios de tiempo para así aumentar la disponibilidad. El programa piloto, entregó como resultado pocas unidades defectuosas, se registró un 11,2% de defectos durante la producción, donde, según el ciclo ideal de producción se debieron fabricar 557 unidades lo que significa una producción de un 49,7% con respecto a lo esperado teóricamente.

Dicho fenómeno es atribuible a diferentes factores, entre ellos el tiempo de utilización de las máquinas, mala mantención, desperfectos constantes, operadores son los encargados de solucionar los problemas. Todo esto significa una merma en la producción esperada.

Tabla 3.4: Datos de OEE obtenidos en Illig #1 durante el plan piloto

Factor OEE	Valor obtenido en el plan piloto
Disponibilidad	85,8 %
Rendimiento	87,2 %
Calidad	87,8 %
OEE	66,8 %

Los valores de OEE obtenidos en la Termoformadora de contrapuestas Illig #1, se presentan en la tabla 3.4, se nota una cierta paridad a la hora de analizar cada uno de los **KPI** presentes en OEE. Se observa que todos los parámetros medidos alcanzaron más de 85% lo que está por debajo de la línea base de los procesos de clase mundial presentados en la tabla 1.1, pero sin lugar a dudas marcan un terreno fértil sobre el cual desarrollar el modelo de mejora continua.

CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN Y ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA OEE.

En esta sección se busca presentar los resultados de OEE obtenidos en tiempo real por operadores mediante planilla de datos. Se van a estudiar los resultados del programa OEE con el fin de tener claros los puntos donde atacar mediante el ciclo de Miyauchi.

4.1 TERMOFORMADORA DE CONTRAPUERTAS, ILLIG 1

Los datos que se entregarán a continuación, comprenden el periodo entre el 11 de Septiembre al 31 de Octubre del 2014, se midió en doble turno y se obtuvo un total de 56 registros. En la Tabla 4.1 se presentan el promedios de los datos recopilados, que forman parte de las ecuaciones 1.2, 1.3 y 1.4. Factores integrantes del indicador OEE.

Si se compara con la Tabla 3.3 se puede notar que hay un aumento en la cantidad total producida y disminución de las unidades defectuosas en comparación con la medición del programa piloto. Aunque comparar el programa piloto con la puesta en marcha no cobra demasiado valor, ya que los periodos de tiempo no son contrastables, pero si entregan una noción de cómo está el proceso. Estudiando la tabla 4.1 se puede ver que hay 26 unidades con defectos en calidad promedio por turno. Llama la atención que del tiempo total del turno, sólo se puedan aprovechar en promedio 5,18[h] para producir.

Tabla 4.1: Resultados preliminares programa OEE implantado en Illig#1

Variables	Valores Promedio
N° de Unidades promedio por turno	325
N° de Unidades Conformes por turno	299
Tiempo Total de Trabajo	8,24[h]
Tiempo de parada Programada	2,19[h]
Tiempo Planificado	6,05[h]
Tiempo de parada NO Programada	0,86[h]
Tiempo Real	5,18[h]
Velocidad del ciclo	65[Unidades/hora]

Tabla 4.2: Datos preliminares de OEE obtenidos en Illig #1

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	92 %
Disponibilidad	86 %
Rendimiento	99 %
OEE	78 %

Los datos presentados en la Tabla 4.2 corroboran el análisis de los dato recolectados, se nota un aumento de casi 6 por ciento con respecto al programa piloto del indicador de Calidad, una disminución de 1 por ciento en disponibilidad y un aumento de más de 10 por ciento con respecto al indicador OEE calculado al comienzo de la toma de datos. Este comportamiento se debe en gran medida a que toda implantación entendida como un shock en el comportamiento estacionario de un proceso, el cual genera un estado transiente, el que se traduce en una alteración de los datos mientras decae el transiente y se da paso al estado estacionario, esta vez integrando mediciones a las operaciones realizadas, por dicho motivo.

Para tener una noción más acabada de cómo se distribuyen los datos, se calculan los parámetros estadísticos correspondientes a 56 registros obtenidos

durante el programa, en la tabla 4.3 se presentan los resultados.

Tabla 4.3: Análisis estadístico de los datos

Estadístico	Porcentaje
Media	78,23 %
Desviación Estándar	0,1828 %
Curtosis	0,579
Coefficiente de Asimetría	0,053

En base a los datos estadísticos presentados, se puede asegurar que el 99,73 % de los datos están en el intervalo [77,68 %-78,77 %] y que 99,9999998 % de los datos se encuentra en el intervalo entre [77,1332 %-79,3268 %], los datos poseen alta variabilidad, pero según el indicador de asimetría la curva de distribución es bastante simétrica y responde a curtosis de tipo mesocurtica. De estos datos se infiere que la distribución de datos del factor OEE se distribuye normal para la Termoformadora de Contrapuertas Illig#1.

Tabla 4.4: Datos preliminares de OEE obtenidos en Illig #1, Turno Día

Valores Promedio turno Día	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	93 %
Disponibilidad	85 %
Rendimiento	97 %
OEE	77 %

Para complementar el análisis es interesante estudiar el comportamiento de la máquina en ambos turnos de producción. Ya que de esta manera se puede tener un contraste del mismo proceso sometido a distintas solicitudes. En la tabla 4.4 se presentan porcentajes de cada parámetro para el turno de día, se puede ver que el factor de calidad está por sobre promedio, pero se tuvo menos

tiempo disponible la máquina, produciendo menos unidades, por ende reduciendo el rendimiento y el factor global OEE, con respecto al valor promedio.

En cambio para el turno noche, si bien se registraron más productos defectuosos, aumentó el tiempo disponible de máquina en planta y con ello las unidades producidas, en la Tabla 4.5 se muestran los indicadores notando un especial énfasis en el factor de rendimiento que alcanzó un 99,7 %.

Tabla 4.5: Datos preliminares de OEE obtenidos en Illeg #1, Turno Noche

Valores Promedio turno Noche	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	91 %
Disponibilidad	87 %
Rendimiento	99 %
OEE	79 %

El Factor OEE del turno noche estuvo sobre el promedio en gran medida por este valor de indicador Rendimiento. Si se contrasta este rendimiento con la Tabla 1.1 se obtiene un Rendimiento del equipo por sobre los procesos de clase mundial.

4.1.1 Estudio del Factor Calidad

Con el fin de conseguir información más precisa se va a analizar en profundidad cada indicador, buscando los principales problemas, para aislarlos y revisarlos en forma particular.

Los defectos de calidad acumulados entre ambos turnos de producción son presentados en la Tabla 4.6, resalta de inmediato el gran número de productos deformado una vez termoformadas las contrapuestas, ocupando un 46 % de total

de no-conformidades de calidad.

Tabla 4.6: Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa Acumulada
Deformados	766	46 %
Recorte Defectuoso	269	62 %
Radios Defectuosos	147	71 %
Plantilla Contaminada	129	79 %
Problemas con el Toma Plantillas	120	86 %
Arruga	107	92 %
Bajo Espesor	95	98 %
Omega Defectuoso	21	99 %
Sobre espesor	10	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		1692

El total de no conformidades presentes durante el periodo de recopilación de datos alcanzó las 1692 unidades. Donde el 80 % de defectos es alcanzado en el quinto *item* de los nueve item medidos. De modo que si la máquina trabajase a máxima velocidad, alcanzando el ciclo ideal de producción le tomaría, casi 26 horas producir las 1692 unidades defectuosas, lo que equivale a 3 turnos completos de producción, que debe ser reprocesada ¹. En la Figura 4.1 se muestran las distribuciones de defectos de calidad, los productos deformados en conjunto con las plantillas que presentan un recorte defectuoso ², corresponden al 62 % de las no conformidades, le sigue problemas de radios defectuosos ³ con 147 repeticiones del problema, lo que equivale a un 9 % del total de no conformidades. El defecto que

¹Todo el material plástico que es rechazado, se reprocesa mediante un molino de molienda, el material molido es mezclado con material virgen y pigmento para generar nuevos productos

²Problema originado en la mala calibración de la guillotina que es encargada de entregar las cotas finales a la contrapuerta ya termoformada

³Problema originado en la mala selección de temperatura desde el centro de la contrapuerta hasta alguna de las arista, provocando que la superficie plástica se curve

le sigue son las plantillas contaminadas ⁴, siguen problemas con el toma planchas y arruga ⁵. Los siguientes defectos, corresponden a un 8 % del total y sólo se estudiarán sus efectos en el capítulo .

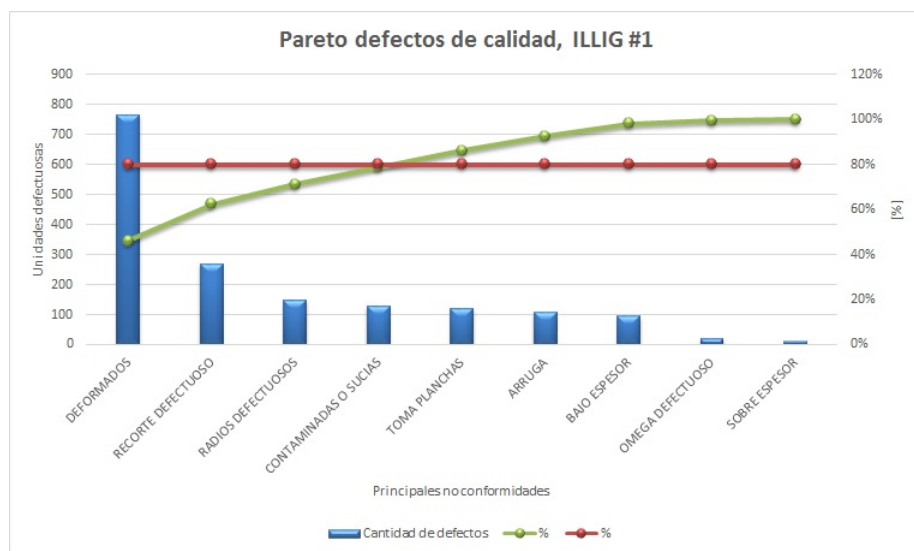


Figura 4.1: Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1

Las curvas de la figura 4.1 indican una predominancia de productos deformados, ya que los siguientes 4 ítems de la tabla 4.6 representan el 40 % de los datos.

En la Tabla 4.7 se presentan los resultados para el turno día, se registraron un total de 859 de productos no conformes, lo que corresponde al 51 % del total de productos no conformes. Las plantillas deformadas durante el turno día corresponden a un 61 % del total de productos deformados, lo que indica que la mayoría de productos deformados se registran durante el día. En cuanto al

⁴La plantilla puede contaminarse por problemas de suciedad en el molde o porque una vez transcurrido mucho tiempo desde su fabricación, el plástico tipo PSHI tiene a captar electrostáticamente el polvo ambiente, generando defectos en la pigmentación

⁵ Problema que tiene su raíz en la mala selección de un gradiente térmico adecuado

recorte defectuoso, para el turno día se registran 98 productos no conformes, lo que equivale a un 36 % del total de la falla en ambos turnos.

Los 465 productos deformados, en casi 2 meses de registro, corresponden a casi a un turno de producción completo, dicho material es reprocesado. Este defecto tiene su origen en la calibración y regulación de temperatura durante

Tabla 4.7: Resumen acumulado de los principales defectos registrados Illig #1, Turno Día

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa Acumulada
Deformados	465	54 %
Recorte defectuoso	98	65 %
Radios defectuosos	95	76 %
Bajo espesor	58	83 %
Plantilla contaminada	55	89 %
Arruga	43	95 %
Problemas con el toma Plantillas	38	99 %
Omega defectuoso	7	100 %
Sobre espesor	0	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		859

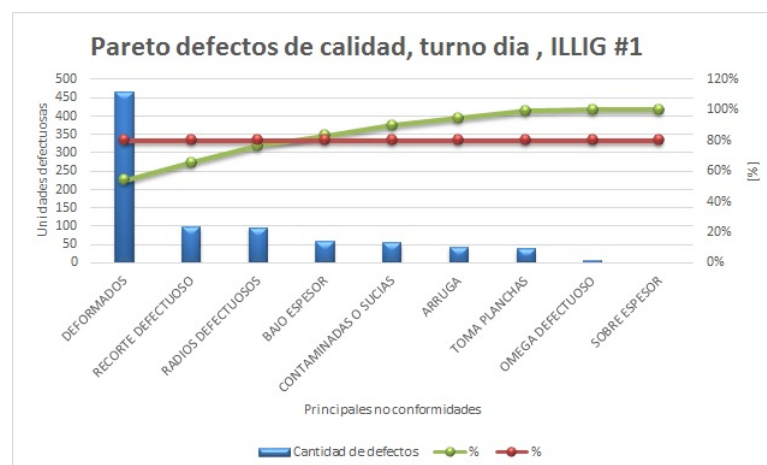


Figura 4.2: Distribución de los principales defectos de Calidad Illig # 1, Turno Día

el proceso de Termoformado. En la Figura 4.2 se presenta la distribución de las principales causales de defectos en proceso de Termoformado de Contrapuestas. Se puede notar que entre las 3 principales causales de defectos, corresponden al 76 % de las no conformidades presentes durante el turno día. Para el turno de noche el resumen de los datos recopilados, aparece detallado en la Tabla 4.8, las primeras 2 no conformidades en orden de relevancia corresponden a productos deformados y recorte defectuoso de la Contrapuerta, al igual que los datos registrados en el turno día. Para el turno de noche sin embargo se nota una distribución más pareja en los datos, si bien la cantidad de productos deformados bajó para el turno noche, el número de recorte defectuosos subió en casi 80 unidades, lo que corresponde a 65 % del total de defectos de este *item*. No obstante si se observa en detalles las distribuciones de los datos, se nota una variabilidad mayor en los datos del turno de noche. En consecuencia no se registró un "peak" tan marcado como si se muestra en la Tabla 4.7.

Tabla 4.8: Resumen de los principales defectos de Calidad registrados Illig#1, Turno Noche

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa acumulada
Deformados	301	36 %
Recorte defectuoso	175	57 %
Plantilla contaminada	94	68 %
Problemas con el toma plantillas	82	78 %
Arruga	68	86 %
Radios defectuosos	52	92 %
Bajo espesor	37	97 %
Omega defectuoso	14	98 %
Sobre espesor	10	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		833

En la Figura 4.3 se muestra la distribución de defectos, del turno noche, donde se puede ver, de forma más elocuente la variabilidad de los datos, ya que

recién en la cuarta no conformidad se pudo superar el 70 % de los 833 datos registrados. A su vez los datos que siguen corresponde a Plantilla contaminada que es consecuencia de la mala extrusión de plástico y problemas con él toma Plantilla que no están involucrados directamente en el proceso de Termoformado sino más bien con los equipos complementarios del proceso.

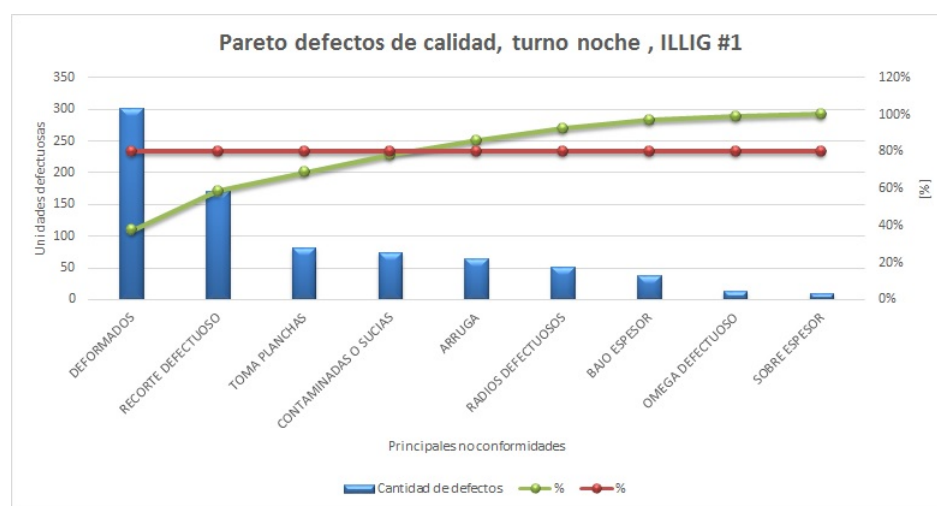


Figura 4.3: Distribución de no conformidades registradas Illig#1, Turno Noche

Del análisis de ambos registros se nota que los principales porcentajes del total de no conformidades para el turno día, tiene que ver con procesos de Termoformado ⁶ o procesos que transfieren calor, en cambio para el turno de noche las principales causales de no conformidad dentro del total de datos lo ocupa Recorte defectuoso y Plantillas contaminadas, que no tienen directa relación con la temperatura de Termoformado. Se va a analizar el impacto de la temperatura ambiente en el proceso de Termoformado.

⁶Deformados ocupa el 61 % del total de productos deformados registrados, el otro item que ocurre dicho fenómeno es el item de Radios defectuosos

4.1.2 Estudio del Factor Disponibilidad

Para analizar el factor de Disponibilidad, es necesario hacer referencia a la ecuación 1.3, en el numerador se presenta la diferencia entre el tiempo total del turno, el tiempo de detención programado⁷ y el tiempo de paradas no programada⁸. En cambio en el denominador, sólo aparece la diferencia entre tiempo total y tiempo de paradas programadas, por tanto el análisis se va centrar en las paralizaciones no programadas.

Tabla 4.9: Código de detenciones, Illig#1

Tabla resumen código de detenciones Illig#1	
Código de detención	Tipo de Detención
A	Detención Planificada
D	Falla Eléctrica
E	Falla Mecánica
F	Falla Neumática
G	Falla transportador
H	Falla alimentador
I	Falla de calefacción
J	Falla Bomba de vacío
K	Falta de materia prima
L	Viajes a botadero
M	Falla cargador de planchas
O	Otro
N	Molde sucio
Ñ	Sobre stock

En la tabla 4.9 se presentan los códigos de detenciones que se utilizaron para identificar las diferentes paralizaciones durante la captación de datos. En el capítulo se detallará más sobre cada detención.

⁷En cuanto a los *setup*, que son consideradas detenciones programadas, los datos recogidos fueron muy inestable, en muchas ocasiones no se anotaron los cambios por tanto carecen de realidad y no fueron considerados en este análisis

⁸Las paradas no programadas, son todas aquellas paralizaciones que ocurren sin previo aviso en el proceso

Tabla 4.10: Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1

Resumen acumulado de las principales Detenciones de Máquina			
Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
A	Detención Planificada	6828	68 %
Ñ	Sobre stock	848	76 %
K	Falta de materia prima	775	84 %
L	Viajes a botadero	580	90 %
E	Falla Mecánica	370	93 %
H	Falla Alimentador	247	96 %
I	Falla de calefacción	190	98 %
M	Falla cargador de planchas	125	99 %
J	Falla Bomba de vacío	65	97,2 %
O	Otro	30	100 %
N	Molde sucio	20	100 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			10084

En la tabla 4.10, se presentan los datos recopilados desde el 11 de Septiembre al 31 de Octubre. Las mediciones fueron realizadas con cronómetros, midiendo la duración total de la falla. Como detención planificada se entiende: ir al baño, detención para colación y reuniones grupales de seguridad, producción y gerencia. Los datos de la tabla 4.10 son presentados en minutos, es por esto que llama la atención el tiempo que se invierte en paradas programadas.

En la figura 4.4, se presenta la distribución de Pareto de las detenciones que afectan a la máquina en estudio. Se nota un gran margen entra las detenciones que están permitidas por producción y las que son no programadas. Para el periodo de medición se obtuvo un total de 10084 minutos de detención, que equivalen a casi 20 turno completo de producción, que estuvo la máquina detenida. De los cuales 13 de los 20 turnos de detención corresponden a paralizaciones programadas, por lo que 7 turno corresponden a paradas no programadas. Con el fin de examinar los problemas que aquejan a la máquina en estudio, se examinan por separado las

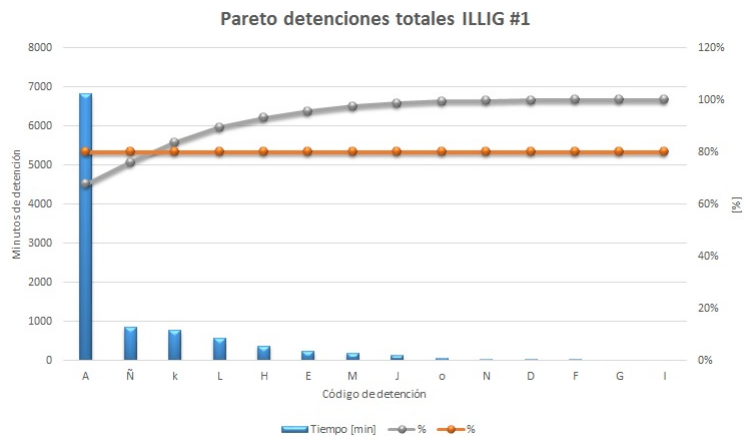


Figura 4.4: Distribución de las principales detenciones, Illig #1

detenciones no programada. En la tabla 4.11 se presentan los datos para el total de paradas no programadas.

El análisis de los datos indica que no hay un motivo que responda a la proporción 80-20, sin embargo en el cuarto *item* se alcanza el 79 % de los minutos de paralización. Dicho tiempo equivale a 43,41 [horas], lo que se traduce

Tabla 4.11: Resumen total de detenciones no programadas, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
Ñ	Sobre stock	848	26 %
K	Falta de materia prima	775	50 %
L	Viajes a botadero	580	68 %
E	Falla Mecánica	370	79 %
H	Falla Alimentador	247	87 %
I	Falla de calefacción	190	92 %
M	Falla cargador de planchas	125	96 %
J	Falla Bomba de Vacío	5	98 %
O	Otro	30	99 %
N	Molde sucio	20	100 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			3256

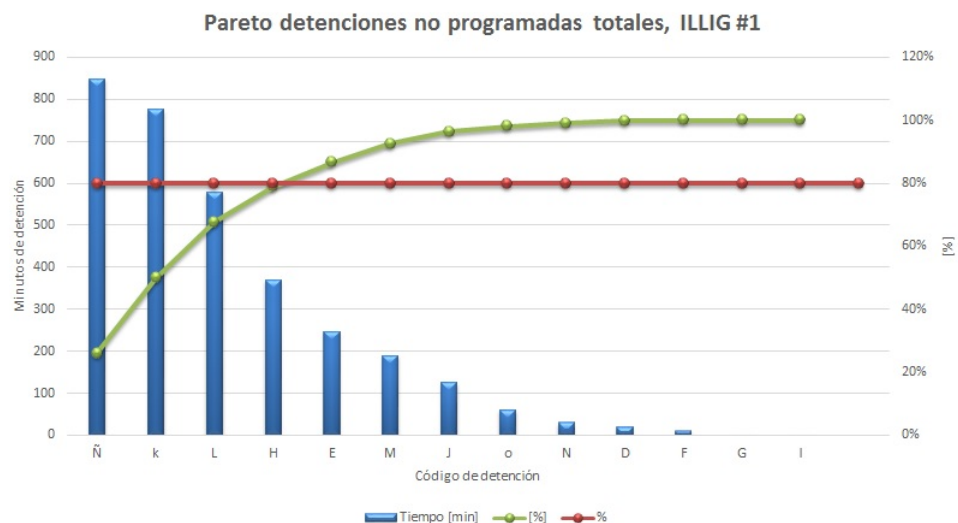


Figura 4.5: Distribución de los detenciones no programadas del turno de día, Illig #1

en aproximadamente 5 turnos de producción. En la figura 4.11 se presenta la distribución de las detenciones no programadas, se nota una curva en decremento sostenido. La detención más solicitada fue sobre stock ⁹, la siguiente detención fue la falta en la materia prima ¹⁰, viajes a botadero ¹¹ y fallas mecánicas.

4.1.2.1 Resultados de tiempos de detención para el turno día

Para ayudar a encontrar las problemáticas del proceso, se va a segregar en turnos al igual que para los defectos de calidad. Si bien el análisis se va a centrar

⁹El sobre stock, se produce cuando la máquina produciendo a ritmo de trabajo normal, no puede seguir haciéndolo ya que el proceso aguas abajo se encuentra inhabilitado de seguir procesando las plantillas enviadas por la Termoformadora.

¹⁰Detención que se origina por no contar con la materia prima para elaborar las contrapuertas, dicha detención tiene su origen en una mala gestión de abastecimientos de materias primas.

¹¹Se produce, cuando se han llenado los contenedores de residuos del proceso y el operador de máquina debe salir de su puesto para botar dicho contenedor, se puede evitar con una buena gestión en el personal de aseo

en las paralizaciones no programadas en la tabla 4.12, se muestra que el 67 % del tiempo de detención, fueron detenciones programadas, lo que equivale a 7 turnos de producción

Tabla 4.12: Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
A	Detención planificada	3681	67 %
Ñ	Sobre stock	645	79 %
K	Falta de materia prima	295	84 %
L	Viajes a botadero	280	90 %
H	Falla alimentador	177	93 %
E	Falla Mecánica	170	96 %
M	Falla cargador de planchas	105	98 %
J	Falla Bomba de vacío	61	99 %
O	Otro	30	100 %
N	Molde sucio	20	100 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
I	Falla de calefacción	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			5474

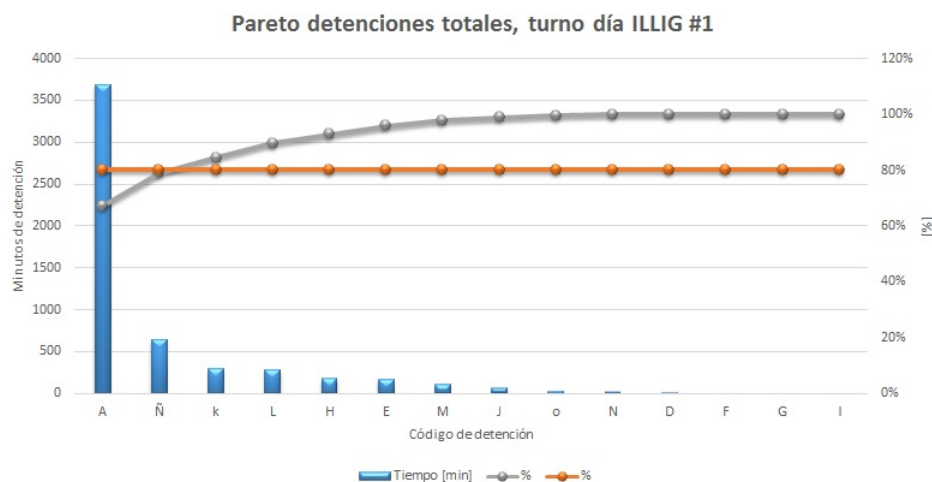


Figura 4.6: Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1

En la figura 4.6 se presenta un gran diferencia entre las paradas programadas y no programadas. Debido a la marcada diferencia entre tipos de paralizaciones. Se presentan en la tabla 4.13, las detenciones no programadas, las cuales ocupan un total de 30 horas de detención, el 80 % del tiempo de detención se alcanza nuevamente en el cuarto *item*, dicho tiempo de detención representa 3 turnos de producción.

Tabla 4.13: Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
Ñ	Sobre stock	645	36 %
K	Falta de materia prima	295	52 %
L	Viajes a botadero	280	68 %
E	Falla Mecánica	177	78 %
H	Falla Alimentador	170	87 %
I	Falla de calefacción	105	93 %
M	Falla cargador de planchas	61	97 %
J	Falla Bomba de Vacío	30	98 %
O	Otro	30	98 %
N	Molde sucio	20	99 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			1793

En la figura 4.7, se presenta la distribución de Pareto para las paralizaciones no programadas del turno día. Los principales motivos de detención corresponden a Sobre stock, Falta de materia prima, viajes a botadero y Falla mecánica, la distribución es bastante pareja, ya que si bien el 36 % de los datos corresponde a sobre stock, el 16 % del total de tiempo corresponden viajes a botadero y falta de materia prima.

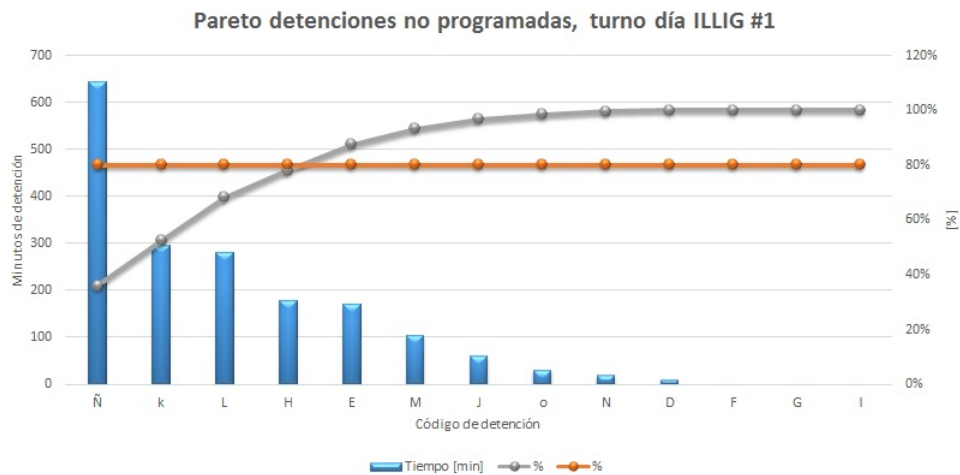


Figura 4.7: Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1

4.1.2.2 Resultados de tiempos de detención para el turno noche

Para continuar con el análisis de los tiempos de detención, se presenta la tabla 4.14, donde se encuentra tabulada el total de detenciones para el turno de noche.

Como era de esperarse, las paradas programada aventajan por mucho a las paradas no programada alcanzando 52 horas de detención en turno noche. Dicha diferencia queda gráficamente aclarada en la figura 4.8, ya que el total de no conformidades restantes alcanzan las 25 horas, por tanto el total de parada programada duplica a las paradas programadas.

En la tabla 4.15 se muestran los resultados para las paradas no programadas, para el turno de noche, las cosas varían un poco con respecto a los resultados vistos en la tabla 4.13, ya que el máximo motivo de detención corresponde a la falta de materia prima para Termoformar, le siguen los viajes

Tabla 4.14: Resumen total de Detenciones acumuladas turno noche, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
A	Detención Planificada	3147	68 %
K	Falta de materia prima	480	79 %
L	Viajes a botadero	300	85 %
Ñ	Sobre stock	203	90 %
E	Falla Mecánica	200	94 %
I	Falla de calefacción	190	98 %
H	Falla Alimentador	70	100 %
M	Falla cargador de planchas	20	100 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
J	Falla Bomba de vacío	0	100 %
O	Otro	0	100 %
N	Molde sucio	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			4610

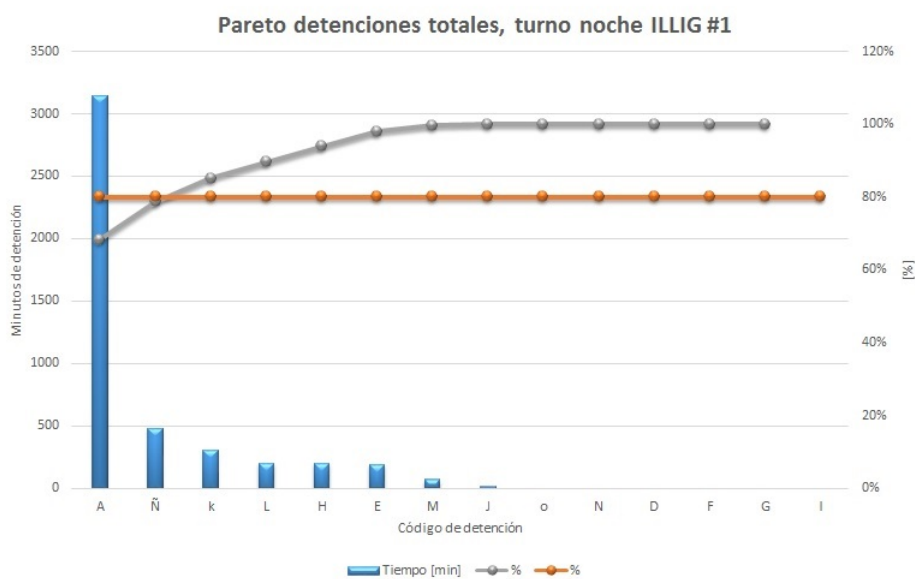


Figura 4.8: Distribución de los principales defectos acumulados de Calidad, Illig #1

a botadero, y en tercer lugar con un 14 % del total de detenciones para el turno nocturno, al igual que la falla mecánica.

Tabla 4.15: Resumen total de Detenciones acumuladas, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
K	Falta de materia prima	480	33 %
L	Viajes a botadero	300	53 %
Ñ	Sobre stock	203	67 %
E	Falla Mecánica	200	81 %
I	Falla de calefacción	190	94 %
H	Falla alimentador	70	99 %
M	Falla cargador de planchas	20	100 %
D	Falla Eléctrica	0	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
J	Falla Bomba de vacío	0	100 %
N	Molde sucio	0	100 %
O	Otro	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			1463

En la figura 4.9 se logra apreciar, que el 94 % del total del tiempo de paralización recae en las 5 primeras fallas, a las ya mencionadas, se debe mencionar la falla por calefacción, que representa el 13 % del tiempo total registrado.

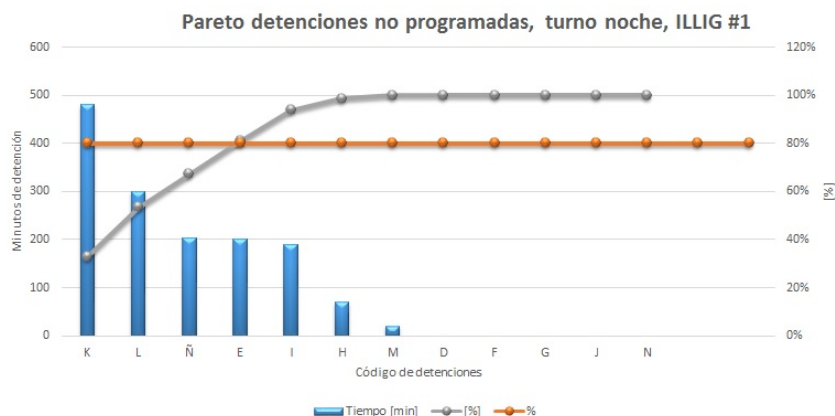


Figura 4.9: Distribución de los principales motivos de paralización, turno noche Illig #1

En el análisis general se puede rescatar información valiosa para confeccionar un plan de mejora en base al indicador OEE

4.2 SISTESIS DE LO VITAL

A continuación se describe la síntesis de lo vital en cuanto a los resultados presentados. En a los resultados obtenidos se van a generar los proyectos de calidad y disponibilidad que van a dar paso al inicio de los planes de mejoramiento.

4.2.1 Sistesis de los resultados de Calidad

El análisis se va a centrar en la tabla 4.6, donde se presentan los resultados generales de los defectos acumulados de calidad. La síntesis de lo vital, en cuanto a los productos defectuosos, se centra en:

Productos deformados: El Termoformado depende de la temperatura de los calefactores dicho proceso es complejo debido a la calibración de todos los calefactores ¹² dentro del molde. Se debe realizar un análisis del efecto de la temperatura en el Termoformado.

Recorte defectuoso: El recorte defectuoso se produce cuando cuando no está calibrada adecuadamente la máquina de corte, la forma de mitigar éste defecto es realizando mantenciones preventivas.

Plantillas contaminadas: Se produce cuando impurezas se mezclan con el cambio de fase del plástico, a modo de incrustación en la plantilla termoformada, se mitiga creando una cultura de orden y limpieza en el puesto de trabajo.

¹²Aproximadamente 20 por molde

Radios defectuosos: Se produce por mala calibración en el Termoformado y se mitiga calibrándolos calefactores.

4.2.2 Síntesis de los resultados de Disponibilidad

El análisis se va a centrar en la tabla 4.11, donde se presentan los resultados generales de los tiempos de paralización no programada acumulados.

La síntesis de lo vital, en cuanto a las principales paralizaciones, se centra en:

Sobre stock: Paralización debido a que los productos ya listos, no son consumidos.

Falta de materia prima: Se presume que se debe a dos posibilidades, una es que no hay plástico granulado para extruir, deteniendo el proceso aguas arriba. La otra alternativa es que por algún motivo no se encuentren plantillas para termoformar.

Viajes a botadero: Se produce cuando el operador debe ir a botadero, trabajo que debe pertenecer al personal de limpieza.

Falla mecánica: Debido desperfectos en piñones, rodamientos, ruedas dentadas, etc.

CAPÍTULO 5. INTERRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS Y EL CICLO DE MIYAUCHI

En este capítulo se busca realizar el plan de mejora continua en base a los resultados obtenidos en el capítulo 4. Para dicho objetivo se van a seguir los pasos propuesto por el profesor Miyaushi, recurriendo a cada etapa del ciclo según los resultados de la investigación.

5.1 DETERMINACIÓN DEL PROYECTO A SEGUIR EN BASE A LOS RESULTADOS

Para determinar el proyecto a realizar, se van a analizar los resultados del programa implementado hasta el 31 de Octubre, en base a estos resultados, se va a recurrir a las técnicas de 5W/1H, para detectar el camino correcto por el cual debe seguir el proyecto. En la Tabla 4.2 se presentan los resultados generales del estudio previo, realizado en la máquina. Se obtiene un 78 % de rendimiento global, donde la disponibilidad del equipo fue el indicador más bajo, alcanzando un 86 %. El rendimiento en cambio alcanzo un 99 %¹. Luego en la tabla 4.4 y 4.5, se presentan los valores segregados, llama la atención que el rendimiento en el turno noche fue 99,7 %, en cambio el más bajo se registró en la disponibilidad del turno de día y alcanzó un 85,26 %. Para determinar el proyecto para emprender mejoras se examinan los resultados para el factor de Calidad y Disponibilidad, el objetivo es buscar causas de raíz del problema.

¹ Es importante tener en cuenta que para el cálculo del rendimiento, se ocupa el ciclo actual estimado en los años de uso actuales y no el ciclo ideal de fabricación.

5.1.1 Análisis del factor Calidad de la máquina

En los resultados presentados en la tabla 4.2 se obtuvo un 92 % de productos con defectos, de los cuales un 93 % se presentan para el turno día y un 91 % de productos no-conformes para el turno de noche ². En la tabla 4.7 se presenta información del turno día, productos deformado y recorte defectuosos ocupan el 65 % de las no conformidades en cambio en la tabla 4.8 los productos deformados y recortes defectuosos ocupan el 57 % de los defectuosos detectados en el turno de noche. El defecto más recurrente fueron los productos deformados, los cuales ocupan el 46 % de las apariciones, según la tabla 4.6 equivale a 766 unidades. En base a los resultados presentados en tablas recién mencionada el proyecto de Calidad a mejorar será examinar los productos deformados.

5.1.2 Análisis del factor Disponibilidad de la máquina

En cuanto al análisis de las principales paralizaciones de producción se presentan los resultados en la tabla 4.10 donde se incluyen el total de paralizaciones, llama la atención que 68 % del total de 10084 [min] de paralización, equivalen a paradas aceptadas por producción y que eran mal usadas por los operarios, ya que los minutos de detención pactados son 40 [min] diarios, en cambio en promedio diario se ocuparon 150[min] en paradas que los operarios estimaron eran programadas. En la tabla 4.11 se entregan los resultados, solo para las paralizaciones no programadas. De los 3256 [min] de paralizaciones no programadas registradas, 26 % equivale Sobre stock, 24 % a Falta de materia

²Se obtuvieron 859 unidades defectuosas para el turno día y 833 para el turno noche

prima, ambas fallas de origen operacional.

En la tabla 4.13 se presentan los resultados de las detenciones para el turno de día, 36 % corresponde a Sobre stock y 16 % para falta de materia prima, en la tabla 4.15 se presentan los resultados para el turno noche, donde el 33 % equivale para falta de materia prima, un 20 % para Viajes a botadero y en tercer lugar aparece sobre stock. Por lo tanto se puede inferir de los datos que hay mayor problema en la organización del turno de día, si bien no hay un ítem tan sobre saliente como en el análisis de calidad, es interesante estudiar la organización y logística con que llegan los materiales a la máquina junto a estudiar el por qué se producen paralizaciones por sobre producción.

5.1.3 5W/1H

Se busca realizar un análisis 5W/1H para cada proyecto seleccionado

5.1.3.1 5W/1H Proyecto de Calidad

What: Se quiere encontrar un plan que ayude a disminuir la cantidad de productos deformados, para así lograr mejorar los datos recopilados durante el desarrollo de la primera fase esta investigación.

Where: Se va a realizar un análisis de los principales componentes que están incluidos en el sistema de calefacción de la máquina, revisando el programa de control.

Why: Se detectó una cantidad demasiado elevada de productos deformados

durante la medición de OEE, durante la primera fase de mediciones en la Termoformadora de contrapuestas.

Who: Un equipo compuesto por el operador de la máquina, jefe de ingeniería, jefe de producción y jefe de mantención.

When: Se busca implantar las mejoras detectadas, en un periodo desde el 01 de Noviembre hasta el 31 de Diciembre del 2014.

How: En base a las mediciones, realizar un plan de mejoramiento para lograr las metas propuestas

5.1.3.2 5W/1H Proyecto de Disponibilidad

What: Se quiere contar con un plan que ayude a disminuir las paralizaciones debido a problemas operacionales, para así lograr mejorar los datos recopilados durante el desarrollo de la primera fase esta investigación.

Where: Se va a realizar un análisis en la forma en que llegan productos a la línea de producción.

Why: Se detectó que 2 de las 3 paralizaciones de mayor cuantías en tiempo se deben a problemas en la operación, falta de plantillas se debe a problemas en la operación anterior que abastece de plantillas la máquinas y sobre stock se debe a que la máquina que debe consumir las plantillas Termoformado, no lo está realizando.

Who: Un equipo compuesto por el operador de la máquina, jefe de ingeniería, jefe de producción y jefe de mantención.

When: Se busca implantar las mejoras detectadas, en un periodo desde el 01 de Noviembre hasta el 31 de Diciembre del 2014.

How: En base a las mediciones, realizar un plan de mejoramiento para lograr las metas propuestas

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA

A continuación se describen las deficiencias detectadas en el proceso, mediante: visitas a terreno, conversaciones con operadores³ y encargados del proceso, además de los datos recopilados en el programa previo de recolección de datos. En cuanto a los problemas detectados del proyecto de calidad, se puede decir que los sistemas de calefacción se encuentran con una mantención realizada de forma ocasional. Habían partes y piezas que se debían manufacturar en Chile de forma artesanal, lo que paulatinamente deteriora el rendimiento global de la máquina. En cuanto a el programa de calefacción es único para cada modelo, en los modelos que demandan mayor temperaturas en ciertas áreas⁴ son los que presentan mayores fallas. Indagando más en profundidad el funcionamiento de los calefactores, se ha logrado identificar que al ser solicitados en exceso, se debe utilizar los calefactores secundarios llamados *Calandras* que no estaban funcionando de forma correcta.

En cuanto al proyecto de disponibilidad se examina el problema de Sobre stock, se produce cuando la máquina aguas abajo en el proceso no es capaz de consumir los productos fabricados por la Termoformadora, acumulando un

³Se busca recoger lo importante del análisis cualitativo

⁴Por lo general son los modelos de gama alta, que usan plantillas de mayor espesor

exceso de disponible. La máquina aguas abajo es la Espumadora de Poliuretano, para espumar de manera adecuada se necesita un control casi absoluto de las variables involucradas en proceso como lo son temperatura, presión y calibración en moldes. Por dicho motivo es un proceso sumamente inestable debido a las condiciones ambientales presentes en Santiago donde fácilmente se pueden alcanzar temperaturas sobre 45[C] en los alrededores de las máquinas exotérmicas dentro de planta. A modo de información cualitativa, los operadores informan que la mantención de las máquinas es deficiente, sobre todo por la poca disponibilidad de piezas y partes para los sistemas de inyección actuales.

La segunda falla operacional se encuentra en la falta de plantillas de plástico tipo PSHI para poder termoformar, en la producción de plantillas muy pocas veces se detiene por problemas de la máquina Extrusora de plástico, las principales detenciones, se deben a que no hay plástico para extruir o no queda stock de plantillas del modelo en producción.

5.3 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS

En este punto se va a separar en el proyecto de Calidad y de disponibilidad para precisar en ciertos detalles de cada uno.

5.3.1 Análisis causa proyecto de Calidad

Se cree que parte de la responsabilidad del fenómeno de productos deformados en las contrapuestas, se debe a una mala calibración en el perfil de la temperatura, o problemas en los calentadores auxiliares. En la figura 5.3

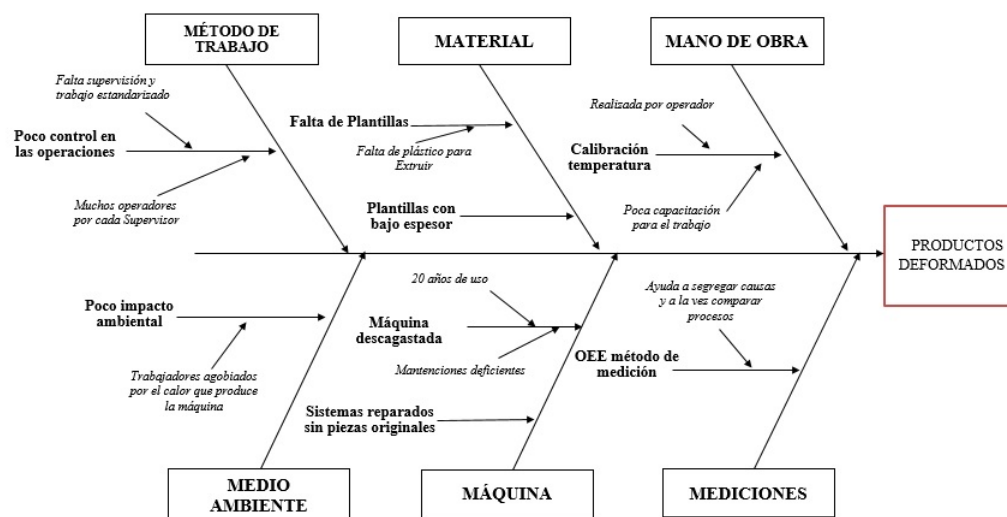


Figura 5.1: Diagrama Causa Efecto productos deformados

se presenta el diagrama causa efecto para el proyecto de mejora de calidad. Se puede ver que en la sección Mano de obra hay un problema de calibración en la temperatura, junto a bajo espesor en las plantillas y poco control en las operaciones originan el gran número de plantillas defectuosas. Se busca medir constantemente vía el programa OEE, con respecto a la máquina se va a realizar un análisis del funcionamiento global, piezas y partes defectuosas.

5.3.1.1 Diagrama de proceso

El proceso comienza cuando se reciben las plantillas de plástico PSHI dimensionadas provenientes de la extrusora. La máquina Termoformadora de contrapuestas recibe el cargamento de aproximadamente 100 plantillas, estas plantillas son precalentadas a diferentes temperaturas según el modelo en fabricación, luego son posicionadas en la estación de moldeo donde baja un molde

que contiene calefactores entregándole la forma definitiva a la contrapuerta, de ser necesario se debe recurrir a un calefactor secundario. Una vez realizado el Termoformado, la plancha es sujeta mediante agarre por ventosas por él toma planchas y se deja en la estación de dimensionado, donde la guillotina de corte le entrega las cotas de diseño al producto. Una vez el producto se encuentra fuera de la máquina ya está en condiciones de ser utilizado en el proceso siguiente. Los puntos críticos de la operación son:

1. Moldeo en caliente para termoformar
2. Transporte interno de la plantilla
3. Recorte una vez finalizado
4. Selección perfil de temperatura adecuado
5. Funcionamiento de equipos auxiliares de la máquina

5.3.2 Análisis causa proyecto de Disponibilidad

El análisis de causa del proyecto de Disponibilidad se va a basar en la figura 5.2, en dicho diagrama causa efecto se ve como el operador se ve obligado a parar el proceso debido a problemas operacionales, donde la falta de elementos para producir o la poca capacidad de consumir los disponible aguas abajo, hacen que se pierda tiempo valioso de producción.

Ahora lo importante es corroborar si existe una real correlación entre las causas y el efecto, por tanto se busca probar las hipótesis planteadas en base a los resultados del programa.

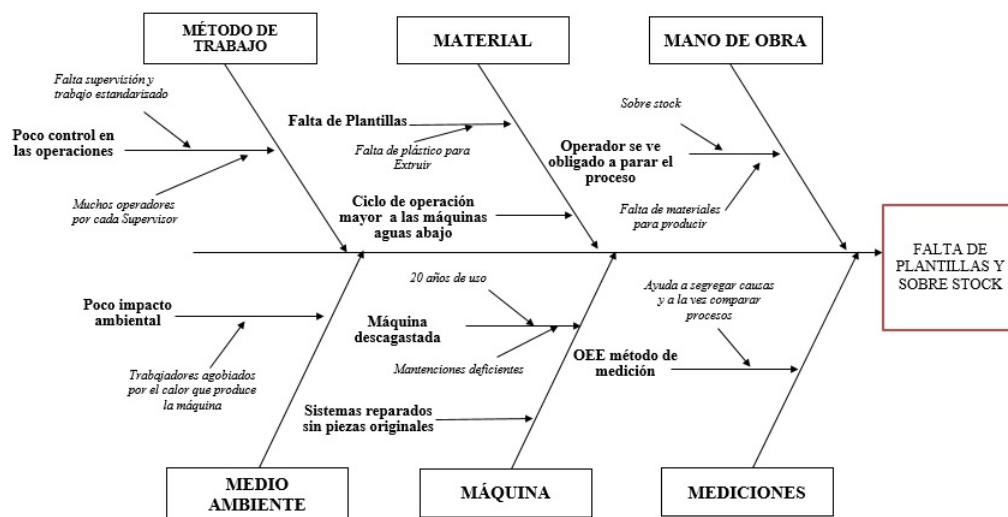


Figura 5.2: Diagrama Causa Efecto problemas operacionales

5.3.2.1 Diagrama de proceso

El plástico llega en sacos de 700[kg], dichos sacos son adquiridos por el equipo de logística con meses de anticipación, por tanto es poco probable que la paralización se deba a que se quedaron sin plástico para producir. Dicho plástico es extruido y almacenado para su consumo en el proceso.

La paralización se produce cuando los encargados de producción deciden cambiar de imprevisto en la fabricación de un modelo debido a cualquier problema aguas abajo en el proceso, en ese momento se necesitan plantillas de un modelo que no hay en stock, debiendo cambiar de nueva cuenta el plan de producción.

Si la plantilla llega en buen estado a la máquina, se termoforma, obteniendo su forma final, y se almacena para ser consumida a la brevedad por el proceso siguiente. Cualquier problema en la máquina que sigue en el proceso repercute en la cantidad de productos almacenados, provocando la paralización por tener demasiados productos disponibles. Los principales eventos críticos detectados son:

-
1. Coordinación a la hora de producir.
 2. Disminuir al mínimo las detenciones de las máquinas aguas abajo en el proceso.

5.4 PLAN DE ACCIÓN

Como se describe en la Ruta del CTC (5-Pino, 1991), donde se estudia la aplicación del ciclo de Miyauchi en procesos industriales, se entiende el plan de acción como las contramedidas que se deben adoptar, para minimizar o eliminar las principales causas que originan las falencias en el proceso. Se deben tener las mayores precauciones, con respecto a las intervenciones en el proceso, ya que, se pueden provocar problemas o efectos dañinos debido a la intervención en el proceso. Por lo mencionado los planes de acciones van a seguir las siguientes líneas de investigación:

1. Revisar y mejorar los protocolos de funcionamiento de los moldes donde se realiza el Termoformado.
2. Proponer mejoras a nivel de funcionamiento y perfiles de temperatura
3. Evaluar la comprar un nuevo equipo auxiliar de calefacción
4. Proponer mejoras ante los cambios imprevistos de producción

5.5 EJECUCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

En base a los planes propuesto en la sección 5.4, se procede a ejecutar las acciones planificadas, se debe dar un seguimiento a las acciones implementadas.

5.5.1 Revisión y mejora protocolos en funcionamiento de moldes

Se realizó un estudio de 1 semana de duración sobre el funcionamiento de los moldes, según la información cualitativa entregada por los operadores, los moldes llevan años sin que se les realice una mantención completa a sus sistemas. Además se estudiaron los manuales de la máquina sin mucha información que mencionar.

Se estudiaron las modificaciones realizadas en el control automático y PLC's que gobiernan el desempeño de los calefactores, sin encontrar nada extraño en su *software* ni *hardware*. Por lo que se propone realizar una mantención general al sistema de moldeo de la máquina para descartar posibles complicaciones, esta mantención estuvo liderada por el Jefe de mantención, se cambiaron piezas móviles y lubricaron sistemas, se revisó el correcto funcionamiento de calandras y equipos auxiliares, se realizó el día Sábado 8 de Noviembre del año 2014 en las instalaciones de la empresa⁵. Los recursos para el desarrollo de las mejoras son aportados desde el fondo de proyectos OEE. La principal limitante es la incapacidad de encontrar repuestos originales en Chile, debiendo recurrir a la pericia de torneros especialistas. En la mantención estuvo involucrado el operador de la máquina, quien realiza la investigación, 2 personas del equipo de mantención, el jefe de

⁵Todo tipo de intervención que involucre a las máquinas del proceso, se debe realizar fuera de los horarios de producción

mantención y 2 personas del equipo de Calidad. Los resultados fueron positivos, se terminó la jornada Termoformado piezas conformes según Calidad.

5.5.2 Revisión de perfiles de temperatura

Se pudo verificar que se cumplen casi a cabalidad los perfiles sugeridos por el fabricante con respecto a los diferentes espesores para el plástico que se debe termoformar.

5.5.3 Evaluación de compra de calefactor secundario

Se cotizó el valor de los calefactores secundarios en varios lugares ⁶, se obtuvo como precio de referencia 5.000.000[CLP]. Para realizar esta evaluación se debe considerar que cada plantilla Termoformado tiene un valor de 1.500 [CLP] según el método de costeo interno y además que el equipo nuevo es un 30 % más eficiente que el equipo en uso.

Se estima que se puede evitar que 400 plantillas sufran un Termoformado defectuoso inutilizando los productos, bajo este supuesto se obtiene un ahorro de 600.000 [CLP] en ahorro en plantillas. El nuevo equipo consume un 30 % menos potencia que el equipo utilizado. El equipo actual, consume 3[kW] y está encendido 8,58 [h] por turno, dos turnos por día, lo que en el mes significa un consumo energético de aproximadamente 1000[kWh/mes] lo que se traduce a 70.000[CLP/mes] el cual puede ser reducido en un 30 %, obteniendo un ahorro de 20.000[CLP/mes].

⁶Andexport, encargada de importación y distribución de equipos industriales de diferentes rubros, presenta el precio más competitivo, aproximadamente 5.000.000

Si se suma este valor al ahorro generado por evitar desperdicios, se estaría pagando la inversión en 9 meses. Para que el análisis sea más real, se puede sólo considerar el valor que le agrega la Termoformadora al producto, ya que el plástico de las contrapuestas defectuosas es reutilizado. El valor que agrega la máquina a los productos equivale a un tercio del valor nominal de la contrapuerta Termoformado, es decir 500 pesos. Por tanto al mes se ahorran 200.000 pesos en proceso mal utilizado. Salta a la vista que el Payback será casi de dos años y la vida útil del equipo son 10 años. Por tanto la decisión correcta debe ser adquirir el equipo.

5.5.4 Realizar un plan ante las contingencias de producción

Se realizó un plan en caso que hubiese cambios bruscos en la producción a modo de evitar perder tiempo en las paralizaciones. Además se llevó a cabo un levantamiento de todas las plantillas en stock, encontrando plantillas de modelos que ya no se encuentran en producción. Se trabajó en una jornada inspirada en la 5S ⁷, para organizar las plantillas disponibles y desechar las que no están en uso. En el rack de almacenamiento se instalaron placas identificadoras para cada modelo actual en fabricación. Procurando, contar con un stock mínimo en el caso de imprevistos en producción. Dicho stock corresponde a 200 unidades de cada modelo.

⁷Seiri-Seiton-Seiso-Seiketsu-Shitsuke

5.6 COMPROBANDO LOS PROYECTOS, EN BASE A LOS RESULTADOS DE EL PROGRAMA OEE

A continuación se presentan los resultados de la intervención a la Termoformadora de contrapuestas Illig #1, las mediciones fueron realizadas desde el 01 de Noviembre al 31 de Diciembre. En la tabla 5.1, se presentan los resultados globales de las variables que permiten el cálculo de OEE, si se contrastan los valores obtenidos con los de la tabla 4.1, se nota un aumento en la cantidad de unidades conforme en promedio por turno. El tiempo total de trabajo aumentó, pero las unidades producidas sólo crecieron en unas pocas unidades.

Tabla 5.1: Resultados programa OEE implantado en Illig#1

Variables	Valores Promedio
N° de Unidades promedio por turno	322
N° de Unidades Conformes por turno	301
Tiempo Total de Trabajo	8,48[h]
Tiempo de parada Programada	2,11[h]
Tiempo Planificado	6,05[h]
Tiempo de parada NO Programada	0,88[h]
Tiempo Real	5,48[h]
Velocidad del ciclo	65[Unidades/hora]

En la tabla 5.2, se presentan los resultados globales para el programa OEE, una vez analizados los resultados en las etapas previas. Se obtuvo un indicador general de 74 %, bajando 4 puntos porcentuales con respecto a las mediciones iniciales. La gran diferencia la marcó la disponibilidad del equipo, quien tuvo un descenso de 3 por ciento, con respecto a los datos presentados en la tabla 4.2. La calidad y rendimiento se mantuvieron relativamente constantes.

Al igual que en el capítulo 4 Se va a segregar el análisis por turnos, en la tabla 5.3, se presentan los resultados de OEE para el turno día. El indicador global

Tabla 5.2: Datos OEE obtenidos en Illig #1

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	92 %
Disponibilidad	83 %
Rendimiento	98 %
OEE	74 %

de OEE para el turno día fue de 74 %, dos puntos menos que en la evaluación previa, el principal factor que justifica esta baja es la disminución en el factor calidad y rendimiento de los productos fabricados en el turno día.

Tabla 5.3: Datos OEE obtenidos en Illig #1, Turno de día

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	91 %
Disponibilidad	85 %
Rendimiento	96 %
OEE	74 %

En cambio en la tabla 5.4, se muestran los resultados para el turno de noche, donde el aumentó el factor calidad y rendimiento. Pero se produjo una violenta caída en la disponibilidad del equipo.

Tabla 5.4: Datos OEE obtenidos en Illig #1, Turno de noche

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	92 %
Disponibilidad	81 %
Rendimiento	99 %
OEE	74 %

LLama la atención que los resultados previos, comprendido entre el 11 de Septiembre del 2014 y el 31 de Octubre del 2014 y los resultados actuales entre el 03 de Noviembre y el 31 de Diciembre del 2014, alcanzaron un 99 % de Rendimiento.

5.6.1 Resultados factor Calidad

A continuación se presentan los resultados para el factor calidad, en términos globales, el factor de calidad tuvo un comportamiento sin mayores fluctuaciones, con un promedio total de 92 % de piezas totales conformes. En las páginas previas, se mencionó que los principales problemas de calidad estaban en las deformaciones o procesos relacionados con la transferencia de calor. En la tabla 5.5 se presentan los resultados globales para el periodo de medición post-implementación de los planes de mejora.

Si bien los resultados parecen poco alentadores con respecto a las mejoras, en la figura 5.2, se presenta la distribución de productos deformados con

Tabla 5.5: Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa Acumulada
Deformados	927	60 %
Recorte Defectuoso	287	78 %
Arruga	155	88 %
Plantilla Contaminada	94	94 %
Problemas con él Toma Plantillas	120	86 %
Omega Defectuoso	21	99 %
Bajo Espesor	17	99 %
Sobre espesor	10	100 %
Radios Defectuosos	0	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		1557

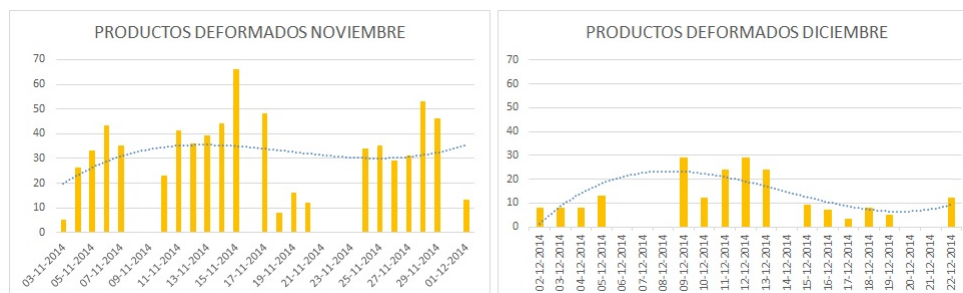


Figura 5.3: Distribución deformaciones durante el periodo de medición

respecto a los días de medición, en la línea de tendencia se aprecia una pendiente decreciente del número de unidades deformadas.

Los productos deformados subieron durante el periodo final de medición, si bien estos resultados globales no son los esperados. El porcentaje total de productos deformados subió de 54 % a 64 %, lo que indica que el impacto de los productos que requieren transferencia de calor aumentan, esto se debe a que las mediciones fueron realizadas en periodos de tiempos en que las temperaturas de Santiago son muy altas. En la tabla 5.6 se presentan los resultados finales del turno

Tabla 5.6: Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Illig#1, turno día

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa Acumulada
Deformados	494	64 %
Recorte Defectuoso	115	78 %
Arruga	66	87 %
Plantilla Contaminada	41	92 %
Problemas con el Toma Plantillas	35	97 %
Omega Defectuoso	14	99 %
Bajo Espesor	11	100 %
Sobre espesor	10	100 %
Radios Defectuosos	0	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		776

Tabla 5.7: Resumen acumulado de defectos de Calidad registrados, Ilig#1, turno noche

Tipo de Defecto	Frecuencia	Frecuencia relativa Acumulada
Deformados	433	55 %
Recorte Defectuoso	172	77 %
Arruga	89	89 %
Plantilla Contaminada	53	96 %
Problemas con el Toma Plantillas	25	99 %
Omega Defectuoso	6	99 %
Bajo Espesor	3	100 %
Sobre espesor	0	100 %
Radios Defectuosos	0	100 %
Total de Unidades defectuosas registradas		781

día, se registra un pequeño aumento de 30 unidades de productos deformados, con respecto a la primera medición, el recorte defectuoso y arruga completan el registro. En la tabla 5.7 se presentan los resultados para el turno noche, el número de unidades deformadas aumentó en 130 unidades, con respecto a la medición previa, aun así el total de unidades defectuosas registradas es menor que en la medición previa.

5.6.2 Resultados para el factor disponibilidad

Al igual como se realizó con el factor de Calidad, se va a revisar en detalle los factores de mayor influencia en el factor Disponibilidad. Hay que recordar al lector que en el proyecto de disponibilidad presentado en las secciones precedentes se plantearon mejoras a nivel operacional.

En la tabla 5.8 se presentan los valores totales durante el programa final de recolección de datos. Al igual que en las mediciones previas, el tiempo que se

pierde por concepto de detenciones planificadas ⁸ es mucho en comparación con el tiempo de paralización no programada, donde el tiempo total de paralizaciones programadas, equivale a 18 turnos completos de producción. Equivalente a un 73 % de total de paralizaciones que se registró en la máquina.

Tabla 5.8: Resumen total de Detenciones acumuladas programa final, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
A	Detención Planificada	9640	73 %
L	Viajes a botadero	1189	82 %
Ñ	Sobre stock	922	89 %
K	Falta de materia prima	580	94 %
O	Otro	425	97 %
E	Falla Mecánica	205	92 %
D	Falla Eléctrica	91	99 %
M	Falla cargador de planchas	90	100 %
H	Falla Alimentador	20	100 %
I	Falla de calefacción	20	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
J	Falla Bomba de vacío	0	100 %
N	Molde sucio	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			13182

Con respecto a las paralizaciones no programadas se presentan los resultados en la tabla 5.9, se registró un total de 3541[min] de paralizaciones, lo que equivale a 59 horas de detenciones sin previo aviso. A diferencia de las mediciones previas donde el problema de Sobre stock y falta de materia prima ocupaban las principales causas de paralización, ahora lo son los viajes a botadero. La falta de materia prima se redujo de 775[min] de paralización a los 580[min], a diferencia de la paralización por sobre stock, en primera instancia registró 848[min], en la tabla 5.9 se registran 922[min].

Si bien las medidas adoptadas involucran mejorar los tiempos de paralización tanto para el sobre stock como para falta de materia prima.

⁸Detenciones producto del uso de baño, colación y almuerzo

Tabla 5.9: Resumen total de Detenciones no programadas acumuladas, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
L	Viajes a botadero	1189	28 %
Ñ	Sobre stock	922	52 %
K	Falta de materia prima	580	71 %
O	Otro	425	83 %
E	Falla Mecánica	205	92 %
D	Falla Eléctrica	91	97 %
M	Falla cargador de planchas	90	99 %
H	Falla Alimentador	20	100 %
I	Falla de calefacción	20	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
J	Falla Bomba de vacío	0	100 %
N	Molde sucio	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			3541

Desarrollar mejoras con respecto al funcionamiento de las máquinas aguas abajo, requiere un importante costo en personal de apoyo como económico. Se solicitó una cotización a *Hennecke*, empresa Alemana especialista en espumas rígidas y quien implementó el sistema que se encuentra operativo en la planta de Santiago. La mantención del sistema de inyección de Espuma en conjunto con el reemplazo de piezas móviles y piezas especialmente críticas vale aproximadamente 3 millones de dólares.

Para brindarle profundidad al análisis se van a segregar las paralizaciones no programadas en turnos, en la tabla 5.10, se presentan los resultados para el factor disponibilidad del turno día, si se comparan los resultados de la tabla 4.13 se nota que en la tercera detención, se logra un 68 % de las detenciones totales, en cambio para la revisión a posteriori las mejoras implantadas, el tercer item alcanza el 87 % por lo que se tiene una menor variabilidad en la distribución de los datos, hay mayores detenciones debido a menor cantidad de causas.

Tanto para el turno día como para el turno de noche la paralización

Tabla 5.10: Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
L	Viajes a botadero	654	41 %
Ñ	Sobre stock	502	72 %
K	Falta de materia prima	230	87 %
M	Falla cargador de planchas	90	92 %
O	Otro	70	97 %
E	Falla Mecánica	20	98 %
I	Falla de calefacción	20	99 %
H	Falla Alimentador	10	100 %
D	Falla Eléctrica	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
J	Falla Bomba de Vacío	0	100 %
N	Molde sucio	20	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			1596

con más tiempo acumulado fue *viajes a botadero*, el operador de máquina no debe realizar esta labor, este tiempo es un desperdicio de tiempo, que se debe evitar a toda costa. Llama la atención que una paralización como esta ocurra en procesos productivos modernos que aspiran a ser empresas de clase mundial. El tiempo de paralización no programada es mayor en el turno de noche que en el día. Dicho fenómeno se puede explicar por la menor dotación de personal de mantención en turno de noche. En términos generales la paralización que más preocupa es la registrada como paralizaciones planificadas por producción, se pierde una cantidad de tiempo que claramente no responde a los tiempos que establece producción para dichas actividades. Los viajes a botadero son una paralización en la cual no se debiese incurrir ya que se debe contar con el personal de aseo necesario para llevar los desperdicios del proceso a donde corresponda, a pesar de ser un hecho lógico, se perdieron aproximadamente 20 [hr] en el periodo de medición por este concepto.

Tabla 5.11: Resumen total de Detenciones acumuladas turno día, Illig#1

Código de detención	Tipo de Detención	Tiempo de la detención [min]	Tiempo relativo acumulado
L	Viajes a botadero	535	27 %
Ñ	Sobre stock	420	49 %
O	Otro	355	67 %
K	Falta de materia prima	350	85 %
E	Falla Mecánica	185	95 %
D	Falla Eléctrica	91	99 %
H	Falla Alimentador	10	100 %
F	Falla Neumática	0	100 %
G	Falla transportador	0	100 %
M	Falla cargador de planchas	0	100 %
I	Falla de calefacción	0	100 %
J	Falla Bomba de vacío	61	99 %
N	Molde sucio	20	100 %
Tiempo total detenciones registradas [min]			1946

5.7 PLANIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE NUEVOS PROYECTOS, OTRA VUELTA DEL CICLO

En base a los resultados presentados en la sección 5.6 se buscará dejar planteados nuevos proyectos de mejora, ya que, por motivos de tiempo no se siguió con el estudio para desarrollar los nuevos planes de mejora. Las mediciones en planta Electrolux-Santiago se llevaron a cabo hasta el 31 de Diciembre del 2014. Por dicho motivo en ésta sección se busca entregar una posible planificación para poner en marcha un nuevo plan de mejora. En cuanto al proyecto de Calidad llevado a cabo, los resultados fueron buenos ya que según la figura 5.6, si bien al comienzo de Noviembre, post-intervención, se registró un gran peak de productos deformados, pero la tendencia se redujo en Diciembre donde se pueden evaluar de forma más concreta los resultados del problema, además se debe considerar que en Diciembre hay un clima cálido en Santiago, motivo por el cual es de esperar un mayor número de problemas debido a los procesos de transferencia

de calor. Durante el mes de Enero se compró el Termorregulador solicitado para evitar deformaciones, el real impacto del termorregulador en el proceso no pudo ser medido, ya que fue adquirido una vez concluido el programa de recolección de datos OEE. En cuanto a los proyectos de disponibilidad los resultados fueron dispares, ya que se redujo el número de paralizaciones por falta de material, lo que es endosable de alguna manera al proyecto que involucró un reordenamiento del rack de almacenamiento de plantillas, pero con respecto al problema de sobre stock, se deben intervenir los equipos aguas abajo, lo que involucra muchos recursos monetarios y operacionales, lo que escapa al objetivo de este programa. En cuanto al plan de calidad se debe seguir insistiendo en la mejora continua del proceso, lo que involucra realizar mantenciones preventivas a moldes y piezas complementarias. Llevar hojas de vida de las máquinas e insistir en la compra de repuestos originales, también se debe atacar el problema del recorte defectuoso ya que la inversión en maquinaria no es mucha, y la máquina actual presenta defectos debido a la poca vida útil que le queda por delante. Se puede plantear una meta ambiciosa para el Departamento de Calidad que es llegar a una Calidad del 95 % en un año de aplicado el proyecto. Con respecto al proyecto de Disponibilidad se recomienda tener cuidado en la paralización debido a viaje a botadero por parte del operador, dicha paralización corresponde al departamento de aseo, y está consumiendo tiempo valioso de producción, se debe mantener controlada la falta de materia prima y planear una inversión para las máquinas espumadoras aguas abajo. Las fallas consideradas como peligrosas como la recurrencia en fallas eléctricas, mecánicas o de la instrumentación del equipo, están controladas por el equipo de mantención. Se recomienda disminuir al mínimo las detenciones por problemas operacionales. Se sugiere optar a un 90 % de Disponibilidad como meta.

5.8 ANÁLISIS DEL PLAN DE MEJORAMIENTO, DES- DE LA PERSPECTIVA DEL PROFESOR MIYAUCHI

El objetivo de esta sección, es englobar todos los conceptos revisados a lo largo del capítulo a modo de plan de mejoramiento y estudiarlos desde la perspectiva del profesor Miyauchi. En la figura 1.6 se muestra las posibles etapas a las que está sometido un proceso, pasando por el ciclo de corrección a partir de una falla, por el ciclo de mantenimiento para verificar si la falla fue eliminada, luego de eliminar las problemáticas, se puede optar a una mejora recurriendo al ciclo de mejora. La diferencia entre el ciclo de mejoramiento (ver figura 1.7) y el ciclo de corrección (ver figura 1.9), radica en que en la etapa de verificar el ciclo de mejoramiento, la respuesta es positiva ante la hipótesis planteada. A lo largo de todo el capítulo 5, se han planteado distintas etapas en la evolución del plan de mejoramiento, desde la sección 5.1 hasta la sección 5.4, se planea la mejora, pasando por la determinación de los proyectos a investigar, descripción de los problemas detectados realizando un análisis de causa-raíz hasta llegar al plan de acción, según la figura 1.5 los ciclos de mejoramiento y corrección son iguales hasta la etapa de verificación, donde el ciclo de corrección involucra un mal resultado a la hora de verificar.

En los resultados finales del plan de mejora, se obtuvieron buenos resultados con el proyecto de calidad, ya que el número de productos deformados disminuyó una vez se realizaron las mejoras, en la figura 5.3 queda en evidencia, lo mencionado. En cambio para el proyecto de Disponibilidad pasó la prueba de verificación la falta de material para termoformar, y no pasó la etapa de verificar el sobre stock ya que no se pudo intervenir en las máquinas aguas abajo, de la Termoformadoras. Por lo que se desprende que el proyecto de Calidad y uno de los

proyectos de disponibilidad actuaron bajo el ciclo de mejoramiento de miyauchi, mientras el problema debido a sobre stock no encontró soluciones, por tanto se debe recurrir a la figura 1.9, entrando en la etapa de acción remedial. Si bien se puede entender que al proyecto de falta de materias primas se le aplicó un ciclo de mantenimiento, ya que se detectó una falta de rigurosidad en el orden de las plantillas extruidas, por tanto se actuó en torno a la verificación y se fueron realizando seguimientos para comprobar la mejora según la figura 1.8, una vez que fue solucionado el problema, se generó el plan de mejoramiento.

CAPÍTULO 6. ESCALABILIDAD DEL MODELO DE MEJORA DE MIYAUCHI BASADO EN OEE

Luego de la primera medición al día 31 de Octubre, se realizaron reuniones para presentar los resultados. En vista del nivel de detalle que aporta el programa OEE a las operaciones, se decidió implementar el sistema de medición en diversos puntos de la compañía, a continuación se entregan los resultados generales de cada proceso acompañado de una descripción del mismo.

6.1 TERMOFORMADO DE GABINETES

Se aplicó la misma metodología descrita para la Termoformadoras de contrapueras, donde se realizó una inducción al personal, planteo de metas y alcances, dejando claro, el importante rol del operador a la hora de tomar las mediciones.

El Termoformado de gabinetes es bastante más complejo que el Termoformado de contrapueras, debido a que se debe termoformar en vacío una cavidad de fondo considerable, a partir de una plantilla de poco espesor. Las mediciones comenzaron el día 03 de Noviembre y se desarrollaron hasta el día 31 de Diciembre, en la tabla 6.1 se presentan los resultados, se nota un bajo rendimiento de la máquina, baja disponibilidad, pero aceptable valor obtenido de calidad en sus productos, lo que habla de una máquina que hace sentir el paso del tiempo, pero sigue entregando buenos resultados.

Tabla 6.1: Datos OEE obtenidos en Termoformadora de Gabinetes, Rigo #1

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	91 %
Disponibilidad	89 %
Rendimiento	82 %
OEE	66 %

Un 66 % de resultado global de OEE, habla de un proceso que tienen amplias posibilidades de mejora, según la tabla 1.1 se encuentra en los valores regulares, que aplicando pequeñas mejoras se puede hacer sentir un gran efecto a nivel de producción.

6.2 LÍNEA DE ESTAMPADO, FABRICACIÓN DE COCINAS

La línea de Estampado se encuentra en la planta donde se fabrican cocinas y lavadoras. Específicamente en la fabricación de cocinas, el proceso comienza, entregándole forma a planchas de acero dimensionada, según su aplicación, para ello la compañía cuenta con un gran espacio destinado a estampado donde hay 15 líneas de prensas. El proceso que se describe a continuación comprende una línea de 4 prensas que funcionan en de forma sucesiva para poder fabricar una pieza. En la tabla 6.2, se entregan los resultados de OEE, se obtuvieron excelentes resultados en cuanto al factor Calidad y al factor Disponibilidad, ambos muy cercanos al 100 %, en cambio el rendimiento provocó un descenso en el proceso global.

Tabla 6.2: Datos OEE obtenidos en la línea de estampado de cocinas

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	98 %
Disponibilidad	98 %
Rendimiento	82 %
OEE	78 %

Para realizar el cálculo de OEE se utilizó el ciclo de la máquina más lenta como el ciclo ideal de producción del sistema, ya que ella determina el máximo nivel de producción.

6.3 LÍNEA DE ESMALTACIÓN

La línea de esmaltación consiste en tomar el producto a medio ensamblar, provenientes de la zona de prensas y soldadura, los cuales se pintan con diferentes soluciones de esmalte, dependiendo las sollicitaciones térmicas, en las que se ve enfrentado el material. Se debe tener especial precaución en las componentes internas del horno, donde los gradientes térmicos son bruscos y pueden generar concentración de esfuerzos en los materiales, además de las piezas móviles que pueden ser sometidas a fatiga producto de las fluctuaciones de temperatura.

Tabla 6.3: Datos OEE obtenidos en la línea de esmaltado, planta de cocinas

Valor Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	91 %
Disponibilidad	100 %
Rendimiento	43 %
OEE	39 %

El proceso de Esmaltación, consiste en una cadena que avanza entre dos hornos: uno de secado y otro de coción. Entre ambos hornos, los operadores, son los encargados de sumergir las piezas en las soluciones y colgarlas para que las piezas pasen a través de los hornos. El tiempo de operación del horno de cocción va a determinar el ciclo ideal de producción para el proceso de esmaltación. En la tabla ??, se presentan los resultado del programa OEE, al igual que en el proceso anterior, disponen de buenos porcentajes en el indicador de Calidad y Disponibilidad, pero el rendimiento apenas alcanza un 43 %, por lo que el factor global apenas alcanza un 39 %. Lo que resulta muy poco aceptable para un proceso manufacturero moderno.

IV CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

El presente Trabajo de Titulación tuvo por objetivo, desarrollar un plan de mejora en línea manufacturera de Refrigeradores. Para lograr que ello ocurra se plantearon sub-objetivos que contribuyeron en corroborar la hipótesis del plan de mejora, los cuales fueron comprobados a medida que se fueron desarrollando los capítulos de la investigación.

Durante el desarrollo de los capítulos se analizaron los resultados del sistema de medición OEE, en base a estos resultados se buscó encontrar soluciones a las problemáticas surgidas a través del análisis de datos. Según los resultados obtenidos, el alcance de usar a la herramienta OEE como un precursor de planes de mejora a nivel industrial es amplio y muy prometedor, es tan así, que al final de ésta investigación se comenzaron a instalar paulatinamente los colectores de datos, que discretizan las operaciones de forma electrónica, lo que ayuda al control de las operaciones, ya que de esta manera se puede tener número en pantalla, que indica como se está comportando el proceso y los puntos que presentan mayor nivel de problemas. La principal limitante a la hora de hablar sobre generar planes de mejora en torno a OEE, es la veracidad de los datos que se entregan, haciendo el proyecto con captación electrónica debidamente implementada, elimina esa problemática.

Los resultados generales fueron buenos, se terminó el programa en la Termoformadoras con 74 % de resultado global de OEE, además se desarrollaron planes de mejora según los análisis de los resultados previos de las mediciones realizadas en planta. A modo de recomendación se debe trabajar sobre los tiempos programados de detención y las pequeñas detenciones que a la larga son las que

desperdician el tiempo de producción., en conjunto con controlar los procesos que involucren transferencia de calor. Tal como se mencionó en los capítulos anteriores, el proceso puede ser mejorado con metas ambiciosas a corto plazo, se propone un 95 % en el indicador Calidad y un 90 % en Disponibilidad, por lo que se espera un indicador global de 84 %, 10 punto porcentuales, por sobre los resultados obtenidos en la investigación actual.

A modo general de conclusión, se obtuvieron buenos resultados con la implantación de OEE como elemento que discretiza procesos y segrega causas de los problemas. Se sugiere la implantación de OEE, acompañado de un plan de mejora que se encargue de gestionar los resultados del programa de recolección de datos. A modo de conclusión general, las herramientas proporcionadas por la universidad fueron suficientes para llevar a cabo la investigación. Si bien la especialidad que opté, tiene que ver con el área energética de la mecánica, no se tuvieron mayores inconvenientes, ya que la formación exigente de la universidad, hace que el enfoque para resolver las problemáticas planteados involucre múltiples puntos de vista, enfocándose en la mejor solución antes los problemas planteados.

V REFERENCIAS

- 1-GORENFLO, G. (2009). **The ABC's of PDCA**. En *Accreditation, preparation and quality improvement*, vol. 1, (p. 7). Accreditation, preparation and quality improvement: Accreditation, preparation and quality improvement. Nota.
- 2-Iannone, R. (2013). **Managing OEE to Optimize Factory Performance** . En *Tr*, vol. 1, (p. 16). Department of industrial engineering, University of Salerno, Italy: <http://www.intechopen.com/>. DOI: 10.5772/55322.
- 3-Kennedy, R. (2015). **OEE: The most misused and abused indicator** . En *Tr*, vol. 1.
- 4-Moen, R. (2011). **Evolution of the PDCA Cycle**. En *Tr*, vol. 1, (p. 11). Nota.
URL <http://pkpinc.com/files/NA01MoenNormanFullpaper.pdf>
- 5-Pino, A. P. (1991). **La ruta del CTC**. En *Calidad y procesos industriales*, vol. 1.
- 6-VARGAS, A. (2012). **Implementaci3n de la herramienta OEE en la planta de TEVA PHARMACEUTICAL, M3xico** . En *Trabajo de T3tulo*, vol. 1, (p. 47). Universidad Nacional Aut3noma de M3xico: Universidad Nacional Aut3noma de M3xico. Nota.

ANEXO A

Caso de estudio: Implementación de OEE en planta manufacturera de medicamentos

Con la idea de recopilar experiencias de aplicaciones en otras industrias con respecto al indicador OEE, se presenta como caso de estudio, el trabajo realizado por Angélica Vargas (6-VARGAS, 2012), quien implementó y midió OEE en una empresa farmacéutica en México. El objetivo de la implementación de OEE en Teva fue:

1. Desarrollar una metodología para llevar a cabo las mediciones de la herramienta OEE.
2. Obtener el indicador OEE, del análisis de los resultados obtener datos concretos sobre cuellos de botellas y bajas en Rendimiento.
3. Analizar los datos obtenidos en la implementación de OEE en conjunto, desarrollar nuevas tecnologías para mejorar los procesos.

En cuanto a la implementación. La persona realizó un programa de difusión en donde involucró desde las jefaturas de la empresa hasta los operadores. La recopilación de datos se realizó vía planilla y recolección manual, la cual es llenada por el operador.

6.4 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PLANTA

El periodo de medición fue de 4 meses. En la Tabla 6.4 se presentan los resultados, se estudian los valores más bajos registrados de OEE. Se nota que en ningún mes de medición, se pudo alcanzar un valor superior al 30 % de OEE. Resultados catalogado muy malo para procesos industriales actuales

Tabla 6.4: Peores resultados obtenidos de OEE, según evaluación de datos,
Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores promedios de OEE				
Proceso intervenido	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Sólidos Farmacéuticos	29,81 %	29,53 %	29,01 %	29,78 %
Inyectables Oncológicos	24,26 %	27,13 %	25,93 %	26,47 %

El autor propone analizar los procesos con bajo desempeño e intervenir los procesos que presenten peores resultados. Corresponde a las zonas de Sólidos Farmacéuticos y Oncológicos inyectables.

6.4.0.1 Sólidos Farmacéuticos

El proceso de elaboración de sólidos farmacéutico incluye las 4 máquinas, presentadas en la Tabla 6.5, Los resultados indican que el horno Hogner es el que presenta mayores problemas a la hora de las mediciones.

El autor analiza por separado los factores integrantes de OEE en la búsqueda de la identificación de causas de problemas. En la tabla 6.6 se presentan los resultados para el equipo que presenta un OEE más bajo.

Tabla 6.5: Resultados OEE por equipo intervenido, Sólidos farmacéuticos,
Fuente: Trabajo de título Angelica Vargas

Valores promedios de OEE				
Máquina intervenida	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Tableteadora Killian	34,48 %	32,32 %	33,54 %	31.,99 %
Tableteadora Fette 2200	31,15 %	32,16 %	26,20 %	32,41 %
Tableteadora Fette 2100	32,20 %	31,48 %	30,99 %	31,44 %
Horno Hogner	21,39 %	22,16 %	25,25 %	23,27 %

Se nota una gran diferencia entre los indicadores que componen el OEE, por tanto el factor crítico es la Disponibilidad del equipo que alcanza un 37,44 % del tiempo en línea.

Para lograr un análisis más acabado se recurre a la Figura 6.1, que muestra la distribución de horas de detención según las causas que originan

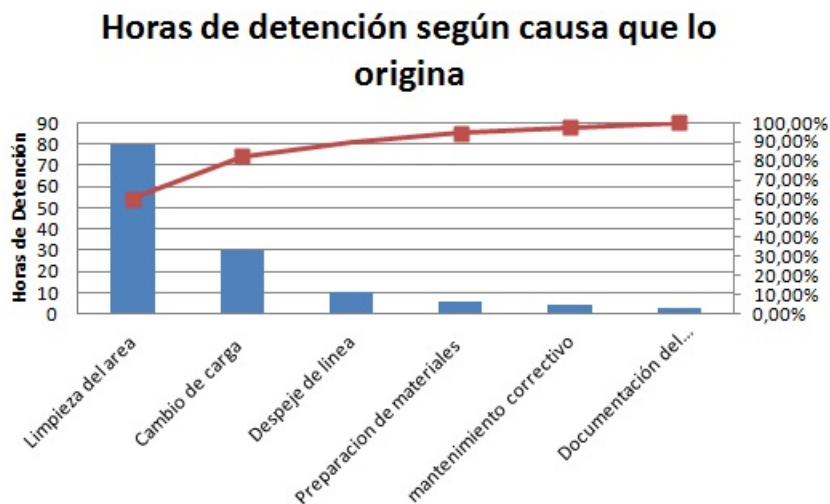


Figura 6.1: Distribución de las Horas de detención según causa origen, Horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Tabla 6.6: Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	99,17 %
Disponibilidad	37,44 %
Rendimiento	64,53 %
OEE	23,95 %

las paralizaciones. Aproximadamente un 60 % se debe al tiempo que demora en limpiar el área de trabajo, lo siguen los cambios de carga en mayor cantidad de tiempo detenido. Los motivos de ambas detenciones son los grandes periodos de tiempo que transcurren entre que el equipo termina de trabajar y el equipo se puede volver a ocupar, debido a los gradientes térmicos involucrados en el proceso.

6.4.0.2 Oncológicos Inyectables

El área de oncológicos inyectables, corresponde a un área de acceso restringido, debido a la naturaleza de los productos fabricados y además de contar con la certificación de área aséptica oncológica. En esta área se detectó que el indicador más bajo de OEE se encuentra en la dosificadora L-50. En la Tabla 6.7 se presentan los resultados del estudio durante el periodo de medición.

Tabla 6.7: Resultados OEE, Dosificadora Oncológicos inyectables, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores promedios de OEE				
Máquina	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Dosificadora L-50	22,09 %	21,82 %	22,98 %	23,79 %

Los factores integrantes de OEE, son presentados en la Tabla 6.8 donde se detecta problemas en la disponibilidad del equipo, también el indicador de Rendimiento presenta un bajo desempeño.

En la Figura 6.1, se presenta la distribución de horas de detención de la máquina, se nota una gran cantidad de tiempo en preparación de las máquinas para realizar cambios de formato y reajustes de las mismas.

Tabla 6.8: Resultados de OEE horno Hogner, Fuente: Trabajo de título Angélica Vargas

Valores Promedio	
Factor OEE	Valor obtenido [%]
Calidad	98,96 %
Disponibilidad	36,51 %
Rendimiento	61,94, %
OEE	22,37 %

En base a los resultados el autor plantea como método de análisis, la capacidad de discriminación ante bajos resultados, en base al indicador de disponibilidad investiga sobre los cuellos de botellas producidos en el proceso y se llega a la conclusión que los SETUP de las máquinas es poco eficiente debido al alto tiempo que demora entre un proceso y otro. Fenómeno atribuible al gradiente térmico que se debe alcanzar entre el punto de fabricación y la manipulación del operador.

6.5 METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA

La metodología seleccionada por autor (6-VARGAS, 2012), fue “*Single Minute Exchange or Die* ” (SMED) debido a los altos tiempos de SETUP. El autor en su presentación ataca los problemas que se generaron en el momento, no aprovecha de generar un modelo en base a las herramientas que ofrece OEE y la experiencia adquirida en planta. Aun así el autor entrega un manual de acción basándose en la filosofía SMED

Grabar el proceso: El objetivo es realizar grabaciones audiovisuales de los proceso, a fin de revisar los tiempos de ciclo.

Separar tareas Internas y Externas: Se entiende que a todas las tareas internas como aquellas en que el operador puede llevar a cabo el proceso con la máquina detenida. En cambio las tareas externas son aquellas que se pueden realizar exclusivamente con máquina encendida.

Conversión de Tareas: Efectuar cambios para transformar tareas internas en externas.

Optimizar Tareas: Una vez efectuados los cambios, se busca optimizar el proceso.

Estandarización de las tareas: Realizar hojas de proceso donde se describa por pasos las tareas y los tiempos que se debe emplear en cada tarea.

A modo de síntesis se puede decir que el trabajo de Angélica (6-VARGAS, 2012) se basa en las mediciones de OEE para aislar un problema evidente. En base a las herramientas de mejora continua aísla las principales causas

de paralizaciones descubriendo problemas en los cuellos de botella a lo que aplica como solución un manual de prácticas de SMED y LEAN manufacturing

ANEXO B

Resultados OEE, Electrolux Latinoamérica

En esta sección se presentan los datos recopilados a lo largo del programa OEE, en Planta de Refrigeradores. Junto con los datos totales de la implantación en Electrolux-Santiago, son presentadas las mediciones Latinoamericanas del OEE, de ahí que se cumple una de las cualidades del OEE que es la contrastabilidad del indicador con otras plantas productivas.

LA Sector OEE Tracking Sector Driver: Caesar A R De Mlo				LA EMA Monthly OEE Tracking											
Plant	Constraint	Process Owner	2014 Target	2014											
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Curitiba Marcos Medeiros	Paint	Gilberto Santos	80,0%	80,0%	82,0%	88,0%	89,0%	91,0%	92,0%	91,0%	92,4%	90,0%			88,4%
	Thermoforming	Antonio Fuckner	80,0%	70,0%	71,0%	70,0%	78,0%	81,0%	73,0%	73,0%	80,0%	81,7%			75,3%
	Metal Shop	Ricardo Vaz	65,0%	45,0%	44,0%	58,0%	64,0%	65,0%	65,0%	64,0%	68,0%	65,8%			59,9%
	Foaming	Carlos Chmielenski	75,0%	67,0%	68,0%	76,0%	79,0%	79,0%	73,0%	78,0%	79,1%	79,6%			75,4%
	Thermoforming	Vilmar Melo	80,0%	70,0%	71,0%	70,0%	78,0%	81,0%	73,0%	73,0%	80,0%	81,7%			75,3%
São Carlos Enrico Pedrassoli	Injection Molding	Fernando Emanuel	90,0%	85,5%	87,6%	86,2%	82,0%	81,8%	-	79,7%	79,6%	83,3%			83,2%
	Paint	Juliana Moraes	95,0%	98,2%	96,3%	98,2%	91,1%	91,0%	83,8%	93,8%	89,1%	85,7%			91,9%
	Cabinet Line	Junio Xavier	75,0%	70,3%	69,2%	72,5%	55,1%	62,8%	-	64,8%	64,6%	72,3%			66,5%
	Metal Presses	Oswaldo Junior	76,0%	67,9%	69,1%	77,9%	71,6%	66,8%	-	74,0%	70,0%	61,0%			69,8%
Manaus Marcelo Morandi	Paint	Vladiney Cardoso	98,1%	90,2%	84,8%	86,0%	85,2%	89,0%	83,7%	88,5%	94,2%	84,1%			87,3%
	Welding Line	Augusto Pires	94,7%	86,1%	80,8%	86,9%	87,2%	83,0%	85,2%	77,7%	89,3%	84,3%			84,5%
	Press CD200	Vladiney Cardoso	85,0%	83,9%	77,6%	69,2%	59,8%	75,5%	88,6%	79,9%	53,2%	72,5%			73,4%
	Brazing Line	Vladiney Cardoso	85,0%	85,5%	65,9%	96,5%	50,7%	88,6%	97,6%	87,9%	81,1%	80,7%			81,6%
Santiago Carlos Andueza	Thermoforming door	Francisco Rojas	70,0%									69,0%	78,3%	73,9%	74,4%
	Thermoforming cabinet	Francisco Rojas	65,0%										63,1%	68,2%	65,9%
	Plastic Extruder	Francisco Rojas	65,0%										69,6%	59,5%	60,95%
	Injection Molding	Geison Rodriguez	85,0%	78,7%	80,9%	82,0%	85,3%	79,3%	82,1%	82,9%	87,0%	87,3%	85,2%	88,0%	86,0%
	Metal Shop	Luis Cortés	70,0%										78,8%	78,0%	78,5%
	Enamel	Luis Caceres	60,0%											36,4%	44,8%

Figura 6.2: Resultados obtenidos por Electrolux Latinoamérica