

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

Mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la línea de impresión  
de plásticos

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Luis Jovanny Rivadeneira Morales  
Ronny Romario Rodríguez González

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios por ser guía en este paso por la vida y ser mi fortaleza en momentos difíciles.

A mis padres, ya que por ellos lucho día a día para poder cumplir mis sueños y es por ellos que esos sueños cada vez serán más grandes.

Y por último a los profesores y nuestro tutor, resaltando su tiempo en dedicación a la ayuda brindada y así culminar con éxito lo que se trazó al principio.

Ronny Rodríguez.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud, fuerza y valentía para llevar a cabo este sueño. Además, agradezco a mis padres por apoyarme incondicionalmente a lo largo de estos años de carrera, finalmente a todos los amigos que hice en el camino para forjarme como profesional.

Luis Rivadeneira

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Dios por llenarme de valentía y seguir cumpliendo metas trazadas en este paso por la vida. A su vez, agradezco del apoyo consistente de mis queridos padres que han forjado el trabajo y la dedicación en mí. Por último, a los amigos y educadores que a lo largo de esta carrera como estudiante me han llenado de conocimientos y de habilidades para poder cumplir mis sueños.

Ronny Rodríguez.

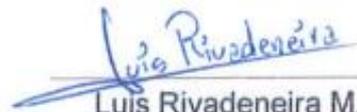
## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ronny Romario Rodríguez González y Luis Jovanny Rivadeneira Morales damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Ronny Rodríguez G.

AUTOR 1



Luis Rivadeneira M.

AUTOR 2

## EVALUADORES



M.Sc. Sofia López

PROFESOR DE LA MATERIA



PhD. Kleber Barcia

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación se lleva a cabo en una planta dedicada a la fabricación de fundas biodegradables personalizadas, localizada al Norte de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

Este estudio se realiza en el área de impresión, el cual es el cuello de botella de todos los procesos de la empresa, la cual ha tenido una baja eficiencia general de los equipos (OEE) según los datos históricos analizados, el objetivo principal de este proyecto es el de mejorar el OEE de la Impresora #4 que es la máquina más crítica en el área de impresión, finalmente se seleccionan 2 factores: la disponibilidad y rendimiento, las cuales son los que reflejan menor valor.

La metodología utilizada para cumplir los objetivos de este proyecto es DMAIC, la cual consta de 5 etapas: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control.

En la etapa de Definición se requirió el uso de algunas herramientas de Calidad como Voice Of Customer (VOC), Critical To Quality (CTQ), 3W+2H, SIPOC, continuando con la etapa de Medición en la cual se detalló la estratificación basada en varios criterios analizados, finalmente un plan de verificación de datos y confiabilidad de los datos.

En la etapa de Análisis se realizó un focus group con todas las personas involucradas en la línea en estudio, para lograr determinar las causas raíces y lograr encontrar las causas potenciales basado en los 5 porque's.

En la etapa de mejora a cada causa raíz se le generan soluciones para ser sometidas a un análisis esfuerzo-impacto, quedando como solución la implementación de 5S y SMED.

Finalmente, Al mejorar las variables del OEE tanto disponibilidad y rendimiento que pasaron de 63% a 70% y de 57% a 65% respectivamente, el OEE de la impresora 4 mejoró de 33% a 42%. Además, el tiempo de cambio promedio paso de 288,12 a 231,12 minutos. Para generar una utilidad neta promedio de \$3.464,94 al mes.

Palabras Clave: OEE, Disponibilidad, Rendimiento, Calidad, DMAIC, 5S, SMED.

## **ABSTRACT**

*This titling project is carried out in a plant dedicated to the manufacture of custom biodegradable covers, located north of the city of Guayaquil, Ecuador.*

*This study is carried out in the printing area, which is the bottleneck of all the company's processes, which has had a low overall equipment efficiency (OEE) according to the historical data analyzed, the main objective of this project It is to improve the OEE of Printer # 4 which is the most critical machine in the printing area, finally 2 factors are selected: availability and performance, which are those that reflect less value.*

*The methodology used to meet the objectives of this project is DMAIC, which consists of 5 stages: Definition, Measurement, Analysis, Improvement and Control.*

*In the Definition stage the use of some Quality tools such as Voice Of Customer (VOC), Critical To Quality (CTQ), 3W + 2H, SIPOC was required, continuing with the Measurement stage in which the stratification based on several criteria analyzed, finally a plan for data verification and data reliability.*

*In the Analysis stage, a focus group was carried out with all the people involved in the line under study, in order to determine the root causes and find the potential causes based on the 5 reasons.*

*In the stage of improvement of each root cause, solutions are generated to be subjected to an effort-impact analysis, leaving as a solution the implementation of 5S and SMED.*

*Finally, by improving OEE variables both availability and performance that went from 63% to 70% and from 57% to 65% respectively, the OEE of printer 4 improved from 33% to 42%. In addition, the average change time went from 288.12 to 231.12 minutes. To generate an average net income of \$ 3,464.94 per month.*

*Keywords: OEE, Availability, Performance, Quality, DMAIC, 5S, SMED.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.1.1 Variable de interés.....	3
1.1.2 Alcance.....	5
1.1.3 Restricciones .....	5
1.2 Justificación del problema .....	6
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Marco teórico .....	6
1.4.1 DMAIC .....	6
1.4.2 OEE.....	7
1.4.3 VOC.....	8
1.4.4 Diagrama de Pareto.....	8
1.4.5 SIPOC .....	8
1.4.6 Mapeo de la cadena de valor.....	8
1.4.7 Diagrama de Ishikawa .....	8

1.4.8	Matriz Impacto-Esfuerzo .....	9
1.4.9	5 Porque´s .....	9
1.4.10	Sostenibilidad .....	9
1.4.11	Revisión Literaria .....	9
CAPÍTULO 2 .....		11
2.	Metodología.....	11
2.1	Medición.....	11
2.1.1	Plan de recolección de datos .....	11
2.1.2	Verificación de datos.....	12
2.1.3	Mapeo de la cadena de valor .....	18
2.2	Análisis.....	20
2.2.1	Análisis de las causas.....	20
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	25
2.2.3	Análisis de causas .....	26
2.2.4	Determinación de las causas raíz .....	29
2.3	Mejoras .....	31
2.3.1	Lluvia de ideas.....	31
2.3.2	Selección de soluciones .....	32
2.3.3	Plan de implementación de las soluciones.....	33
2.3.1	Descripción de las soluciones.....	35
2.4	Implementación.....	36
2.5	Control. ....	47
CAPÍTULO 3 .....		49
3.	Resultados y análisis.....	49
CAPÍTULO 4 .....		55
4.	Conclusiones y recomendaciones .....	55

4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones.....	56
	BIBLIOGRAFÍA .....	57
5.	Bibliografía .....	57
	APÉNDICES .....	59

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality
3W+2H	What, Where, When, How much, How do I know
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
VSM	Value Stream Mapping
OEE	Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos
OEE Hist.	OEE Histórico
OEE Act.	OEE Actual
T1	Turno 1 (7am a 7pm)
T2	Turno 2 (7pm a 7am)
SMED	Single Minute Exchange of Die
AV	Actividades que agregan valor
NAV	Actividades que no agregan valor
NAVN	Actividades que no agregan valor, pero es necesario
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
PNP	Paras no porgramadas

## SIMBOLOGÍA

n	Tamaño de la muestra
p	Proporción
l	Margen de error
z	Nivel de confianza
%	Porcentaje
M <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m/min	Metros por minutos
seg/saco	Segundos por saco

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 OEE Mensual Promedio .....	2
Figura 1.2 Herramienta 3W+1H.....	2
Figura 1.3 Voice of Customer .....	4
Figura 1.4 SIPOC de elaboración de fundas .....	5
Figura 2.1 Porcentaje de tiempo de paras observadas durante el muestreo .....	12
Figura 2.2 OEE por impresora.....	13
Figura 2.3 OEE de la impresora #4 .....	14
Figura 2.4 Diferencia de medias entre OEE histórico y actual. ....	14
Figura 2.5 Diferencia de medias entre OEE T1 y T2 .....	15
Figura 2.6 Criterios de estratificación .....	15
Figura 2.7 Serie de tiempo de la Disponibilidad en la Impresora #4 .....	16
Figura 2.8 Serie de tiempo del Rendimiento en la Impresora #4 .....	16
Figura 2.9 Problema Enfocado para Disponibilidad .....	17
Figura 2.10 Problema Enfocado para Rendimiento .....	17
Figura 2.11 VSM del producto #1 .....	19
Figura 2.12 Focus Group .....	20
Figura 2.13 Diagrama Causa-Efecto para la baja disponibilidad .....	21
Figura 2.14 Diagrama Causa-Efecto para el bajo rendimiento .....	21
Figura 2.15 Pareto de las causas que afectan la baja disponibilidad.....	23
Figura 2.16 Pareto de las causas que afectan el bajo rendimiento.....	24
Figura 2.17 Diagrama Impacto-Control.....	25
Figura 2.18 Verificación estadística. Del tiempo de Set-up.....	26
Figura 2.19 figuras muestran las herramientas por doquier .....	27
Figura 2.20 Tiempo de cambio de rollos.....	28
Figura 2.21 Fotos de rollos con defectos.....	28
Figura 2.22 Tiempo de paras de la máquina .....	29
Figura 2.23 Muestra los rollos seleccionados a ser utilizados .....	29
Figura 2.24 Causas raíz con sus respectivas posibles soluciones .....	31
Figura 2.25 Matriz impacto-esfuerzo .....	32
Figura 2.26 Inducción del 5S y SMED .....	36
Figura 2.27 Tarjetas rojas .....	38

Figura 2.28 Operador colocando tarjeta roja .....	39
Figura 2.29 Elemento con tarjeta roja colocada.....	39
Figura 2.30 Tablero para las herramientas.....	40
Figura 2.31 Repisa para las bombas disponibles .....	41
Figura 2.32 Área limpia .....	41
Figura 2.33 Antes de aplicar 5S .....	42
Figura 2.34 Después de aplicar 5S .....	42
Figura 2.35 Etapa de SMED.....	43
Figura 2.36 Número recomendado de ciclos de observación .....	43
Figura 2.37 Otida del proceso actual de cambio de formato.....	45
Figura 2.38 Otida con proceso mejorado.....	47
Figura 3.1 Antes y después del mal uso del equipo de trabajo.....	50
Figura 3.2 Cambio de la ponderación en la calificación al aplicar 5S .....	50
Figura 3.3 Análisis de diferencia de media del tiempo de cambio de formato.....	53
Figura 3.4 Calculo del OEE en la máquina 4 luego de mejoras.....	53
Figura 3.5 Prueba de diferencia de medias del OEE actual y el OEE luego de aplicar las mejoras .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	11
Tabla 2.2 Tabla de ponderación de las causas .....	22
Tabla 2.3 Tabla de resultados del impacto de las posibles causas que afectan la baja disponibilidad. ....	22
Tabla 2.4 Tabla de resultados del impacto de las posibles causas que afectan el bajo rendimiento. ....	23
Tabla 2.5 Tabla de evaluación de control de las causas. ....	24
Tabla 2.6 Plan de verificación de causas. ....	25
Tabla 2.7 Tiempos de actividad y paras de la máquina .....	27
Tabla 2.8 Lista de defectos que presentan los rollos .....	28
Tabla 2.9 5 porque´s Para generar las causas raíz .....	30
Tabla 2.10 Causas raíz generadas.....	30
Tabla 2.11 Costos estimados iniciales por propuesta.....	33
Tabla 2.12 Análisis final de las soluciones .....	33
Tabla 2.13 Plan de implementación para implementar 5S.....	34
Tabla 2.14 Cronograma de actividades para implementar 5S .....	34
Tabla 2.15 Plan de implementación para implementar SMED.....	34
Tabla 2.16 Cronograma de actividades para implementar SMED .....	35
Tabla 2.17 Porcentaje de aplicación para cada S.....	37
Tabla 2.18 Superficie del área de la máquina 4 inicialmente .....	37
Tabla 2.19 Frecuencia y disposición .....	40
Tabla 2.20 Selección del operador según nivel de desempeño.....	44
Tabla 2.21 Análisis de actividades .....	46
Tabla 2.22 Actividades Externas e internas.....	46
Tabla 2.23 Plan de control.....	48
Tabla 3.1 Porcentaje de espacio liberado después de aplicar 5S.....	49
Tabla 3.3 Descripción de actividades por su tiempo.....	51
Tabla 3.2 Descripción de actividades por su cantidad .....	51
Tabla 3.4 Conversión de actividades internas en externas.....	51
Tabla 3.5 Resultado de eliminación de actividades internas .....	51
Tabla 3.6 Flujo de cajas .....	52

Tabla 3.7 Resultados del flujo de cajas .....52

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa en la cual se desarrolló este proyecto se dedica a la producción y comercialización de soluciones de empaque de plástico, la cual realiza varios procesos para llevar a cabo su producto terminado, estos procesos son: peletizado, extrusión, impresión, sellado, almacenaje y distribución.

Siendo el proceso de impresión el de mayor demanda, o cuello de botella, es en el cual se realiza el estudio del mejoramiento de OEE.

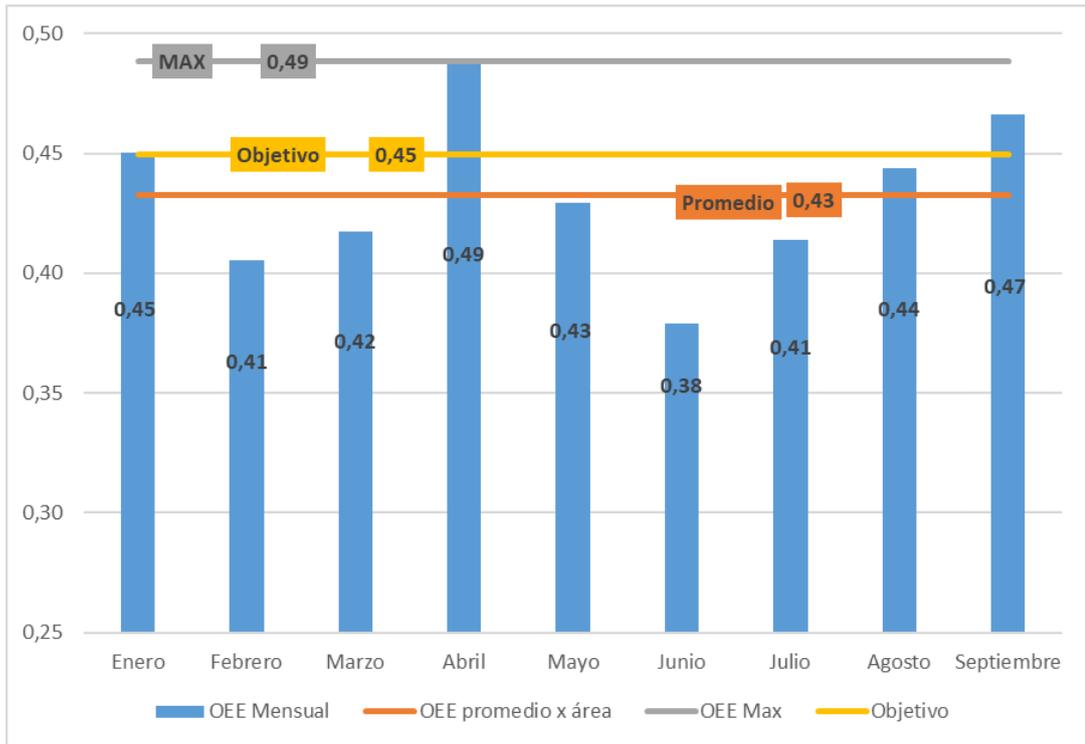
Las máquinas impresoras son las más utilizadas en la empresa, razón por lo cual generalmente no paran y no se realiza un mantenimiento o limpieza programado.

La impresora #4 es una de las más importantes para analizar, ya que es donde se envían la mayor variedad de productos y es la impresora que presenta la mayor cantidad de cambios de formatos.

La finalidad de este proyecto es proponer mejoras para la impresora #4, para que se realicen los cambios de formato de manera más ágil, así como mantener el área organizada, las herramientas visibles y accesibles para su rápido uso, logrando así mejorar el OEE de esta máquina.

### 1.1 Descripción del problema

En base a los datos históricos proporcionados por la empresa desde enero a septiembre del 2019 se realizó un análisis del OEE promedio mensual que es de 43%, el cual se presenta en la Figura 1.1. Además, se señala el máximo que ha alcanzado la empresa, que es de 49% y el objetivo o alcance que se propone mejorar es de 45%.



**Figura 1.1 OEE Mensual Promedio**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Con ayuda de la herramienta 3W+2H que se puede visualizar en la figura 1.2, se realiza el planteamiento del problema que ayuda a comprender el mismo con mayor detalle.



**Figura 1.2 Herramienta 3W+1H**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Quedando así el problema definido:

*“El OEE en el área de impresión de plásticos de enero a septiembre del 2019 ha sido del 43% en promedio mensual, cuando la compañía ha alcanzado el 49%”.*

A continuación, se detalla que fórmulas se utilizaron para el cálculo del OEE histórico

Siendo el OEE afectado por 3 variables como muestra la ecuación 1.1.

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

Cada uno de los factores que afecta al OEE se observan en la Ecuaciones (1.2) , (1.3), (1.4), respectivamente.

$$\mathbf{Disponibilidad = \frac{Tiempo disponible - Paras programadas - Paras no programadas}{Tiempo disponible} * 100} \quad (1.2)$$

$$\mathbf{Rendimiento = \frac{Unidades producidas}{Velocidad_{ideal} * tiempo operacional}} \quad (1.3)$$

$$\mathbf{Calidad = \frac{Producción total - Producción mala}{Producción total}} \quad (1.4)$$

### 1.1.1 Variable de interés

Una herramienta muy útil que se utiliza en esta sección es el VOC (Voice of Customer) que ayuda a escuchar, plasmar y traducir las necesidades del cliente en drivers y luego en variables críticas que se pueden observar en la figura 1.3.



**Figura 1.3 Voice of Customer**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

La variable crítica que se ha identificado se observa en la ecuación 1.5 que es el OEE, el cual es una variable muy relevante para el desarrollo del proyecto, sin dejar de lado las demás que atañen el tema de la sostenibilidad.

La variable de respuesta seleccionada “Y” es el OEE, el cual es expresado en porcentaje.

$$OEE = D * R * C \quad (1.5)$$

### 1.1.2 Alcance

En esta sección se utiliza la herramienta SIPOC. Esta herramienta permite conocer de manera macro el proceso y definir en qué sección o proceso se va a enfocar, la misma que está compuesta por Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer. Teniendo como proceso a analizar el de impresión tal como se muestra en la figura 1.4.

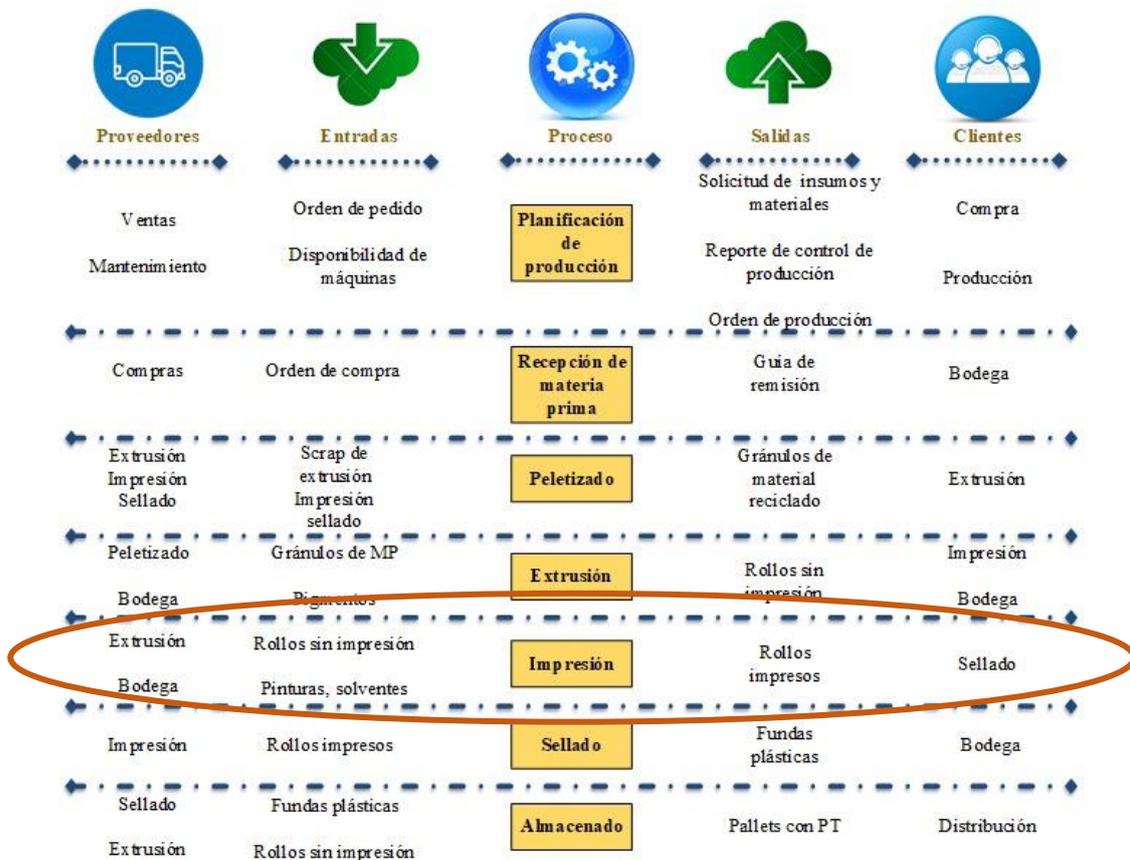


Figura 1.4 SIPOC de elaboración de fundas

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Se puede observar de la figura 1.4 que este proyecto está enfocado en el área de impresión, que al mismo tiempo se analizan los factores que aquejan el bajo OEE, sea aguas arriba como materia prima.

### 1.1.3 Restricciones

Las restricciones que se han identificado para este proyecto son las siguientes:

- El número de trabajadores es variado porque los asistentes son compatibles entre las impresoras.

- La contratación no está permitida.

## **1.2 Justificación del problema**

En la actualidad gran parte de las industrias han tomado la iniciativa de implementar metodologías para la mejora continua en sus procesos, con la finalidad de mejorar la productividad de las plantas.

El OEE por sus siglas en inglés o Eficiencia General de los Equipos es un indicador muy útil para poder visualizar algunas partes o procesos a los cuales se les pudiera mejorar, midiendo la eficiencia de los equipos.

Aunque, si el indicador (OEE) es mal calculado, reflejará que el proceso es eficiente cuando es el caso contrario, habiendo problemas de paros no programadas, calidad de los productos, y no se podrá mejorar el mismo.

Por este motivo es de suma importancia tener bien identificados los factores que afectan a los indicadores del OEE, y que refleje el estado real de la planta. El actual proyecto busca que se tomen de manera correcta cada uno de estos factores que afectan al OEE.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Mejorar el OEE en la línea de impresión de plásticos del 43% al 45% utilizando la metodología DMAIC.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Usar herramientas identificando y evaluando las causas que afectan la OEE.
- Diseñar propuestas de mejora para las causas críticas que afectan a la OEE.
- Diseñar un formato de control para los procesos implementados.
- Reducir los tiempos de preparación que ataca el pilar económico de la sostenibilidad.
- Reducir residuos por calibración.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 DMAIC**

DMAIC es una metodología de mejoramiento la cual tiene como finalidad lograr que las empresas que la apliquen sean eficientes y eficaces, ininterrumpidamente orientadas con los requerimientos específicos de los clientes. Se basa en el trabajo grupal siendo una táctica para lograr crear las capacidades de la empresa y de los individuos implicados.

Para alcanzar estas metas el DMAIC se basa en cinco etapas; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Cuya López, 2017).

El método Seis Sigma, conocido como DMAIC, trata en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar, controlar (Pérez López & Minor García, 2014).

- **Definir:** En esta etapa inicial se realiza el planteamiento del problema con la ayuda de algunas herramientas de ingeniería como; VOC, SIPOC, CTQ, 3W+2H. Logrando así obtener el alcance del proyecto, variable de respuesta, objetivos y restricciones del mismo.
- **Medir:** En esta fase se realiza un plan de recolección de datos relacionados con la variable de respuesta, y se realiza la toma de estos datos, mismos que serán útiles para la etapa de análisis.
- **Analizar:** Se procede al análisis de la data recolectada y data histórica, para luego obtener las causas potenciales que afectan directamente a la variable de respuesta, seguido de aplicar herramientas de análisis e ir localizando las posibles causas potenciales, ponderarlas y seleccionar cuales son más influyentes para mejorarlas o eliminarlas en las fases siguientes.
- **Mejorar:** En esta fase se procede a plantear varias soluciones que atacan a las causas potenciales, y de igual manera que en la etapa de análisis se cuantifica cual es más factible aplicar, siendo seleccionada la que comprenda la mayor cantidad de los objetivos planteados, dando mayor impacto a la solución de la variable de respuesta.
- **Control:** Una vez realizadas las mejoras, lo óptimo es diseñar y documentar controles que ayuden a la organización a mantener esta cultura para siempre (Pérez López & Minor García, 2014).

#### 1.4.2 OEE

El indicador del OEE es adecuado en procesos de fabricación semiautomáticos y automáticos (Phillips, 2001). Además, una razón principal de encontrar el indicador OEE para profesionales y los que buscan estudiar el OEE, ya que es una medida simple y a su vez integral, tanto de eficiencia interna (Jonsson, 1999).

Para el cálculo del OEE básicamente está escrito como:

*OEE= DISPONIBILIDAD X EFICIENCIA DE RENDIMIENTO X RATIOS DE CALIDAD*

Lo cual, la disponibilidad está definida como la relación entre el tiempo de producción planificado menos el tiempo inactivo (cambios e interrupciones) sobre los tiempos de producción planificado. La eficiencia de rendimiento se define como el tiempo de ciclo ideal multiplicado por la cantidad de producto producido durante el tiempo de producción real. La tasa de calidad se define como la relación entre los productos aceptados (producción buena) sobre la cantidad de producto producido (Nakajima, 1988).

### **1.4.3 VOC**

Como propósito primordial es el de generar una lista de necesidades que sea lo más extensa que se pueda, siendo estas tomadas de una charla con los clientes, escuchándolos y transmitiendo sus requerimientos (Torres & Costa Neto, 2018).

### **1.4.4 Diagrama de Pareto**

El Diagrama de Pareto es un gráfico que ayuda a ver visualmente las barras que representan el 80% de algún dato estudiado, como costos, defectos por producto, paras por maquinas, etc. Dándole así mayor importancia a los datos que entran en ese 80% los cuales serán analizados (Sales, 2009).

### **1.4.5 SIPOC**

SIPOC es una herramienta de six sigma la cual muestra de manera gráfica un proceso a detalle, ayudando a establecer el alcance de los proyectos (Schmal Simón, Rivero Flores, & Vida Silva, 2016).

### **1.4.6 Mapeo de la cadena de valor**

Cadena de valor engloba una diversidad de actividades necesarias para que cierto servicio o producto se desplace por medio de las diferentes etapas, es decir desde que se realiza la obtención de la materia prima en el caso de serlo, hasta llegar a los clientes (Padilla & Oddone, 2016).

### **1.4.7 Diagrama de Ishikawa**

Es una herramienta que sirve para lograr encontrar un sin número de posibles causas que están afectando a un problema específico, en la cual se pueden ordenar las causas por sus fuentes, siendo estas: maquinaria, mano de obra, medio ambiente, método, método, proceso (Arroyo, 2010).

#### **1.4.8 Matriz Impacto-Esfuerzo**

Matriz en la cual se estudian todas las causas potenciales que son las que proporcionan problemas de producción o en el proceso, de las cuales se escoge las que tengan mayor impacto y menor control, es decir las que logren un impacto grande en el problema a solucionar (Vilela Villegas, 2018).

#### **1.4.9 5 Porque's**

Según (Taiichi Ohno) los 5 porqués como la base del enfoque científico adoptado por Toyota – afirma que repitiendo la pregunta ' por qué' cinco veces, la naturaleza y la solución de un problema sale a la luz.

Los 5 porqués son una técnica lean que ayudan a encontrar la causa raíz de un problema.

#### **1.4.10 Sostenibilidad**

Según (Bradley & Parrish, 2005) las empresas que buscan ser sostenibles se enfocan en tres pilares fundamentales o también llamados Triple bottom line que están enlazados entre sí, ya que si uno de estos no se cumple, no sería sostenible.

Los pilares para ser sostenibles serían; pilar económico, social y ambiental.

De esta manera las empresas tratan de permanecer en el mercado a largo plazo, contribuyendo económicamente a su empresa, generando beneficios tanto como organización y para cada uno de sus colaboradores, así mismo sin ser poco amigables con el ecosistema (Marchuelo, 2007).

#### **1.4.11 Revisión Literaria**

A continuación, se revisan casos en los cuales se han implementado DMAIC para mejorar el OEE.

Aplicando la metodología DMAIC se pudo mejorar de un 47% a un 80% del OEE, la cual, bosqueja mejoras de implementación. A los problemas presentados se les aplica y ofrece soluciones integrales y busca cubrir con la demanda en periodos donde la demanda crece. Ofreciendo beneficios como la disminución de tiempos muertos en la línea y una mayor utilización de los recursos de la planta. Por lo que aumenta significativamente el rendimiento considerando la capacidad de la línea productiva aumentando los ingresos en la empresa (Esteban Pérez, 2014).

La metodología DMAIC en este estudio se utilizó como una herramienta para poder aumentar la calidad, pero finalmente también se utilizó para poder descubrir y analizar

problemas presentes en la máquina de ampollas y poder tomar medidas correctivas en este. Al momento de aplicar las mejoras, se hizo presente la aplicación de SMED para mejorar y agilizar más el proceso de limpieza de la línea. A final del estudio y aplicando mejoras se pudo obtener una mejora en el OEE la cual, aumentó del 49,5% a 64,05%. Lo que indica una mejora muy capaz. Y a su vez, si esto se maneja de manera continua y consistente, se tendrán resultados muy favorables para el área a estudiar (Ireland F., 2001).

En la aplicación de DMAIC en la empresa Laive S.A. se llegó a mejorar de un 84,5% del OEE a un 85%. Aplicando herramientas estadísticas para mejorar el proceso y disminuir mermas de yogurt en el proceso de envasado. Se implementó mejora en el proceso, en los equipos del proceso y también en la capacitación de operadores en el proceso de producción. Otro de los resultados que se percibe es que se redujo la merma unos 5,1 gramos, generando un ahorro de 400 soles diario. Otro de los beneficios es la reducción de horas extras de 1% y por último una reducción de tiempo perdido en mantenimiento de 3 horas (Enrique G., 2019).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para desarrollar este proyecto se utilizó la metodología DMAIC, la cual consta de 5 etapas; Definición, Medición, Análisis, Mejora, Control. Siendo la primera etapa, Definición desarrollada en el capítulo uno, se continúa con la etapa de Medición, presentación de la cadena de valor de los procesos que lo requieran y en base a estos resultados generar un plan de recolección de datos que va a ayudar a atacar la variable que se necesita mejorar.

### 2.1 Medición

Una vez definido el problema en el Capítulo 1 y definido el alcance del proyecto, el cual fue que el análisis del área de impresión. se procede al levantamiento de información del proceso y las variables que influyen en la variación del OEE.

#### 2.1.1 Plan de recolección de datos

Se elaboró un plan de recolección de datos tal como se muestra en la tabla 2.1 con la finalidad de obtener información fundamental para lograr cumplir con los objetivos planteados.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

QUÉ?			DÓNDE?	CUÁNDO?	CÓMO?		PORQUÉ?	QUIÉN?
Significado Operacional	Unidad de medida	Tipo de data	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de observación	Método de recolección	¿Por qué recolectar?	Persona a cargo
OEE	Porcentaje	Continuo-Cuantitativo	Línea de impresión	Al inicio de la fase de Medición	Entrevista	Work Sampling I=0.03; NC= 95% p=0.66; n=1000	Permitirá comparar OEE real con el actual	Líderes del proyecto
Tiempo programado para producción	Horas	Continuo-Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de Medición	Entrevista	Registros actuales de producción	Permitirá el cálculo del factor de Disponibilidad del OEE	Líderes del proyecto
Tiempos de paras programadas	Horas	Continuo-Cuantitativo	Línea de producción	Al inicio de la fase de Medición	Observación directa	Work Sampling I=0.03; NC= 95% p=0.66; n=1000	Permitirá el cálculo de los factores de Disponibilidad y Rendimiento de IOEE	Líderes del proyecto
Tiempos de paras no programadas	Horas	Continuo-Cuantitativo	Línea de producción	Al inicio de la fase de Medición	Observación directa		Permitirá el cálculo de los factores de Disponibilidad y Rendimiento de IOEE	Líderes del proyecto
Cantidad de productos malo (Scrap)	Kilogramos	Continuo-Cuantitativo	Línea de consumo	Al inicio de la fase de Medición	Correo Electrónico	Reporte de kgs no conformes	Permitirá el cálculo del factor de Calidad del OEE	Líderes del proyecto
Cantidad de producto producido	Kilogramos	Continuo-Cuantitativo	Línea de consumo	Al inicio de la fase de Medición	Correo Electrónico	Reporte de producción diaria	Permitirá el cálculo del factor de Rendimiento del OEE	Líderes del proyecto

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### 2.1.2 Verificación de datos

Luego de tener recolectados los datos que fueron establecidos en el plan de recolección de datos, gracias a la ayuda de los formatos elaborados por los responsables del proyecto como se muestra en el Apéndice A; se procede a comprobar la confiabilidad de los datos, para esto se hace uso de herramientas estadísticas.

Para poder realizar un cálculo del OEE actual por turno de la impresora #4 se realizó un muestreo, en el cual se tomó tiempos de operación y paras programadas y no programadas, con un 3% de error, teniendo como resultado una muestra de 1000 datos, lo cuales finalmente debieron ser tomados 50 por cada turno.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * \hat{p} * (1 - \hat{p})}{l^2} \quad (2.1)$$

Parámetros:

$$l = 0,03 \quad p = 0,63$$

$$z = 1,96 \quad n = 1000$$

Dando como resultado:

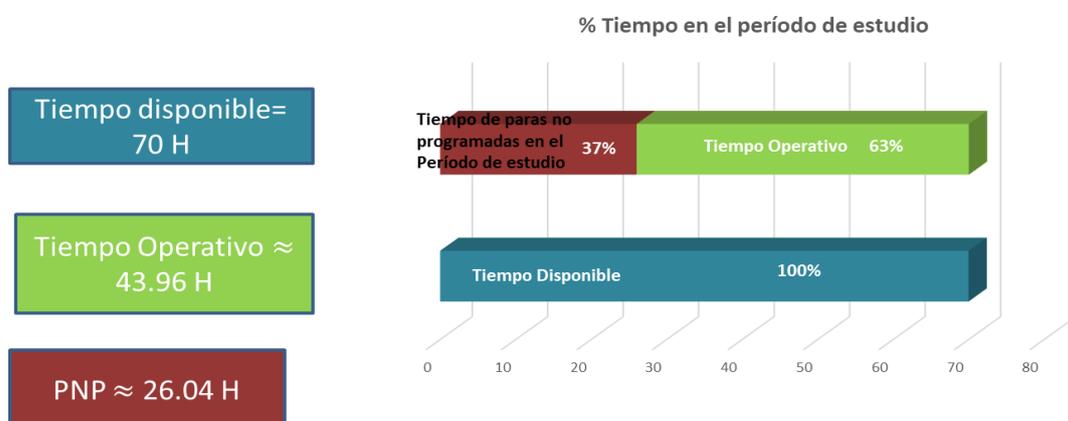


Figura 2.1 Porcentaje de tiempo de paras observadas durante el muestreo

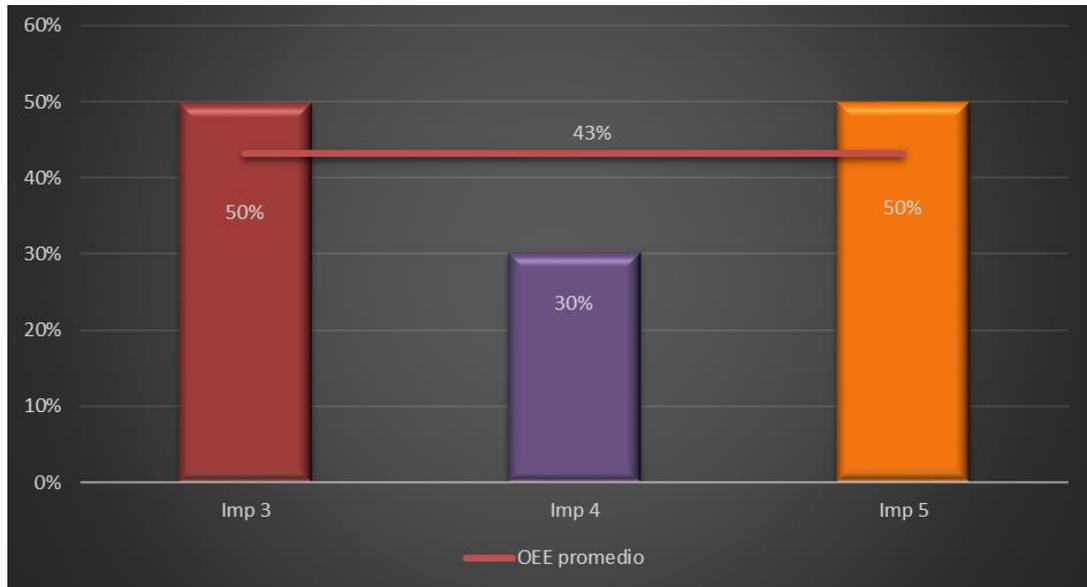
Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

A continuación, se muestra la validación de la data y estratificación.

### OEE por máquina (estratificación)

Una vez calculado el OEE de cada impresora, se pudo observar que en promedio la impresora con menor OEE era la impresora #4, por cuál es la que se analiza de aquí hasta finalizar el proyecto.



**Figura 2.2 OEE por impresora**

Elaboración propia

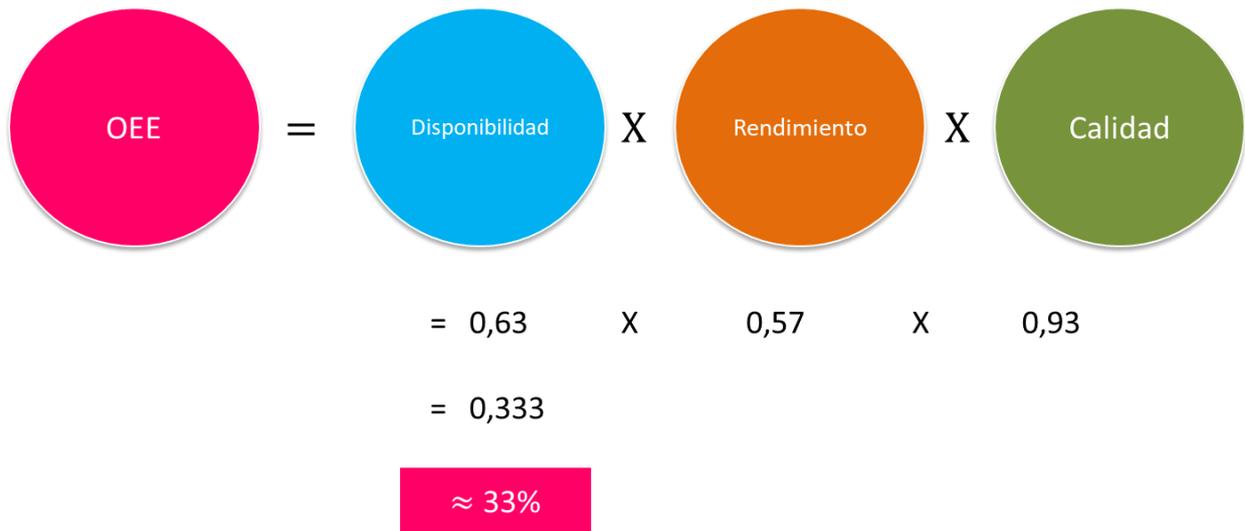
Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### OEE histórico y Actual (validación)

Se realizó la validación de este rubro, comparando los datos del OEE histórico con el OEE calculado.

El valor del OEE actual fue tomado de 10 días en los dos turnos, los datos que fueron utilizados son de la figura 2.1.

Obteniendo así el OEE del período de estudio como se muestra en la figura 2.3.

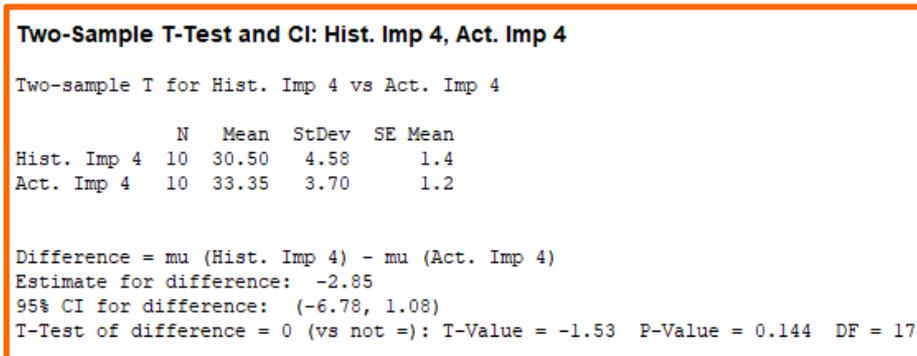


**Figura 2.3 OEE de la impresora #4**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Teniendo los valores del OEE actual, se procede a realizar un análisis estadístico de diferencia de medias entre el OEE histórico y el levantado con el muestreo, como se muestra en la Figura 2.4.



**Figura 2.4 Diferencia de medias entre OEE histórico y actual.**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Planteada como hipótesis nula que la media entre OEE histórico y OEE actual son iguales, y como hipótesis alterna que las medias son diferentes.

De lo cual resultó según la Figura 2.4 que el valor  $p=0.144$ , logrando así aceptar la hipótesis nula, es decir que no hay diferencia significativa entre los datos tomados y los históricos.

## OEE por turnos (estratificación y validación)

Finalmente se realizó una prueba de medias (Figura 2.5) para ver si existe diferencia entre la media del OEE del T1 y T2.

```
Two-Sample T-Test and CI: T1 Imp 4, T2 Imp 4

Two-sample T for T1 Imp 4 vs T2 Imp 4

      N   Mean  StDev  SE Mean
T1 Imp 4  10  33.10   7.43    2.3
T2 Imp 4  10  33.60   4.90    1.6

Difference = mu (T1 Imp 4) - mu (T2 Imp 4)
Estimate for difference:  -0.50
95% CI for difference:  (-6.50, 5.50)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.18  P-Value = 0.861  DF = 15
```

**Figura 2.5 Diferencia de medias entre OEE T1 y T2**

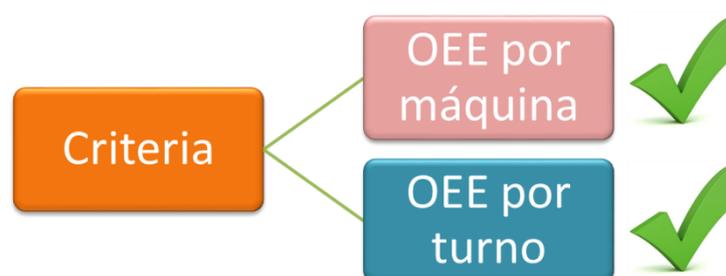
Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Teniendo como hipótesis nula que la media entre OEE T1 y OEE T2 son iguales, y como hipótesis alterna que las medias son diferentes.

Lo que resultó según la Figura 2.5 que el valor  $p=0.861$ , logrando así aceptar la hipótesis nula, es decir que no hay diferencia significativa entre el OEE del T1 y T2.

Como resultado final se tiene que los criterios a considerar en la estratificación son los mostrados en la Figura 2.6.



**Figura 2.6 Criterios de estratificación**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Adicional se analizó cuáles de los indicadores del OEE afectaban de manera agresiva que este disminuya, siendo los más críticos la disponibilidad y el rendimiento. Una mejor observación como se muestra en las figuras 2.7 y 2.8, respectivamente.



**Figura 2.7 Serie de tiempo de la Disponibilidad en la Impresora #4**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.8 Serie de tiempo del Rendimiento en la Impresora #4**

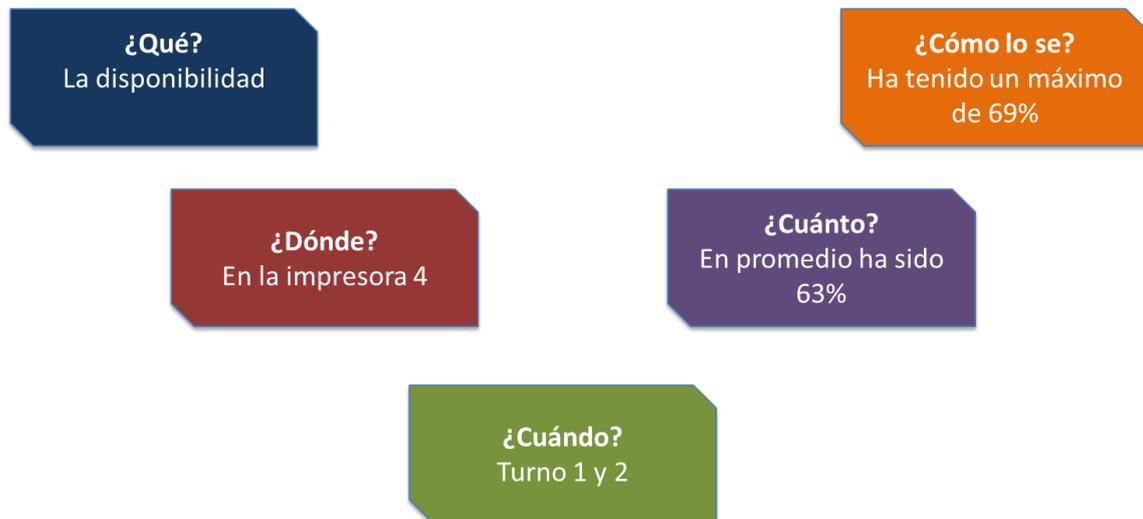
Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Obteniendo así dos problemas enfocados, los cuales afectan directamente a la variable Y.

Los problemas enfocados que se muestran en las figuras 2.9 y 2.10 son:

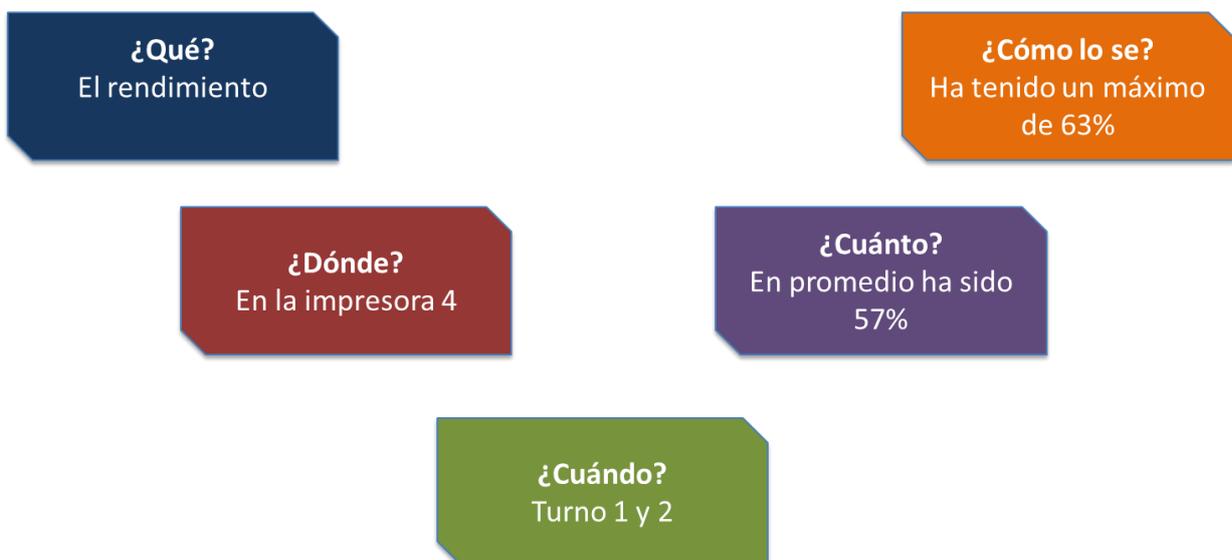
- ✓ “La disponibilidad en la impresora 4 en el turno 1 y 2 ha sido de 63% en promedio mensual, cuando la compañía ha logrado un máximo de 69%”.
- ✓ “El rendimiento en la impresora 4 en el turno 1 y 2 ha sido de 57% en promedio mensual, cuando la compañía ha logrado un máximo de 63%”.



**Figura 2.9 Problema Enfocado para Disponibilidad**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.10 Problema Enfocado para Rendimiento**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### **2.1.3 Mapeo de la cadena de valor**

Una vez realizada la toma de tiempos para todos los procesos que intervienen en la elaboración de empaques de plástico se procede a realizar un VSM del producto #1 siendo el producto más demandado en el tiempo de estudio, que son fundas camisetas grandes con el logo de la empresa.

Los procesos que se han considerados son los siguientes; peletizado, extracción, impresión y sellado. Como se observa en la figura 2.11, el cuello de botella es efectivamente el proceso al cual se le está realizando el estudio, que es el área de impresión.

En el VSM se identificaron 3 fábricas ocultas, tales como: operadores usualmente van a otras áreas a prestar herramientas, colocar tiras de cinta en la máquina para verificar la calidad de impresión y ajustar el mango de calibración con cinta adhesiva (ajuste de calibración).

Del VSM también se tuvieron datos como:

- ✓ Takt time de 523,8 seg/saco.
- ✓ Lead Time de 11,8 dias.
- ✓ Cycle Time de 2571,6 seg/saco.

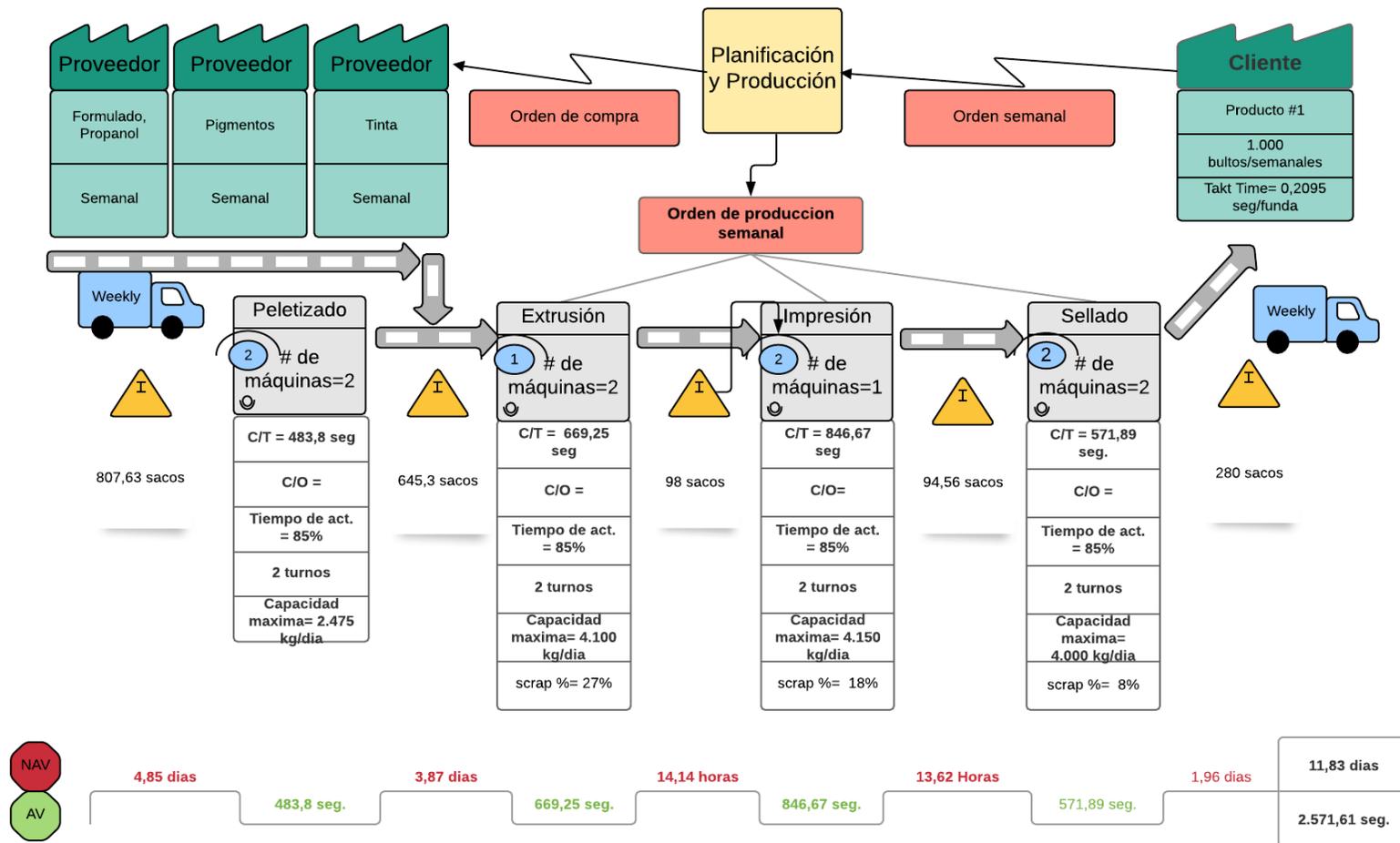


Figura 2.11 VSM del producto #1

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## 2.2 Análisis

En esta fase, se somete a prueba la veracidad de las hipótesis, validar las causas de variación, y poder obtener una visión acerca de la estabilidad del proceso y a su vez determinar las causas raíz de los defectos e ir teniendo una visión hacia las mejoras.

### 2.2.1 Análisis de las causas

Para llegar a causas más profundas se realizó una reunión con operadores, coordinador y gerente de planta (Focus group) como se muestra en la figura 2.12, con los involucrados en el proceso de impresión en la máquina 4.

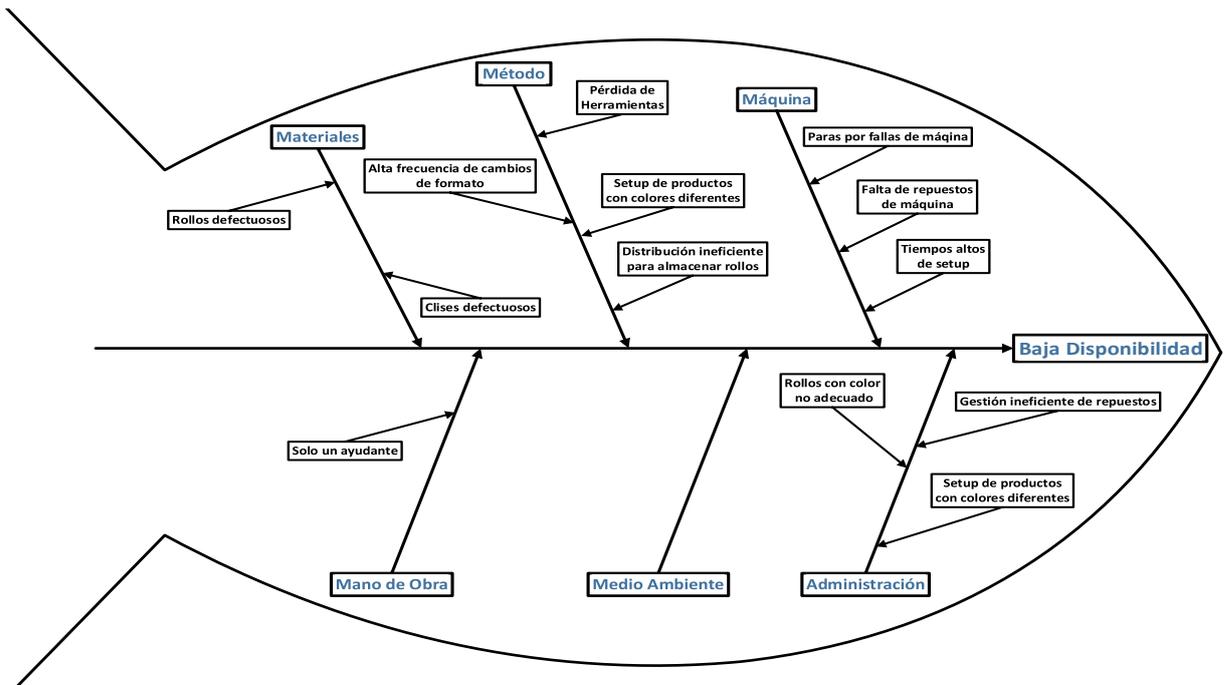


**Figura 2.12 Focus Group**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

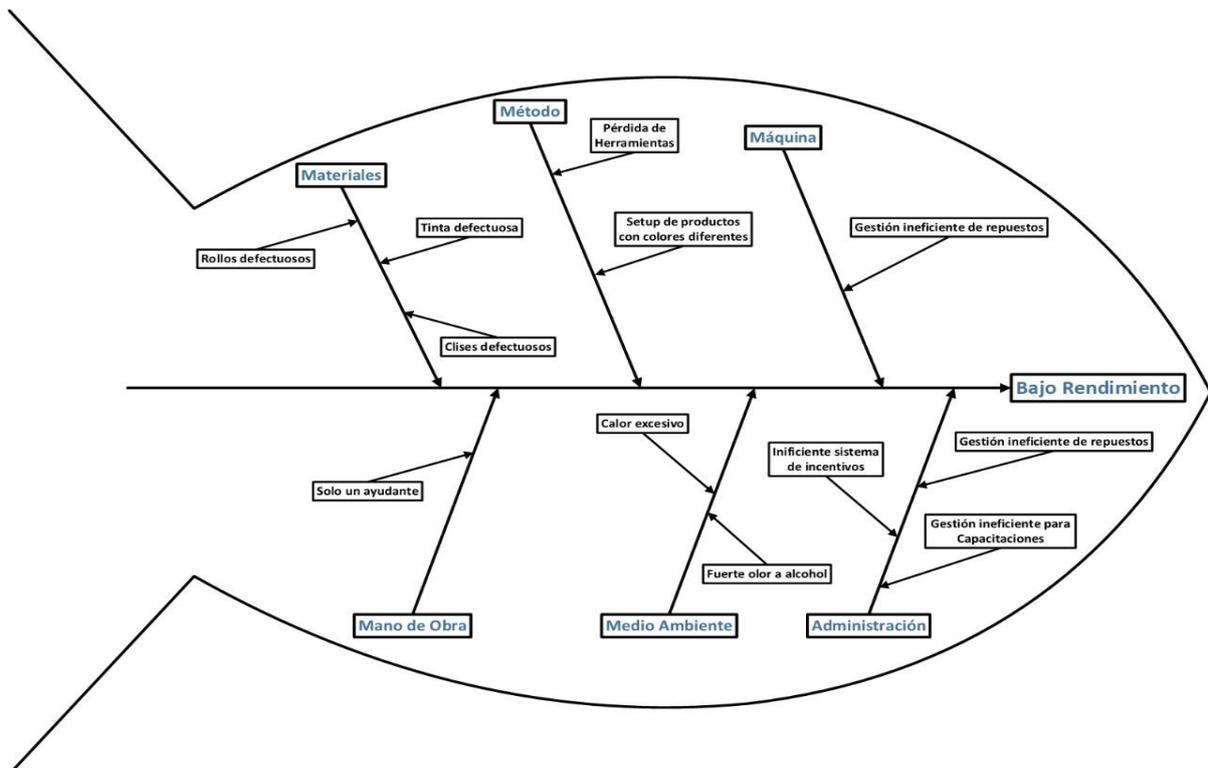
Con la lluvia de idea que se generó anteriormente, se clasificó cada una de estas posibles causas en el diagrama de Causa-Efecto que se muestra en la figura 2.13 para las posibles causas que afectan la baja disponibilidad y la figura 2.14 para las posibles causas que afectan el bajo rendimiento.



**Figura 2.13 Diagrama Causa-Efecto para la baja disponibilidad**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.14 Diagrama Causa-Efecto para el bajo rendimiento**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Se realizó la evaluación de cada causa para saber la relación que existe con las variables de respuestas, se realizó una reunión con operadores, coordinador y gerente de planta. Se tiene a su vez una ponderación que se muestra en la tabla 2.2. Para evaluar las causas, y los resultados para las causas que afectan la baja disponibilidad se muestran en la tabla 2.3 y para las causas que afectan el bajo rendimiento se muestran en la tabla 2.4.

**Tabla 2.2 Tabla de ponderación de las causas**

Ponderaciones del impacto	
1	Bajo impacto
3	Mediano impacto
9	Alto impacto

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 2.3 Tabla de resultados del impacto de las posibles causas que afectan la baja disponibilidad.**

#	CAUSAS-DISPONIBILIDAD	0= NADA; 1=BAJO ; 3= regular; 9= ALTO
		IMPACT
D1	Rollos defectuosos	9
D2	Alta frecuencia de cambio de formato	9
D3	Pérdida de herramientas	9
D4	Ocasionalmente hay un solo ayudante	9
D5	Paras por fallas de la máquina	9
D6	Tiempos altos de set up	9
D7	Cireles defectuosos	3
D8	Gestión ineficiente de repuestos	3
D9	Envían rollos del color que no es asignado al producto en proceso	0
D10	Cambio de formatos de productos con colores diferentes	9
D11	Operadores solo pueden manejar una sola máquina	0
D12	Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos	9

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 2.4** Tabla de resultados del impacto de las posibles causas que afectan el bajo rendimiento.

#	CAUSAS-RENDIMIENTO	0= NADA; 1=BAJO ; 3= regular; 9= ALTO
		IMPACTO
R1	Rollos defectuosos	9
R2	Tinta defectuosa	0
R3	Pérdida de herramientas	3
R4	Ocasionalmente hay un solo ayudante	3
R5	Ineficiente sistema de incentivo	3
R6	Calor excesivo en el área	3
R7	Cireles defectuosos	3
R8	Gestión ineficiente para capacitaciones en mejora continua	9
R9	Gestión ineficiente de repuestos	0
R10	Se percibe alcohol en el entorno	0
R11	Operadores solo pueden manejar una sola máquina	3

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

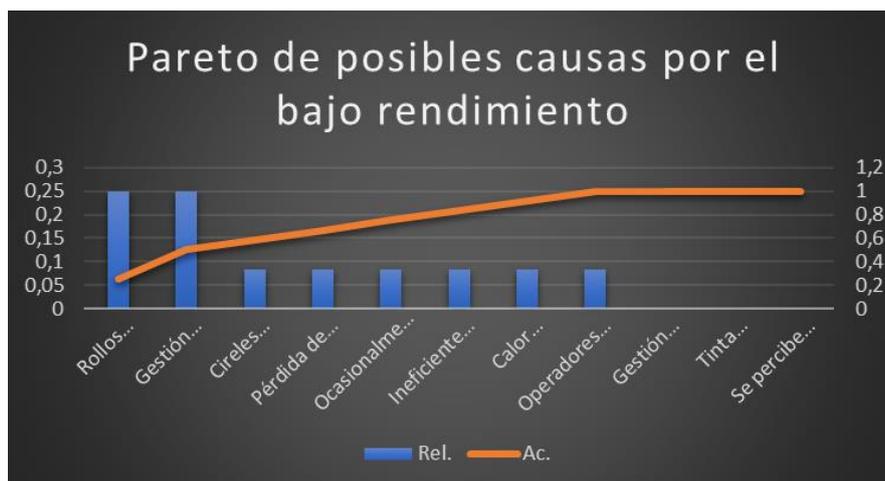
Como se muestra en la figura 2. 15 y figura 2.16 se procede a realizar dos diagramas de Pareto para las causas que afectan a la baja disponibilidad y al bajo rendimiento respectivamente y así, extraer las causas que generan un mayor impacto en las variables de respuestas.



**Figura 2.15** Pareto de las causas que afectan la baja disponibilidad

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.16 Pareto de las causas que afectan el bajo rendimiento**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

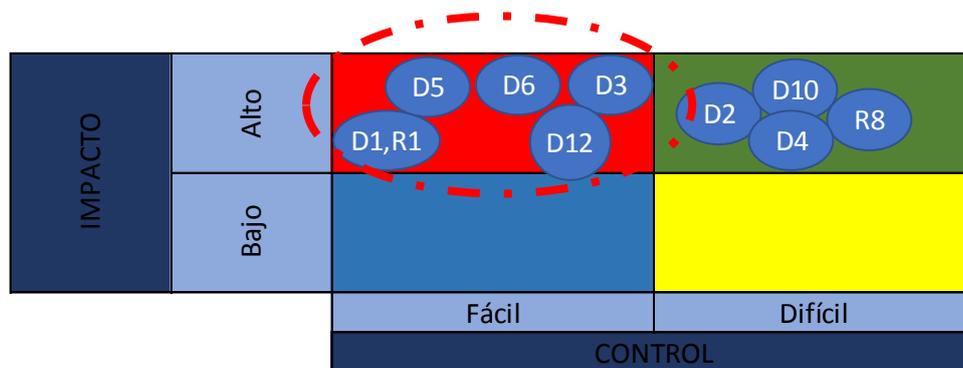
En base a esto, con las causas extraídas con un mayor impacto a las variables de respuestas, se las sometido a una evaluación de que tan controlables son cada una de ellas. Dando la tabla 2.5 como resultado de esta evaluación, y por consiguiente obtener la matriz Impacto Control como se muestra en la figura 2.17.

**Tabla 2.5 Tabla de evaluación de control de las causas.**

	Disponibilidad	IMPACTO	CONTROL
D1	Rollos defectuosos	9	Fácil
D2	Alta frecuencia de cambio de formato	9	Difícil
D3	Pérdida de herramientas	9	Fácil
D4	Ocasionalmente hay un solo ayudante	9	Difícil
D5	Paras por fallas de la máquina	9	Fácil
D6	Tiempos altos de set up	9	Fácil
D10	Cambio de formatos de productos con colores diferentes	9	Difícil
D12	Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos	9	Fácil
	Rendimiento	IMPACTO	CONTROL
R1	Rollos defectuosos	9	Fácil
R8	Gestión ineficiente para capacitaciones en mejora continua	9	Difícil

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.17 Diagrama Impacto-Control.**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Quedando como causas con un alto impacto y con menor dificultad de control las siguientes:

- ✓ Paras por fallas de máquinas.
- ✓ Tiempos altos de set up.
- ✓ Pérdidas de herramientas.
- ✓ Rollos defectuosos.
- ✓ Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos.

Estas causas serán sometidas a un análisis de validación y a su vez, poder encontrar las causas raíz y poder generar medidas de prevención para estas.

### 2.2.2 Plan de verificación de causas

Para validar la información generada por los involucrados del proceso, se realizó un plan de verificación de causas que se muestra en la tabla 2.6, donde se describe los respectivos impactos de cada causa y el método a utilizar para la validación:

**Tabla 2.6 Plan de verificación de causas.**

		Teoría de impacto	Como verificar	Estado
D5	Paras por fallas de la máquina	Las paras por fallas en la impresora disminuyen el tiempo productivo, afectando la disponibilidad	Go-see	Verificado
D6	Tiempos altos de set up	Los Tiempos altos de Set up hacen que disminuya el tiempo productivo en la máquina de impresión afectando la disponibilidad.	Verificación estadística	Verificado
D3	Pérdida de herramientas	La poca disponibilidad de las herramientas e insumos que afecta la disponibilidad y aumenta tiempos de cambios y baja de rollos	Gemba- toma de tiempo	Verificado
D1,R1	Rollos defectuosos	Rollos defectuosos provenientes de extrucción, afectan la disponibilidad y rendimiento de la máquina	Gemba- toma de tiempo	Verificado
D12	Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos	La ineficiente distribución de espacio para almacenar rollos hace que la disponibilidad se vea afectada ya que los rollos a ser utilizados no se pueden colocar lo más cerca a la máquina	Gemba	Verificado

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### 2.2.3 Análisis de causas

En esta parte de esta etapa, se describe el análisis que se realiza a cada causa que afectan a las variables de respuestas.

#### X1. Paras por fallas de la máquina

En el tiempo de estudio se utilizó la ecuación 2.2 de disponibilidad por fallas de la máquina.

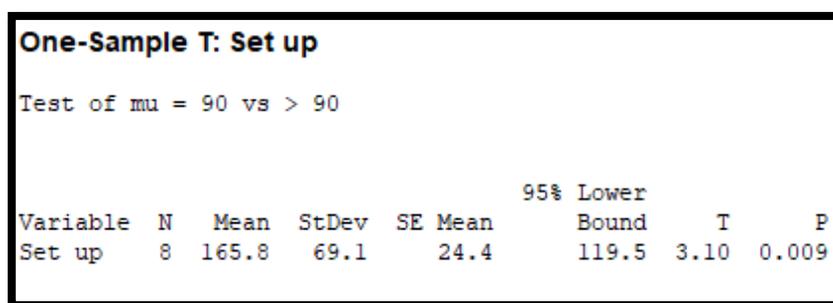
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo entre fallas}}{\text{Tiempo entre fallas} + \text{Tiempo de reparacion}} \quad (2.2)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{30 \text{ dias}}{30 \text{ dias} + \left(7h * \frac{1 \text{ día}}{24h}\right)} = 0,99$$

Donde se tiene que la disponibilidad por falla de máquina es del 0,99, lo que me dice que el análisis de causa de paras por fallas de máquina no es significativa, por lo que se elimina de las causas a ser analizadas posteriormente.

#### X2. Tiempos altos de Set-up

Se realizó la verificación de 8 observaciones tomadas, rechazando la hipótesis nula en la figura 2.18, ya que en promedio los tiempos de set up están más arriba en comparación a el mínimo tiempo que se llegado a realizar un cambio.



The image shows a screenshot of a Minitab One-Sample T test output. The title is "One-Sample T: Set up". Below the title, it says "Test of mu = 90 vs > 90". The main part of the output is a table with the following data:

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Lower Bound	T	P
Set up	8	165.8	69.1	24.4	119.5	3.10	0.009

Figura 2.18 Verificación estadística. Del tiempo de Set-up

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

#### X3. Poca disponibilidad de herramientas e insumos

La disponibilidad de herramientas e insumos de trabajos se ven afectados por la perdida y el desorden que se muestra en el área, se evidencio herramientas por doquier, debajo de la máquina de impresión como se ilustra en la figura 2.19.



**Figura 2.19** figuras muestran las herramientas por doquier

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

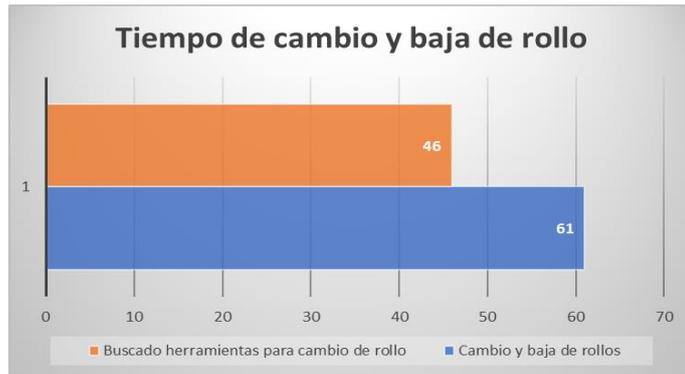
A su vez, de datos tomados del 17 de octubre, 30 de octubre y 6 de noviembre del 2019, se evidencio que 107 minutos estuvo la máquina parada por cambio de rollos de 25 horas donde en sí, los operadores generan un tiempo de cambio de 61 minutos y este aumenta un 75% porque los operarios no tienen las herramientas y van a buscar o prestar a otro operario. Estos datos se ilustran en la Tabla 2.7 y en la figura 2.20.

**Tabla 2.7** Tiempos de actividad y paras de la máquina

Tiempo total	1500	
Paras por defectos de rollos	79	
Cambio de formato	148	
Cambio y baja de rollos	61	107
Buscado herramientas para cambio de rollo	46	
Limpieza de recamara	18	
TO	1147	

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.20 Tiempo de cambio de rollos**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

#### X4. Rollos defectuosos

El índice de rollos que presentan diferentes tipos de defectos que se muestran en la tabla 2-8 y se puede observar frecuentemente en el área de impresión como se muestra en la figura 2. 21.

**Tabla 2.8 Lista de defectos que presentan los rollos**

DEFECTOS EN ROLLOS
Tramos con arrugas
Tramos cortados y desunidos
Falta de tratamiento
Medidas fuera de especificación
Rollos descalibrados

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.21 Fotos de rollos con defectos**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

A su vez, se evidenció por datos tomados el 17 de octubre, 30 de octubre y 6 de noviembre del 2019, que el 10% (figura 2. 22) del tiempo de un total de 25 horas la máquina esta parada por defectos que presentan los rollos, afectando la disponibilidad. Y a su vez se evidenció que del tiempo que pasa parada la máquina por diferentes factores, el 22% de ese tiempo (352 minutos) es por defectos de los rollos.



**Figura 2.22 Tiempo de paras de la máquina**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

#### **X5. Falta de espacio para almacenar rollos en el área**

Se evidenció que la falta de espacio en el área de impresión se ve afectado ya que la cantidad de rollos a ser utilizados en un turno es mucho menor a los rollos almacenados cerca de cada máquina como se puede observar en la figura 2. 23.



**Figura 2.23 Muestra los rollos seleccionados a ser utilizados**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

#### **2.2.4 Determinación de las causas raíz**

A continuación, se tiene la elaboración esquematizada de la herramienta 5 porque's como se muestra en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9 5 porque´s Para generar las causas raíz**

CAUSAS	PORQUE?	PORQUE?	PORQUE?	PORQUE?	PORQUE?	CAUSA RAIZ	
Tiempos altos de set up	Elevados tiempo para limpiar bombas, anillones, cauchos, bandejas, etc.	Ocasionalmente hay una persona para cambios	Porque los ayudantes están realizando otras actividades en otra máquina o área	Porque se desconoce la importancia de tener 2 personas al momento del cambio	Los procesos se realizan de manera empírica	Los procesos se realizan de manera empírica	
		Falta de disponibilidad de accesorios de la máquina	Se desconoce el impacto que conlleva tener más accesorios disponibles			Se desconoce el impacto que conlleva tener más accesorios disponibles	
	Tiempos altos en calces de cireles	Cireles difíciles de ajustarlos al rodillo	Porque cireles nuevos, vienen con fallas de calces desde proveedor			Porque cireles nuevos, vienen con fallas de calces desde proveedor	
Pérdida de herramientas	Porque los operarios las dejan por doquier	Operarios son desordenados	Incumplimiento del plan de orden y limpieza			Incumplimiento del plan de orden y limpieza	
Rollos defectuosos	Exceso de arranques	Por arrugas en el material	Porque hay aire en la funda	Porque fallan los rodillos de tiro	Largos tiempos de producción generan desgaste en los rodillos	Largos tiempos de producción generan desgaste en los rodillos	
		Por rollos descalibrados	Desajustes del molde (cabezal)	Molde defectuoso	Largos tiempos de producción ocasionan defectos y desgastes en moldes	Largos tiempos de producción ocasionan defectos y desgastes en moldes	
	Por falta de control en extrusión	Hay más ayudantes que operadores	Se trabaja con material difícil de calibrar	Material económico por su baja calidad			Material económico por su baja calidad
			Preparación de audantes es mayor en comparación a los operadores	Existe diferencia de conocimientos y habilidades entre operadores y ayudantes			Existe diferencia de conocimientos y habilidades entre operadores y ayudantes
Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos	Se tienen rollos que no serán usados enseguida	Cambio brusco de planificación	Por dar prioridad a productos emergentes no planificados			Por dar prioridad a productos emergentes no planificados	
		Porque en extrusión producen más de lo que deberían	Por generar menos paras	Ineficiente planificación del nivel de producción en extrusión		Ineficiente planificación del nivel de producción en extrusión	

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Y como resultados de esta fase se tiene las posibles causas ya verificadas con las respectivas causas raíz que estas generan como se muestra en la tabla 2.10.

**Tabla 2.10 Causas raíz generadas**

CAUSAS	CAUSA RAIZ
Tiempos altos de set up	Los procesos se realizan de manera empírica
	Se desconoce el impacto que conlleva tener más accesorios disponibles
	Porque cireles nuevos, vienen con fallas de calces desde proveedor
Pérdida de herramientas	Incumplimiento del plan de orden y limpieza
Rollos defectuosos	Por los largos tiempos de producción que producen el desgaste de los rodillos
	Por los largos tiempos de producción, ocasionando defectos y desgastes en moldes
	Es más económico
	Existe diferencia de conocimientos y habilidades entre operadores y ayudante
Distribución ineficiente del espacio para almacenar rollos	Por dar prioridad a clientes potenciales
	Ineficiente planificación del nivel de producción en extrusión

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## 2.3 Mejoras

Al identificar las causas raíces, siguiendo el proceso de la metodología DMAIC, se procede a avanzar con la fase de mejora. Para esta fase, se tiene como objetivo la identificación de las posibles soluciones que luego serán analizadas e implementadas. Posteriormente tenemos el uso de herramientas como: lluvia de ideas, análisis impacto esfuerzo de las soluciones generadas. Finalmente se tendrá un plan de implementación de las soluciones que fueron seleccionadas.

### 2.3.1 Lluvia de ideas

Para empezar la fase de mejora se hace el uso de la herramienta “lluvia de idea” con los involucrados en el área de la impresora 4, tales como: Gerente de la empresa, coordinador del área y los 3 operadores de los diferentes turnos. Y así, poder identificar las posibles soluciones de cada causa raíz que se identificó en la fase anterior. En la figura 2.24 se puede identificar las causas raíz y las respectivas posibles soluciones y a su vez, se referencia en cada solución a las causas que estas atacan.

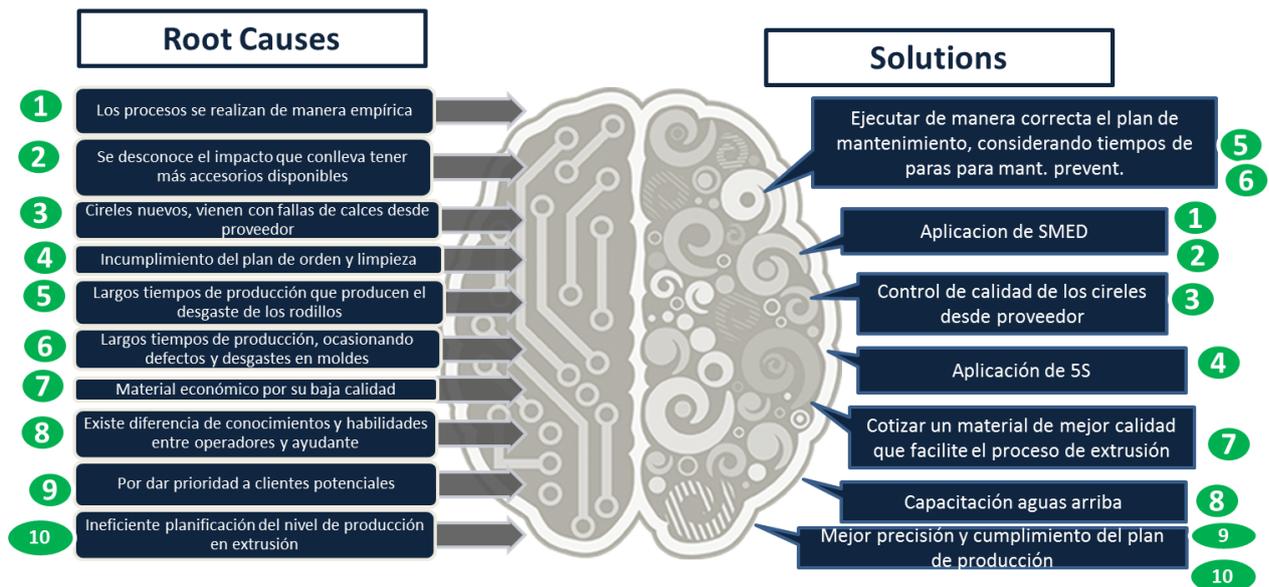


Figura 2.24 Causas raíz con sus respectivas posibles soluciones

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### 2.3.2 Selección de soluciones

Con aquellas soluciones que se generó en la lluvia de idea, se analiza y se realiza una evaluación del impacto y el esfuerzo que cada solución tiene en peso al problema analizado. Se observa en figura 2.25 el análisis realizado en la matriz impacto-esfuerzo.

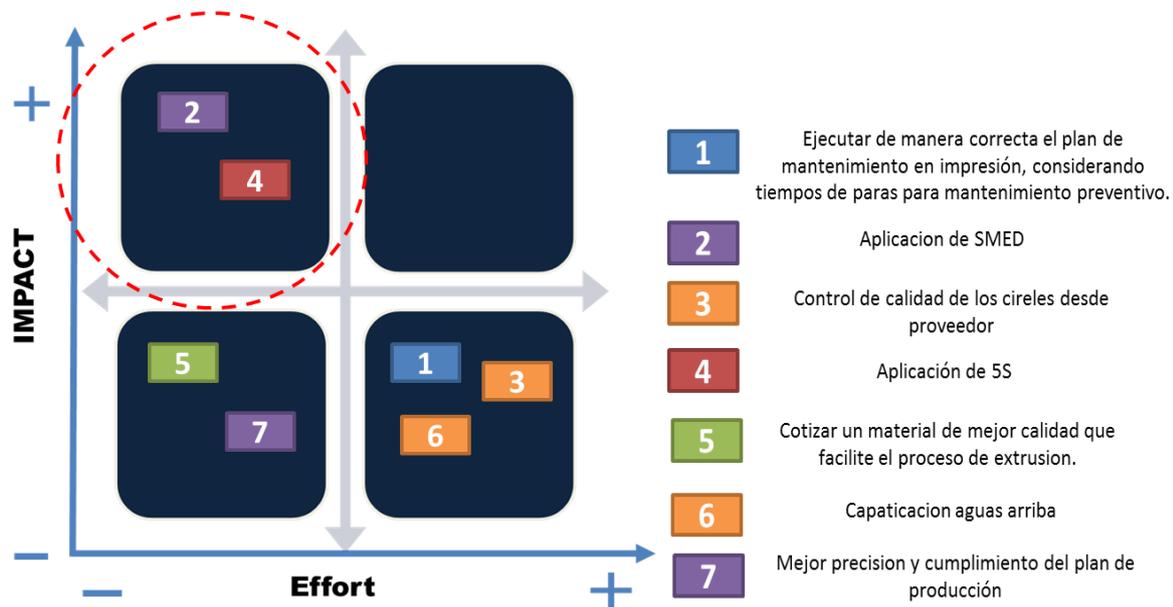


Figura 2.25 Matriz impacto-esfuerzo

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

con la matriz impacto-esfuerzo, se puede evidenciar que las soluciones que se necesita menos esfuerzo y que genera un mayor impacto a mi problema son:

- ✓ Aplicación de SMED.
- ✓ Aplicación de 5S.

Luego del análisis de las soluciones con la matriz impacto-esfuerzo, se procede a realizar una evaluación de los costos para saber si las soluciones son económicamente factibles para su implementación como se evidencia en la tabla 2.11 y tabla 2.12.

**Tabla 2.11 Costos estimados iniciales por propuesta**

Análisis soluciones							
Costo estimado inicial							
	1	2	3	4	5	6	7
Bienes	\$ -	\$ 8,458.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Fuerza de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo capacitación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Adicionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100.00	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Costo Total</b>	\$ -	\$ 8,458.00	\$ -	\$ 100.00	\$ -	\$ -	\$ -

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 2.12 Análisis final de las soluciones**

Análisis Final							
Costo bajo (30%)	5	4	5	5	5	5	5
Alto impacto (40%)	3	5	2	4	2	2	2
Menos esfuerzo (30%)	2	3	2	3	4	2	3
<b>Valor Final</b>	3.3	4.1	2.9	4	3.5	2.9	3.2

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Las soluciones elegidas para su implementación fueron aquellas que generen un mayor impacto en el problema, con un esfuerzo bajo y a su vez económicamente factible, propiedades que las tienen las siguientes soluciones:

- ✓ Aplicación de SMED.
- ✓ Aplicación de 5S.

### 2.3.3 Plan de implementación de las soluciones

Con la finalidad de dar soporte y realizar una buena implementación de las soluciones elegidas, se realizó un plan de implantación de soluciones donde se puede mostrar la solución a implementar, porque se va a implementar, como se la va a implementar, donde se lo realizara, quienes están a cargo, cuando se va a implementar y el costo que genera la implementación.

Para la primera solución a implementar, se tiene el plan de implantación en la tabla 2.13 y a su vez en la tabla 2.14 el cronograma de actividades para su implementación.

**Tabla 2.13 Plan de implementación para implementar 5S**

Plan de implementación							
Solution	Why?	How?	Where?	When?	Who?	Cost	State
Aplicar 5S	Se busca disminuir los tiempos en que se encuentra un objeto o herramienta	Clasificando y organizando las herramientas	Área - Impresora 4	Enero-20	Project Leaders	\$ 100.00	Planning

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 2.14 Cronograma de actividades para implementar 5S**

Tarea	Día de inicio	Día de fin	Días requeridos
Clasificar los objetos en necesarios e innecesarios (Colocar tarjetas rojas)	6/1/2020	7/1/2020	2
Colocar cada cosa en su lugar	7/1/2020	7/1/2020	1
Mantener el área de trabajo limpia constantemente	8/1/2020	8/1/2020	1
Compartir esta metodología con todos los operadores	9/1/2020	10/1/2020	2
Mantener la metodología constante a través del tiempo	13/1/20	17/1/20	5

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Para la segunda solución a implementar, se tiene el plan de implantación en la tabla 2.15 y a su vez en la tabla 2.16 el cronograma de actividades para su implementación.

**Tabla 2.15 Plan de implementación para implementar SMED**

Plan de implementación							
Solution	Why?	How?	Where?	When?	Who?	Cost	State
Aplicar SMED	Se busca atacar la disponibilidad disminuyendo los tiempos de cambios de formatos de productos	Levantar la información con los operadores y convertir preparación interna en externa	Área - Impresora 4	Enero-20	Project Leaders	\$ 8,000.00	Planning

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 2.16 Cronograma de actividades para implementar SMED**

Tarea	Día de inicio	Día de fin	Días requeridos
Levantamiento de información	22/12/19	6/1/2020	7
Tiempo de cambio de formato	22/12/19	6/1/2020	7
Evaluación de oportunidades de mejoras encontradas	6/1/2020	7/1/2020	2
Identificar actividades internas y externas	7/1/2020	8/1/2020	2
Reuniones sobre el avance de SMED	9/1/2020	9/1/2020	1
Actividades propuestas que deben combinarse o convertirse en externas	9/1/2020	10/1/2020	2
Muestreo de tiempo de la situación con mejoras	13/1/2020	17/1/2020	5

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### 2.3.1 Descripción de las soluciones

Se puede detallar para cada una de las soluciones la descripción y los posibles resultados que se obtendrá al aplicarlas.

#### 5S

Esta herramienta consiste en mejorar los tiempos en los que a un operador le toma encontrar un objeto o herramientas ya que este problema se origina por la falta de limpieza, orden y señalación del área y el lugar de las herramientas. Ya que al tener desordenada el área ocasiona que el proceso se retrase o afecte la producción general.

#### SMED

Aporta esencialmente a mejorar el proceso, busca la estandarización y optimizar los tiempos de cambios de formato. Esta metodología va enlazada directamente con la herramienta 5S, ya que proporciona el orden de los materiales y herramientas que al realizar el cambio de formato genera un plus al optimizar tiempos.

Para el análisis del SMED se realizó una prueba piloto, utilizando equipos de la máquina 3 ya que los equipos que fueron solicitados para realizar la implementación se tardaban de 2 a 3 meses, siendo este un tiempo muy extenso. Los equipos que fueron cotizados se muestran en el apéndice G, siendo esta la inversión inicial para la implementación.

## 2.4 Implementación

Se detallan a continuación las etapas que se enlazan para lograr la implementación de cada solución. Además, recalcar que para aplicación de estas soluciones se generaron inducciones para cada implementación, ya que los operadores necesitan reforzar y conocer el proceso de implementación y las diferentes etapas como se muestra en la figura 2.26.



**Figura 2.26 Inducción del 5S y SMED**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### **Implementación metodológica 5S**

Al iniciar la implementación de esta solución, se realizó una encuesta de inspección inicial del 5S y poder valorar el área en base a esta herramienta, como se observa en el apéndice B.

Se tabuló los datos obtenidos para así tener una mejor visión del porcentaje de aplicación de cada una de las 5S siendo el porcentaje inicial de esta herramienta del 20% como se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Porcentaje de aplicación para cada S

Pilar	Calificación	Máximo	%
Clasificación	6	20	6%
Orden	5	20	5%
Limpieza	1	20	1%
Estandarización	3	20	3%
Disciplina	5	20	5%
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20%</b>

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Con estos datos de calificación de cada pilar de las 5S, se tiene que el área esta desordenada, con aceite en las máquinas, no se sigue un orden adecuado de limpieza por parte de operadores.

### Medición de indicador antes de aplicar 5S

Se realiza la medición del indicador espacio disponible para finalmente realizar una comparación de la implementación.

### Espacio disponible

Con este indicador se logrará saber la situación actual en la que está el área de impresión de la máquina 4, a su vez, este indicador va de la mano con las 2S primeras de esta herramienta. Se tiene algunos factores que afectan el espacio disponible en el área, tales como:

- ✓ Baldes libres o con basura sin ser colocados en algún lugar asignado.
- ✓ Rollos fuera del espacio asignado para rollos a trabajar.
- ✓ Carretillas para rollos están por doquier, sin tener un lugar asignado.

En la tabla 2-18 se puede observar la superficie del área de impresión inicialmente.

Tabla 2.18 Superficie del área de la máquina 4 inicialmente

Antes de aplicar 5S				
ESPACIO TOTAL (m2)	ESPACIO UTILIZADO (m2)			ESPACIO DISPONIBLE (m2)
62	34,7			27,2
	Máquinas y equipos	MP e insumos	Espacio perdido	
	20,2	13,2	1,2	

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Se puede observar en la tabla 2.18 que el espacio total del área es de 62m<sup>2</sup> y el espacio disponible es de 27,2m<sup>2</sup> por donde se transita y se puede mejorar y ampliar aplicando orden de limpieza y clasificación.

**1S- Clasificación**

En esta fase se clasifica los materiales, herramientas y equipos en elementos necesarios o innecesarios, se necesitó la ayuda de los operadores del área para que indiquen si cada elemento es necesario o no tenerlos en aquel lugar. Además, se hizo el uso de tarjetas rojas como se muestra en la figura 2.27 para identificar los elementos que no pertenecían al área, teniendo estas disposiciones para aplicar a los elementos, las cuales son:

- ✓ Transferir: Cuando la herramienta o elemento puede ser utilizada en alguna otra área.
- ✓ Eliminar: Cuando la herramienta o elemento no puede ser utilizada en alguna otra área o es inservible y debe ser desechada.
- ✓ Inspeccionar: Cuando no se sabe si la herramienta o elemento pueda ser utilizada en otra área o debe ser desechada.

TARJETA ROJA	
FECHA:	NUMERO:
AREA:	
NOMBRE DEL ELEMENTO	
CANTIDAD	
DISPOSICIÓN:	
TRANSFERIR:	<input type="checkbox"/>
ELIMINAR:	<input type="checkbox"/>
INSPECCIONAR	<input type="checkbox"/>
COMENTARIO:	

**Figura 2.27 Tarjetas rojas**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

En la figura 2.28 se tiene al operador colocando las tarjetas rojas en los elementos y a su vez en la figura 2.29 un esquema de algunos elementos con la tarjeta roja colocadas.



**Figura 2.28 Operador colocando tarjeta roja**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.29 Elemento con tarjeta roja colocada.**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## **2S- Organizar**

Para esta etapa de implementación de la herramienta 5S se debe definir lugares específicos para las herramientas, materiales y equipos, a esto se le da soporte con un Lay-out de cómo está el área actualmente, Lay-out del área rediseñada y un Lay-out de la pared rediseñada como se puede observar en el apéndice H. Así se mide con la frecuencia y cercanía como se muestra en la tabla 2.19.

**Tabla 2.19 Frecuencia y disposición**

Frecuencia de uso	Disposición
Lo utiliza en todo momento	Téngalo a la mano, utilice correas o cintas que unan el objeto a la persona
Lo utiliza varias veces al día	Disponer cerca a la persona
Lo utiliza todos los días, no en todo momento	Téngalo sobre la mesa de trabajo o cerca de la máquina
Lo utiliza todas semanas	
Lo utiliza una vez al mes	Colóquelo cerca del puesto de trabajo
Lo usa menos de una vez al mes, posiblemente una vez cada dos o tres meses	Colóquelo en el almacén, perfectamente localizado

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

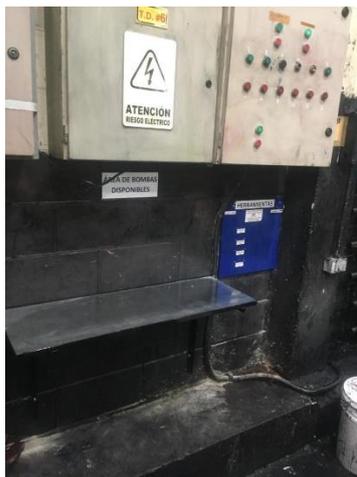
Se generó soporte con los operadores y se implementó lugares para las herramientas y bombas disponibles como se muestra en la figura 2.30 y figura 2.31 respectivamente.



**Figura 2.30 Tablero para las herramientas**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 2.31 Repisa para las bombas disponibles**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### **3S- Limpieza**

En esta etapa teniendo ya clasificado y el área libre de elementos no necesarios, los operadores debieron realizar una limpieza del área y los elementos en su entorno tales como a las máquinas, suelo, paredes, etc. Como se muestra en la figura 2.32.



**Figura 2.32 Área limpia**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### **4S- Estandarización**

En esta etapa se busca que las 3S anteriores se mantenga, que sea un hábito para los operadores la aplicación de esta herramienta, asignar líderes para el control y monitoreo en el área, con evaluaciones y controles visuales.

### **5S- Disciplina**

Finalmente se debe comprometer a todos los operadores a tener un compromiso manteniendo esta metodología vigente en el tiempo, haciendo énfasis que esto no sólo mejorará su productividad, sino que será por su bienestar, para que tengan un buen ambiente laboral.

Las figura 2.33 y figura 2.34 muestra de manera visual del antes y después de la aplicación de la metodología 5S.

**Antes de aplicar la metodología 5S.**



**Figura 2.33 Antes de aplicar 5S**  
Elaboración propia  
Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Después de aplicar la metodología 5S.**



**Figura 2.34 Después de aplicar 5S**  
Elaboración propia  
Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## Implementación de la Metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die)

SMED, metodología que nos ayuda a reducir el tiempo de proceso de cambio de un lote a otro. En la figura 2.35 se puede observar esta etapa:

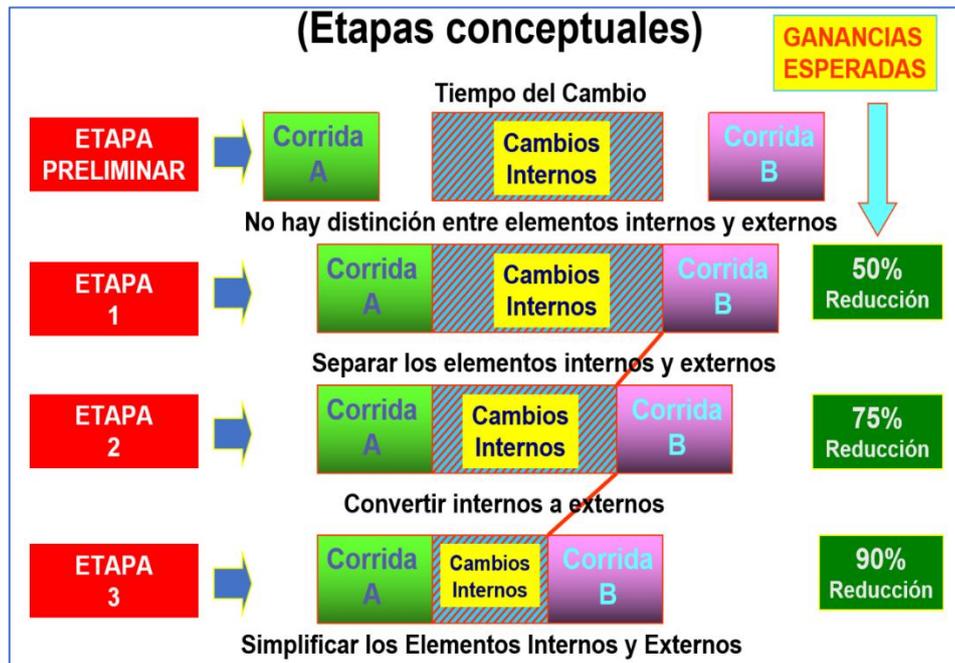


Figura 2.35 Etapa de SMED

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### Etapa preliminar

Se observó el proceso de cambio de formato de producto en la impresora 4, donde se pudo definir cada actividad.

En vista que el proceso de cambio de formato de producto excede los 40 minutos, se estableció como se muestra en la figura 2.36, tomar muestra de 3 datos, dado que así lo recomienda la Compañía General Electric.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Figura 2.36 Número recomendado de ciclos de observación

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## Selección del operador

Se eligen los operadores de la máquina 4: operador 1, operador 2 y operador 3, y se realiza un estudio basándose en el Sistema de calificación Westinghouse donde se obtuvo los siguientes resultados mostrado en la siguiente tabla 2.20:

Tabla 2.20 Selección del operador según nivel de desempeño

Factores	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
Habilidad	C1	0,06	B1	0,11	B2	0,08
Empeño	C2	0,02	B1	0,1	C1	0,05
Condiciones	D	0	D	0	D	0
Consistencia	E	-0,02	F	-0,04	D	0
Suma total	<b>0,06</b>		<b>0,17</b>		<b>0,13</b>	
Factores de actuación	<b>1,06</b>		<b>1,17</b>		<b>1,13</b>	

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

En la tabla anterior se puede apreciar que se elige el operador 3, donde se evidenció que tiene un estilo consistente, además recalcar que es el que tiene ponderación media.

## Etapa I.

En esta etapa se elaboró un Otida como se muestra en la figura 2.37, procesos definidos en la etapa anterior, lo cual detalla actividades correspondiente a transportación, operación, espera, inspección y control. Los tiempos promedios asociados. Además, se muestra la siguiente información:

- Fases del proceso de preparación.
- Categorización de Actividades Internas y Externas.
- Análisis de Valor: Agrega valor (AV), No agrega valor (NAV) y No agrega valor, pero es necesario (NAVN).

No.	Actividad	Operación	Transportación	Inspección	Espera	Control	Minutos (min)	Segundos	AV / NAV	Interna / Externa
1	Cambiar bobina	⊙	⇄	□	□	⊗	4	36	AV	interna
2	Apagar bombas de tinta	⊙	⇄	□	□	⊗		15	AV	interna
3	Inclinar y aflojar bandejas	⊙	⇄	□	□	⊗	5	16	AV	interna
4	Drenar tinta	⊙	⇄	□	□	⊗	8	33	AV	interna
5	Ir a ver solvente en otra área	⊙	⇄	□	□	⊗	6	18	NAV	interna
6	Limpiar con waípe bandeja	⊙	⇄	□	□	⊗	5	1	AV	interna
7	Sacar cintas de bandejas	⊙	⇄	□	□	⊗	1	1	NAV	interna
8	Sacar bandeja y colocarla en la mesa para limpiarla con waípe y alcohol	⊙	⇄	□	□	⊗	19	23	NAV	interna
9	Limpiar rodillos y los anilox con waípe y alcohol	⊙	⇄	□	□	⊗	3	37	AV	interna
10	Abrir seguros y abrir cuerpos de estaciones	⊙	⇄	□	□	⊗	4	7	AV	interna
11	Ir a bodega por un balde para sacar la tinta de una bomba	⊙	⇄	□	□	⊗	2		NAV	interna
12	Bajar tintas de las bombas	⊙	⇄	□	□	⊗	18	2	AV	interna
13	Aflojar mangueras y colocar a un lado las bombas	⊙	⇄	□	□	⊗	10	18	AV	interna
14	Colocar y ajustar una bandeja en la máquina	⊙	⇄	□	□	⊗	2	3	AV	interna
15	Sacar cangrejos de una estación y lavarlos	⊙	⇄	□	□	⊗	7	23	AV	interna
16	Limpiar anilox y rodillo de cauchos en sus extremos	⊙	⇄	□	□	⊗	15	5	AV	interna
17	Aflojar los rodillos porta clisé con llave #5	⊙	⇄	□	□	⊗	5		AV	interna
18	Lavar bomba y drenar tinta de la manguera	⊙	⇄	□	□	⊗	47	4	NAV	interna
19	Colocar cangrejos en la estación	⊙	⇄	□	□	⊗	4	6	AV	interna
20	Colocar y ajustar bomba en bandejas	⊙	⇄	□	□	⊗	29	54	AV	interna
21	Abrir cuerpos de las estaciones	⊙	⇄	□	□	⊗	4	21	AV	interna
22	Sacar y colocar rodillo porta clisé en área asignada	⊙	⇄	□	□	⊗	5	3	AV	interna
23	Buscar y colocar rodillo porta clisé en estaciones	⊙	⇄	□	□	⊗	6		AV	interna
24	Colocar y ajustar bocines	⊙	⇄	□	□	⊗	11		AV	interna
25	Cerrar cuerpos	⊙	⇄	□	□	⊗	5		AV	interna
26	Cambiar de giros de piñones para anversos	⊙	⇄	□	□	⊗	10		AV	interna
27	Alineación de piñones de transición	⊙	⇄	□	□	⊗	3		AV	interna
28	Cambio de pase de película	⊙	⇄	□	□	⊗	9	58	AV	interna
29	Calibrar cuerpos con pedazo de clisé	⊙	⇄	□	□	⊗	18	1	AV	interna
30	Buscar rollo	⊙	⇄	□	□	⊗	4		NAV	interna
31	Subir rollo negro para colocar barniz	⊙	⇄	□	□	⊗	7	3	AV	interna
32	Ir a buscar tinta negra	⊙	⇄	□	□	⊗	5	43	NAV	interna
33	Colocar tinta en bombas	⊙	⇄	□	□	⊗	4	26	AV	interna
34	Subir tinta a bombas y dejar circulando	⊙	⇄	□	□	⊗	4	21	AV	interna
35	Prender y calibrar rodillo	⊙	⇄	□	□	⊗	2		AV	externa
36	Prender máquina y colocar tinta de impresión al material (bajar hidráulico)	⊙	⇄	□	□	⊗	21	59	AV	externa
37	Subir rollo blanco para colores	⊙	⇄	□	□	⊗	4	43	NAV	interna
38	Registro de colores	⊙	⇄	□	□	⊗	29	14	AV	externa
39	Dar medida según el arte de trabajo	⊙	⇄	□	□	⊗	36		AV	externa
40	Buscar rollo a utilizar (no hay rollo a utilizar cerca de impresora)	⊙	⇄	□	□	⊗	5		NAV	interna
41	Subir rollo a trabajar	⊙	⇄	□	□	⊗	9		AV	interna
42	Centrado en el material	⊙	⇄	□	□	⊗	5		AV	externa
43	Extraer e inspeccionar muestra	⊙	⇄	□	□	⊗	2	4	AV	interna
44	Inspección de control de calidad	⊙	⇄	□	□	⊗	4	25	AVN	interna
45	Prender máquina	⊙	⇄	□	□	⊗		27	AV	externa

Figura 2.37 Otida del proceso actual de cambio de formato

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

en la tabla 2.21 se tiene el análisis de valor de las actividades donde se tiene un total de tiempo de actividades del cambio de formato de 417 minutos, donde el 77% representa las actividades que agregan valor y el 23% las actividades que no agregan valor.

**Tabla 2.21 Análisis de actividades**

Descripción de actividades	Tiempo (min)	Actividades	%
Total tiempo de actividades del Set up	417	44	100%
Total de tiempo de actividades que agregan valor	317	34	77%
Total de tiempo de actividades que no agregan valor	100	10	23%

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### Aplicar tolerancia

También se conoce que entre el operador y el ayudante hacen las actividades en un tiempo de 287 minutos, también se sabe que se aplica la tolerancia, por muestreo de trabajo, al tiempo nivelado, asignándose los siguientes porcentajes: necesidad del personal 5%, fatiga 3% y demoras 4%. Obteniendo como total el 12%.

Donde al conocer el porcentaje de tolerancia se tiene un tiempo estándar de 288,12 minutos.

### Etapa II

En esta etapa se analiza las actividades internas y externas como se observa en la tabla 2.22. Donde se tiene un total de 45 actividades donde se tienen 56 actividades externas y 39 actividades internas.

**Tabla 2.22 Actividades Externas e internas**

Actividades	Cantidad de actividades	%
<b>Externas</b>	6	13%
<b>internas</b>	39	87%
<b>total</b>	45	100%

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### Etapa III

Durante esta etapa, se procedió a simplificar actividades internas y externas, ya sea eliminándolos, combinándolos o mejorándolos, resultando un OTIDA con menos actividades para cada familia en estudio, como se muestra en la figura 2.38.

No.	Actividad	Operación	Transpor tación	Inspección	Espera	Control	Minutos (min)	AV / NAV	Interna / Externa
1	Cambiar bobina	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
2	Apagar bombas de tinta	0	↕	□	□	□	1	AV	Interna
3	Inclinarse y aflojar bandejas	0	↕	□	□	□	4	AV	Interna
4	Drenar tinta	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
5	Limpiar con waípe bandejas que no se cambiarán	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
6	Limpiar rodillos y los anillos con waípe y alcohol	0	↕	□	□	□	2	AV	Interna
7	Abrir seguros y abrir cuerpos de estaciones	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
8	Sacar tintas de las bombas	0	↕	□	□	□	7	AV	Interna
9	Aflojar mangueras y colocar bombas en su área de bombas sucias	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
10	sacar bandejas a cambiar por bandejas limpias disponibles	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
11	Sacar cangrejos de estación, lavarlo y colocarlo	0	↕	□	□	□	8	AV	Interna
12	Limpiar anillo (5) y rodillo de cauchos en sus extremos	0	↕	□	□	□	8	AV	Interna
13	Aflojar los rodillos porta clisé con llave #5	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
14	Cambiar bombas por bombas limpias y ajustarlas	0	↕	□	□	□	17	AV	Interna
15	Abrir cuerpos de las estaciones	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
16	Sacar y colocar rodillo porta clisé en área asignada	0	↕	□	□	□	5	AV	Interna
17	Buscar y colocar rodillo porta clisé en estaciones	0	↕	□	□	□	33	AV	Interna
18	Colocar y ajustar bocines	0	↕	□	□	□	6	AV	Interna
19	Cerrar cuerpos	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
20	Cambiar de giros de piñones para anversos	0	↕	□	□	□	10	AV	Interna
21	Alineación de piñones de transición	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
22	Cambio de pase de película	0	↕	□	□	□	10	AV	Interna
23	Calibrar cuerpo con pedazo de clisé	0	↕	□	□	□	9	AV	Interna
24	Colocar tinta en bombas	0	↕	□	□	□	4	AV	Interna
25	Subir rollo para muestra de cambio	0	↕	□	□	□	6	AV	Interna
26	Subir tinta a bombas y dejar circulando	0	↕	□	□	□	3	AV	Interna
27	Prender y calibrar rodillo	0	↕	□	□	□	2	AV	Externa
28	Prender máquina y colocar tinta de impresión al material (bajar hidráulico)	0	↕	□	□	□	19	AV	Externa
29	Registro de colores	0	↕	□	□	□	7	AV	Interna
30	Dar medida según el arte de trabajo	0	↕	□	□	□	36	AV	Externa
31	Subir rollo a trabajar	0	↕	□	□	□	6	AV	Interna
32	Centrado en el material	0	↕	□	□	□	5	AV	Externa
33	Extraer e inspeccionar muestra	0	↕	□	□	□	8	AV	Interna
34	Inspección muestra por control de calidad	0	↕	□	□	□	10	NAV	Interna
35	Prender máquina	0	↕	□	□	□	0,5	AV	Externa

Figura 2.38 Otida con proceso mejorado

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

## 2.5 Control.

Para esta etapa se generó un plan de control para cada solución implementada como se muestra en la tabla 2.23, con la finalidad de sostenerlas con el tiempo y las mejoras sigan siendo aplicadas y controladas.

Se realizó charla a los involucrados para dar a conocer la importancia de mantener estas metodologías y los resultados que se obtiene al ser constantes, disciplinados y comprometidos con el trabajo. Además, se realiza un control del indicador del OEE con el formato del apéndice B.

### Control de 5S

Para lograr resultados buenos a la implementación de 5S y que con el paso del tiempo sea sostenible, se requiere de charlas mensuales de la importancia de la constancia en la aplicación de esta metodología. Para esto se requiere que se lleve a cabo las políticas generadas en esta implementación tal cual está en el apéndice E, además del compromiso y la disciplina que los operarios mantendrán. Se hace uso de la hoja de

auditoria del nivel de aplicación de 5S en el área de impresión presente en el apéndice B, realizada por el líder establecido.

Se mantendrá reuniones de cómo evoluciona el proceso de mantener esta metodología todos los meses donde cada operador y el coordinador participarán y así dar soportes con nuevas ideas de mejoras.

### Control de SMED.

Para esta etapa se realizaron dos acciones:

- ✓ Capacitación sobre la importancia de la metodología implementada y la estandarización del proceso de cambio de formato de producto.

Esta capacitación será dictada por el líder del área de impresión cada mes, donde se revisarán los pasos de la estandarización del proceso para mejoras futuras. Se hace el uso de las normas y políticas presentes en el apéndice F, para que se tome como hábito y se mejore constantemente.

Se realizarán reuniones mensuales con los involucrados, para dar a conocer cómo se está llevando el proceso de aplicación del SMED.

- ✓ Elaboración de un formato para el control del proceso estandarizado enlazado con el control de las paradas no programadas en el proceso de impresión, que se encuentra en el apéndice C.

Este formato contiene la siguiente información: producto, cliente, cantidad de producto a realizarse en cada set up, y el registro de las horas que inicia y finaliza cada fase del cambio de formato de producto. Esta herramienta tiene como fin hallar oportunidades de mejoras en el tiempo.

**Tabla 2.23 Plan de control**

Plan de Control					
Qué?	Por qué?	Cómo?	Donde?	Quién?	Cuando?
Autoría 5S	Porque se requiere mantener un lugar ordenado e higiénico, y disminuir tiempos de búsquedas de herramientas	Realizar un formato de auditoría con puntos actualizados en el trabajo, es decir, en relación con el área de impresión	Área - Impresora 4	Coordinador Jr.	Mensualmente
SMED - Capacitación sobre estandarización de cambio de producto	Porque es necesario que cualquier operador, ya sea antiguo o nuevo, tenga un mejor método para trabajar	Mediante el desarrollo de un formato A3 en el que se especifican las actividades que se llevarán a cabo en el proceso de cambio	Área - Impresora 4	Coordinador Jr. - Operador - Ayudante	Mensualmente

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y análisis

### Metodología 5S.

Para esta etapa se necesitó aproximadamente semana y media luego de la inducción de las metodologías, para confirmar que la aplicación de la metodología 5S fue positiva se tiene una tabulación grafica del antes y despues. Se muestra además las gráficas del espacio en el área en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Porcentaje de espacio liberado después de aplicar 5S

	Antes		Después			Resultado
ESPACIO TOTAL (m2)	61,9					
ESPACIO UTILIZADO (m2)	34,7	20,2	Máquinas y equipos	20,7	33,5	
		13,2	MP e insumos	12,8		
		1,2	Espacio perdido	0,0		
ESPACIO DISPONIBLE (m2)	27,2		28,4			

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Como se observa en la tabla 3.1 con ayuda de la metodología 5S se aumentó el espacio disponible en un 2%. Recalcando que se generó espacios para los además de las bombas y bandejas a tener como disponible para el cambio de formato.

Se realizó una vez más la evaluación con el formato de inspección de auditoria de 5S, donde la figura 3.2 muestra los resultados efectivos al implementar 5S.

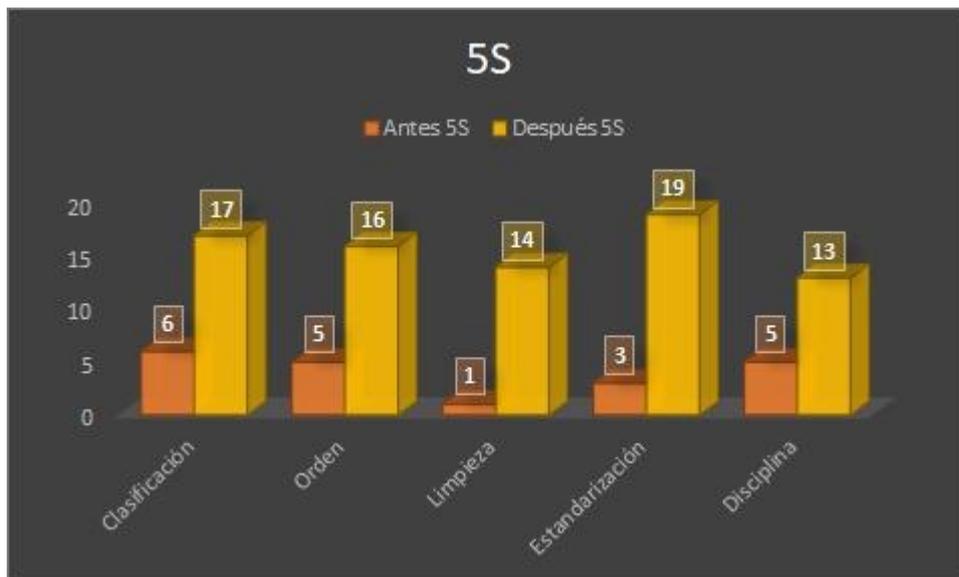
Resaltar que el CTQ “disponibilidad del personal”, está relacionada directamente con el pilar social. ya que anteriormente los operadores hacían mal uso del equipo para levantar los rollos donde de 30 observaciones el 70% de las veces se realizó el trabajo de manera manual entre dos operadores. Actualmente hacen un correcto uso del equipo, que además de utilizarlo una sola persona se evitaría problemas de salud futuros por levantar pesos elevados, diferencia que se puede observar en la figura 3.1.



**Figura 3.1 Antes y después del mal uso del equipo de trabajo**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira



**Figura 3.2 Cambio de la ponderación en la calificación al aplicar 5S**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### **Metodología SMED.**

Para la implementación SMED se tiene soporte de la aplicación de la metodología 5 S, ya que permitió eliminar actividades que no agregan valor, puesto que ahora herramientas y recursos están cerca del operador, organizadas, en buen estado y limpias.

En primer lugar, se busca la estandarización del proceso de cambio como se muestra en el apéndice I para que se pueda realizar de una manera más ordenada y con un mejor resultado.

A su vez, en la tabla 3.2 y tabla 3.3 se tiene la descripción y la mejora de los tiempos y número de actividades al aplicar SMED para así buscar a estandarización y el cambio rápido para optimizar tiempo.

**Tabla 3.2 Descripción de actividades por su tiempo**

Descripción de actividades	Tiempo antes (min)	Tiempo despues (min)	reduce
Total tiempo de actividades del Set up	417	266	36
Total de tiempo de actividades que agregan valor	317	256	19
Total de tiempo de actividades que no agregan valor	100	10	90

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 3.3 Descripción de actividades por su cantidad**

Descripción de actividades	Tiempo antes (cantidad)	Tiempo despues (cantidad)	reduce (%)
Total tiempo de Set up	45	35	22
Total de tiempo de actividades que agregan valor	35	34	3
Total de tiempo de actividades que no agregan valor	10	1	90

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Luego se tiene la eliminación o cambio de actividades interna por actividades externas como se muestra en la tabla 3.4 para optimizar el proceso.

**Tabla 3.4 Conversión de actividades internas en externas**

No	Actividad	Ahora	Acción
5	Ir a ver solvente en otra área y prestar herramientas	interna	Tener listo solvente y herramientas en el área
8	car bandeja (1,5) y colocarla en la mesa para limpiarla con waipe y alcohol	interna	Tener bandejas limpias antes de empezar cambio
11	Ir a bodega por un balde para sacar la tinta de una bomba	interna	Tener baldes disponibles en el área
18	Lavar bomba y drenar tinta de la manguera (3,5)	interna	Tener bombas limpias disponibles
30	Buscar rollo para prueba	interna	Rollos de prueba ya en el área antes del cambio
32	Ir a buscar tinta negra	interna	Tintas ya en el área antes del cambio
40	Buscar rollo a utilizar (no hay rollo a utilizar cerca de impresora)	interna	Rollos ya en el área antes del cambio

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

En la tabla 3.5 se puede observar cómo se reduce las actividades internas y a su vez como se reduce el número de actividades para el cambio de formato de producto.

**Tabla 3.5 Resultado de eliminación de actividades internas**

Actividades	Cantidad de actividades	%	Actividades	Cantidad de actividades	%
Externas	6	13%	Externas	6	17%
internas	39	87%	internas	29	83%
total	45	100%	total	35	100%

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### Resultados financieros.

Se muestra en la tabla 3.6 el flujo de cajas generada con data histórica desde febrero a septiembre del 2019 donde en la tabla 3.7 genera resultados del valor actual neto de \$4.937,95 dólares y una tasa interna de retorno de 19% que nos dice que es rentable

aplicar estas soluciones que a su vez nos genera beneficios económicos. Todos estos resultados se consideran de la data donde se tuvo datos como:

- ✓ 55 cambios promedios mensuales.
- ✓ 75 m/min como velocidad máxima promedio mensual.
- ✓ Productos con mayor demanda en la máquina 4.
- ✓ Precios de los productos con mayor demanda.
- ✓ 78% como porcentaje promedio de costo de producción.

Para luego generar los beneficios ganados por cada cambio y realizar el flujo de caja como se muestra en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6 Flujo de cajas**

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Venta mensual en el tiempo ganado		\$ 14.398,82	\$ 18.218,91	\$ 13.811,11	\$ 14.692,67	\$ 16.161,94	\$ 15.868,09	\$ 19.100,47	\$ 16.749,65
Costos de producción		-11072,6916	-14629,7875	-10703,6117	-11063,5821	-12881,0657	-12218,4262	-15547,7857	-13165,222
Inversión	-13458								
Flujo de cajas	-13458	\$ 3.326,13	\$ 3.589,13	\$ 3.107,50	\$ 3.629,09	\$ 3.280,87	\$ 3.649,66	\$ 3.552,69	\$ 3.584,42

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

**Tabla 3.7 Resultados del flujo de cajas**

TASA	10%
TIR	19%
VAN	\$ 4.937,95

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

### Resultados generales.

A su vez, se tiene resultados tales como: del CTQ “cambio de formato promedio”, que era de 288,12 minutos se redujo el 20% que equivale a 57 minutos menos por cambio, por lo que se está atacando también al pilar económico. A su vez se tiene que la máquina trabaja a una velocidad máxima promedio de 75 metros/minutos. Y los costos de producción por venta mensual oscila los 78% promedio. A su vez se generó datos de 8 meses históricos para obtener los cambios promedio por mes que es de 55 cambios.

Donde con esta data se tiene ganancias mensuales promedio de \$3.464,94. Por lo que se puede decir que en el cuarto mes se recuperará la inversión al aplicar las soluciones antes mencionadas.

se realizó una prueba de diferencia de medias entre el tiempo de cambio de formato antes de aplicar las mejoras y después de aplicar las mejoras. Donde con un  $P=0,00$  se

rechaza la hipótesis Nula, por lo que se concluye que hay suficiente evidencia estadística para decir que con el 95% de confianza, el tiempo de cambio de formato inicial es mayor al tiempo de cambio de formato aplicando las mejoras, esto se lo puede constatar en la figura 3.3.

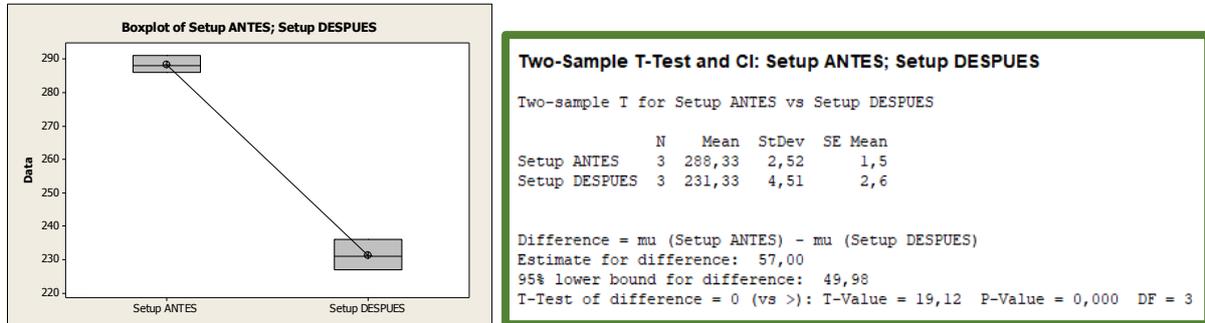


Figura 3.3 Análisis de diferencia de media del tiempo de cambio de formato

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Finalmente se logró el objetivo general, que es el de mejorar el OEE en la máquina 4 siendo esta mejorado en un 9% que inicialmente era de 33% ahora paso a 42% ya que atacando sus variables cambiaron también siendo estas la disponibilidad que paso de un 63% a 70%, el rendimiento de un 57% a un 65% y la calidad se mantuvo en un 93%. Calculados como se muestra en la figura 3.4.

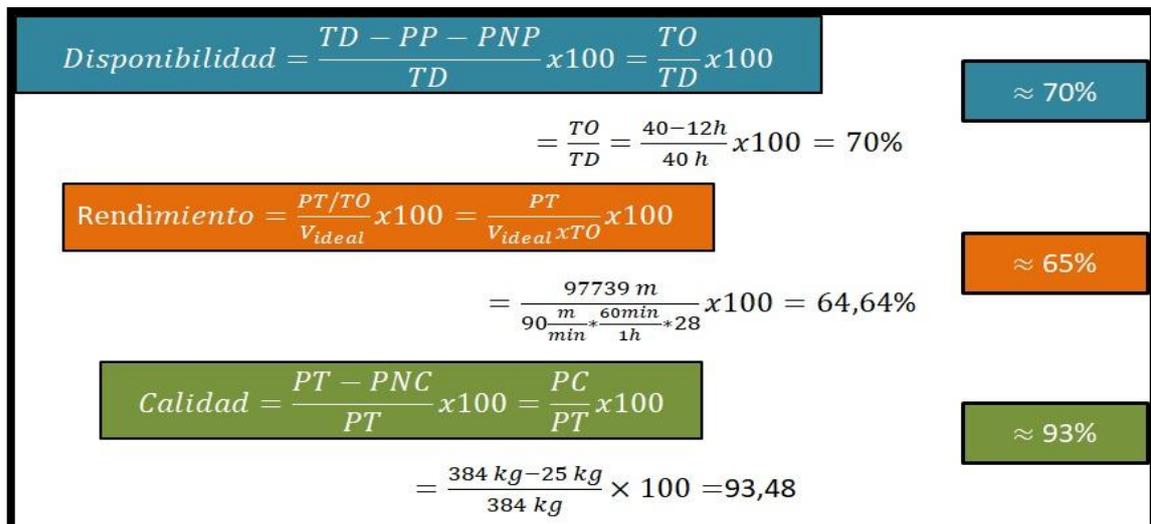
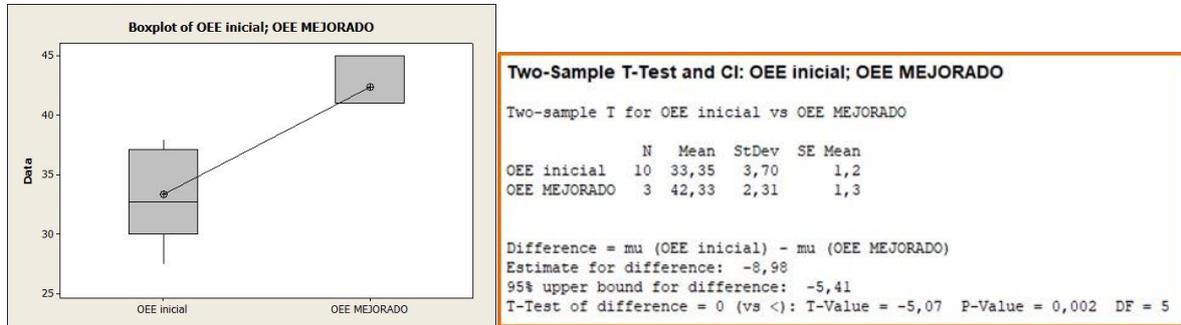


Figura 3.4 Calculo del OEE en la máquina 4 luego de mejoras

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Además, se realizó una prueba de diferencia de medias entre el OEE actual y el OEE aplicando las mejoras. Donde con un  $P=0,002$  se rechaza la hipótesis Nula, por lo que se concluye que hay suficiente evidencia estadística para decir que con el 95% de confianza, el OEE inicial es menor al OEE aplicando las mejoras, esto se lo puede constatar en la figura 3.5.



**Figura 3.5 Prueba de diferencia de medias del OEE actual y el OEE luego de aplicar las mejoras**

Elaboración propia

Ronny Rodríguez-Luis Rivadeneira

Recaltar que el CTQ “disminuir el scrap en la impresora”, lo cual está directamente relacionada con el pilar ambiental. Se tiene que los componentes de la máquina no se encuentran en las condiciones óptimas, se sabe que al ser reemplazadas disminuiría el CTQ en cuestión y al pilar ambiental.

# CAPÍTULO 4

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- ✓ Al mejorar las variables del OEE tanto disponibilidad y rendimiento que pasaron de 63% a 70% y de 57% a 65% respectivamente, el OEE de la impresora 4 mejoró de 33% a 42%.
- ✓ Con la aplicación del SMED se ataca tanto al CTQ “tiempo promedio de cambio de formato” como al pilar económico, disminuyendo este primero de 288,12 minutos a 231,12 minutos. Y finalmente obteniendo una utilidad neta de \$3.464,94 al mes.
- ✓ Se realizó la estandarización del proceso de set-up, definiendo así funciones y responsabilidades a cada colaborador.
- ✓ La aplicación del 5S ayudó también a reducir el tiempo de set-up, por búsqueda de herramientas, adicional se gestionó hacer correcto uso de las maquinarias para no tener ausentismo por enfermedad, el cual ataca el pilar social.
- ✓ Para el CTQ “disponibilidad del personal”, el cual está directamente relacionado al pilar social, ya que anteriormente los operadores hacían mal uso del equipo para levantar los rollos donde de 30 observaciones el 70% de las veces se realizó el trabajo de manera manual entre dos operadores. Actualmente hacen un correcto uso del equipo, que además de utilizarlo una sola persona se evitaría problemas de salud futuros por levantar pesos elevados.
- ✓ Para el CTQ “disminuir el scrap en impresión”, lo cual está directamente relacionada con el pilar ambiental. Se tiene que los componentes de la máquina no se encuentran en las condiciones óptimas, se sabe que al ser reemplazadas disminuiría el CTQ en cuestión y al pilar ambiental.

## 4.2 Recomendaciones

- ✓ El desarrollo de las soluciones y alcance del proyecto se realizaron en la impresora 4, sin embargo, a futuro se pueden replicar en las otras impresoras.
- ✓ Capacitar periódicamente al personal para lograr mantener el proceso estandarizado y se desarrollen las actividades de manera correcta y definiendo roles.
- ✓ Al momento de realizar el cambio de formato el operador debe contar con la disponibilidad al 100% de un ayudante.
- ✓ El personal debe acatar las nuevas normas y no ser negativos con los cambios.

# BIBLIOGRAFÍA

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, J. (2010). *Metodología para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua*. México.
- Bradley, & Parrish. (2005). Revisión Sobre la Sostenibilidad Empresarial. *Estudios Avanzados de Liderazgo*.
- Cuya López, K. (2017). *Aplicación de la metodología dmaic para mejorar la productividad en el proceso de impresión de publicidad de la empresa LVC contratistas generales S.A.C*. Lima.
- Enrique G., S. M. (2019). Mejora del Proceso de Envasado de galoneras de Yogurt en Planta Industrial de ATE para optimización de rendimiento.
- Esteban Pérez, M. G. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 88-106.
- Ireland F., D. B. (2001). A study of total productive maintenance implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 183-192.
- Jonsson, P. a. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE. *International journal of Operation and Production Management*, 55-78.
- Marchuelo. (2007). Revisión Sobre la Sostenibilidad Empresarial. *Estudios Avanzados de Liderazgo*.
- Nakajima. (1988). introduction to TPM: total productive maintenance. *Journal of quality in maintenance engineering*, 183-192.
- Padilla, R., & Oddone, N. (2016). *Manual para el fortalecimiento de Cadenas de Valor*.
- Pérez López, E., & Minor García, C. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 88-106.
- Phillips, J. K. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of operation & Production management*, 1404-1416.
- Sales, M. (2009). *Diagrama de Pareto*.
- Schmal Simón, R., Rivero Flores, S., & Vida Silva, C. (2016). Formalización de un modelo de trabajo con empresas en una carrera de ingeniería. *Chilena de Ingeniería*, 149-157.

- Torres, J. G., & Costa Neto, P. L. (2018). *World Café method integrated with QFD for obtaining the Voice of the Customer*. São Paulo.
- Varas, C. (2010). *Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate*. Santiago.
- Vilela Villegas, E. (2018). *Implementación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de embalaje en la empresa SIVEIN S.A.C*. Lima.

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Formatos para toma de datos del OEE

Tiempos

	Hora	Minuto	Operando	Parada	Observaciones
1	9	5			
2	7	32			
3	7	47			
4	9	30			
5	9	37			
6	10	3			
7	10	3			
8	10	9			
9	10	16			
10	10	57			
11	11	44			
12	12	27			
13	12	41			
14	12	57			
15	12	59			
16	13	5			
17	13	17			
18	13	34			
19	14	15			
20	14	27			

Velocidad

	Hora	Minuto	Operando	Velocidad de la maquina	Nombre producto	Operador	Observaciones
1	9	5					
2	7	32					
3	7	47					
4	9	30					
5	9	37					
6	10	3					
7	10	3					
8	10	9					
9	10	16					
10	10	57					
11	11	44					
12	12	27					
13	12	41					
14	12	57					
15	12	59					
16	13	5					
17	13	17					
18	13	34					
19	14	15					
20	14	27					

# APÉNDICE B

## Formato para la evaluación del 5S

INPECCIÓN MENSUAL DE 5S EN EL ÁREA DE IMPRESIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS - SUNCHODESA						
Hoja de Auditoría para 5S		Puntaje:	Evaluadores:		Puntaje	
<b>5s</b>	<b>#</b>	<b>Artículo chequeado</b>	<b>Descripción</b>			
Clasificación	1	Materiales o partes	Material/partes en exceso de inventario o en proceso			
	2	Máquinarias u otro equipo	Existencia Innecesaria alrededor			
	3	Herramientas	Existencia innecesaria alrededor			
	4	Control visual	Existe o no control visual?			
	5	Estándares escritos	Tienen establecidos estándares de limpieza? (5s)			
<b>Subtotal</b>						
Orden	6	Indicador de lugar	Existen áreas de almacenaje marcadas?			
	7	Indicadores de artículos	Demarcación de los artículos y lugares?			
	8	Indicadores de cantidad	Están definidos máximos y mínimos de productos?			
	9	Vías de acceso y almacenamiento	Están identificadas líneas de acceso y almacén?			
	10	Herramientas	Poseen lugar claramente identificados?			
<b>Subtotal</b>						
Limpieza	11	Pisos	Pisos libres de basura, aceite, grasa?			
	12	Máquinas	Están las máquinas libres de objetos y aceite?			
	13	Limpieza e inspección	Se realiza inspección de equipos junto con mantenimiento			
	14	Responsable de limpieza	Existe personal responsable de verificar limpieza?			
	15	Hábito de limpieza	Operador limpia pisos y máquina regularmente?			
<b>Subtotal</b>						
Estandarización	16	Notas de mejoramiento	Se generan regularmente?			
	17	Ideas de mejoramiento	Se han implementado ideas de mejora?			
	18	Procedimientos claves	Usan procedimientos escritos, claros y actuales?			
	19	Plan de mejoramiento	Tiene un plan futuro de mejoramiento para el área?			
	20	Las primeras 3S	Están las primeras s mantenidas			
<b>Subtotal</b>						
Disciplina	21	Entrenamiento	Son conocidos los procedimientos estándares?			
	22	Herramientas y partes	Las herramientas son almacenadas correctamente?			
	23	Control de inventario	Ha iniciado control de inventario?			
	24	Procedimiento de inventarios	Están al día y son revisados regularmente?			
	25	Descripción del cargo	Están al día y son revisados regularmente?			
<b>Subtotal</b>						
<b>TOTAL</b>						
		0= Muy mal	1= Mal	2= Promedio	3= Bueno	4= Muy bueno

# APÉNDICE C

## Formato para el control del SMED

		Cliente: _____		Operador: _____	
		Producto: _____		Ayudante: _____	
		Fecha: _____		Turno: _____	
#	Descripción de actividad	Hora de inicio	Hora de fin	Promedio de actividad	Observación
1	Cambiar bobina				
2	Apagar bombas de tinta				
3	Inclinar y aflojar bandejas				
4	Drenar tinta				
5	Limpiar con waípe bandejas que no se cambian				
6	Limpiar rodillos y los anilox con waípe y alcohol				
7	Abrir seguros y abrir cuerpos de estaciones				
8	Sacar tintas de las bombas				
9	Aflojar mangueras y colocar bombas en su área de bombas sucias				
10	sacar bandejas a cambiar por bandejas limpias disponibles				
11	Sacar cangrejos de estación, lavarlo y colocarlo				
12	Limpiar anilox (5) y rodillo de cauchos en sus extremos				
13	Aflojar los rodillos porta clisé con llave #5				
14	Cambiar bombas por bombas limpias y ajustarlas				
15	Abrir cuerpos de las estaciones				
16	Sacar y colocar rodillo porta clisé en área asignada				
17	Buscar y colocar rodillo porta clisé en estaciones				
18	Colocar y ajustar bocines				
19	Cerrar cuerpos				
20	Cambiar de giros de piñones para anversos				
21	Alineación de piñones de transición				
22	Cambio de pase de película				
23	Calibrar cuerpo con pedazo de clisé				
24	Colocar tinta en bombas				
25	Subir rollo para muestra de cambio				
26	Subir tinta a bombas y dejar circulando				
27	Prender y calibrar rodillo				
28	Prender maquina y colocar tinta de impresión al material (bajar hidráulico)				
29	Registro de colores				
30	Dar medida según el arte de trabajo				
31	Subir rollo a trabajar				
32	Centrado en el material				
33	Extraer e inspeccionar muestra				
34	Inspección muestra por control de calidad				
35	Prender máquina				

# APÉNDICE D

## Formato para el control del as paras de las máquinas de impresión

 <b>SUNCHODESA</b> <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN</b> <b>Registro diario de paras - Impresión</b>								
Fecha:					<b>ID</b>	<b>PARADA</b>	<b>ID</b>	<b>PARADA</b>
Operador:					<b>1</b>	Falla mecánica	<b>9</b>	Colocar cinta por arranque (extrusión)
Supervisado por:					<b>2</b>	Falla eléctrica	<b>10</b>	Cambios/ajustes de cireles
Turno:					<b>3</b>	Corte de energía	<b>11</b>	Pasar banda plástica por falta señalización
Impresora:					<b>4</b>	Almuerzo/merienda	<b>12</b>	Cambio de formato
					<b>5</b>	Falta de rollo para imprimir	<b>13</b>	Busqueda/falta de herramientas
					<b>6</b>	Cambio de rollo	<b>14</b>	Limpieza de recámara
					<b>7</b>	Baja de rollo	<b>15</b>	Mantenimiento Preventivo
					<b>8</b>	Rollo defectuoso	<b>16</b>	Otros
OP	Hora de inicio de parada	Hora de fin de parada	ID parada	Tipo de parada	Descripción de la parada			

# APÉNDICE E

## Manual y políticas de limpieza

**MANUAL DE LIMPEZA**

**Objetivo del manual**

El objetivo es establecer una serie de actividades para llevar a cabo un programa de limpieza en el área de impresión de empaques plásticos, con el fin de mantener las instalaciones libres de posibles focos de contaminación y proporcionar un área de trabajo limpia, saludable y segura.

**Propósitos de la limpieza**

- Reducir el riesgo de que se produzcan accidentes
- Mejorar el bienestar físico y mental de los trabajadores al obtener ambientes de trabajo agradables y confortables
- Incrementar la vida de los equipos/herramientas al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.

**Recursos necesarios**

- Escobas, trapos, tachos de basura, guantes, pintura, mimbres.

**Actividades**

- Desechar paños que ya no sirvan y colocar los que pueden seguir siendo reutilizados a la vista
- Limpiar pisos para quitar grasas y suciedad
- Retirar y limpiar profundamente la suciedad, polvo y grasa en las herramientas utilizadas

**Responsabilidades**

- Mantener las herramientas en los lugares establecidos
- Limpiar constantemente el área en el que se trabaja
- Al finalizar la jornada, cada colaborador es responsable de dejar su área de trabajo limpia

**POLÍTICAS DE ORDEN Y LIMPIEZA (5S)**

1. Tanto el operador y ayudante tienen la obligación de aplicar los conocimientos impartidos de la metodología 5S
2. TODOS los operadores tienen como tarea mantener el ambiente de trabajo totalmente limpio y organizado según la metodología 5S.
3. Las fases de clasificación, orden y limpieza deben ser realizadas como parte de las actividades rutinarias
4. El líder encargado es el responsable de mantener la metodología 5S. (Revisar figura 1)
5. El líder debe tener conocimiento de la metodología 5S y estar dispuesto a impartirla con sus encargados
6. En caso de que un operador o ayudante se sume al grupo, se debe preparar a la persona para que tenga conocimiento de esta metodología
7. Cada operador está en la obligación de entregar su puesto de trabajo en perfecto orden y limpieza al finalizar la jornada
8. Los operadores deben tener solo las herramientas necesarias en su lugar de trabajo

**1. Coordinador Jr.**

- Es la persona encargada de controlar que se mantenga el orden y limpieza en el área de impresión con chequeos visuales diarios, a quien le será reportado semanalmente por parte del operador de cada máquina.

**2. Operador**

- Esta persona será la responsable de mantener su área de trabajo limpia al iniciar y terminar la jornada. Y quien debe reportar semanalmente al Coordinador.

**3. Ayudante**

- Es aquella persona que debe prestar su ayuda al operador para realizar ciertas actividades de limpieza

## APÉNDICE F

### Políticas y recomendaciones para la implementación del SMED

#### POLÍTICAS (SMED)

1. Previo al cambio de trabajo, se debe chequear que todos los materiales e insumos se tengan listos para su uso.
2. Durante el cambio de trabajo, es de suma importancia que éste se realice con un operador y un ayudante, logrando así agilizar el proceso.
3. Bombas y bandejas limpias en el "Área de bombas disponibles"
4. Los rodillos porta clisé deberán estar en las estaciones asignadas, con el montaje realizado previamente.
5. Las tintas deben estar disponibles y localizadas en la estantería "Tintas para próximos trabajos"
6. Los rollos que serán utilizados en la producción siguiente debe así mismo estar localizados en su área, cerca de la impresora.

**TODOS estos ítems, lograrán tener una correcta implementación de SMED.**

#### RECOMENDACIONES (SMED)

- ✓ Al momento de hacer la adquisición de las bandejas para tinta, tomar en cuenta que los orificios por donde se drena la tinta deben estar en el costado izquierdo, más no en el centro como son actualmente, adicional el orificio por donde ingresa la tinta debería ser en el extremo derecho. Estas observaciones y defectos se analizaron con los operadores, los cuales indicaron que al tener los orificios de las bandejas como en la actualidad (que es cerca el de entrada y salida) se tiene la dificultad de tener que remover la tinta constantemente con un cartón para que no se estanque ya que no tiene tiempo para que no se asiente.
- ✓ Realizar cada 3 meses un estudio de tiempos en el área donde se implementó la metodología SMED, logrando así controlar el tiempo estandarizado del cambio de trabajo, el cual debe ser mejorado o mantenerse.

## APÉNDICE G

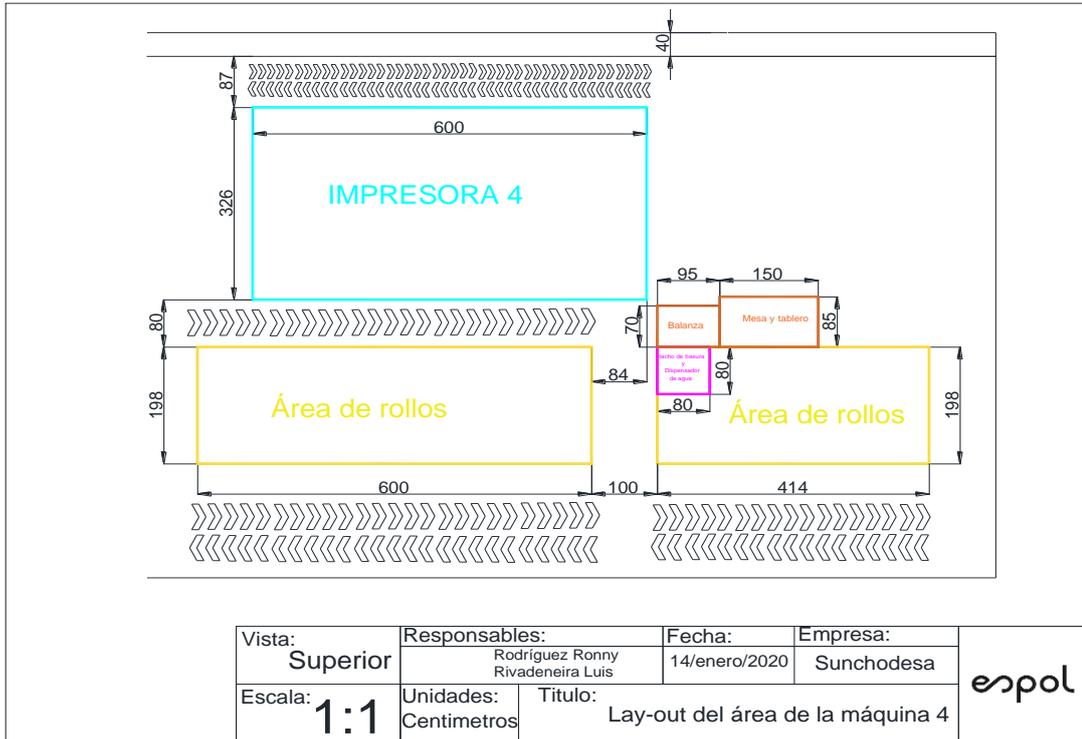
Cotización de componentes y herramientas de la máquina 4

Cotización - Impresora #4			
Elementos	Valor unitario	Cantidad	Costo final
Copa zanh	\$ 571,40	1	\$ 571,40
Cronómetro	\$ 38,00	1	\$ 38,00
Llave allen #4	\$ 1,06	1	\$ 1,06
Llave allen #5	\$ 1,39	1	\$ 1,39
Llave allen #6	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Flexometro	\$ 15,00	1	\$ 15,00
Bandeja para tinta	\$ 500,00	6	\$ 3.000,00
Bomba de tinta	\$ 900,00	6	\$ 5.400,00
Anilox	250 LPI \$ 1.383,33	3	\$ 4.150,00
	350 LPI \$ 1.483,33	3	\$ 4.449,99
Rodillos portaclisé	\$ -	0	\$ -
Rodillo de caucho	\$ 800,00	6	\$ 4.800,00
			\$22.430,34
			\$13.258,95

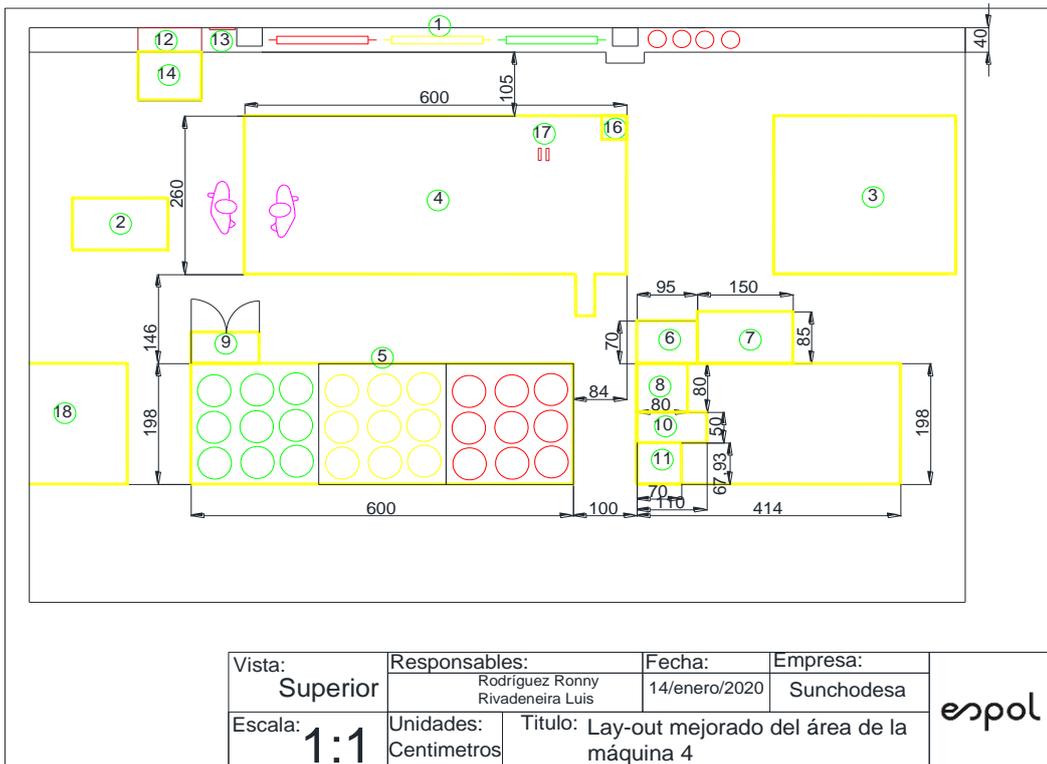
Rodillos Portaclisé	
Perímetro	Cantidad
Nominal (cm)	Rodillos
25	6
32	6
35	6
38	6
40	6
42	6
44	6
46	6
50	6
52	6
55	6
56	6
60	6
72	6
78	6
90	6

# APÉNDICE H

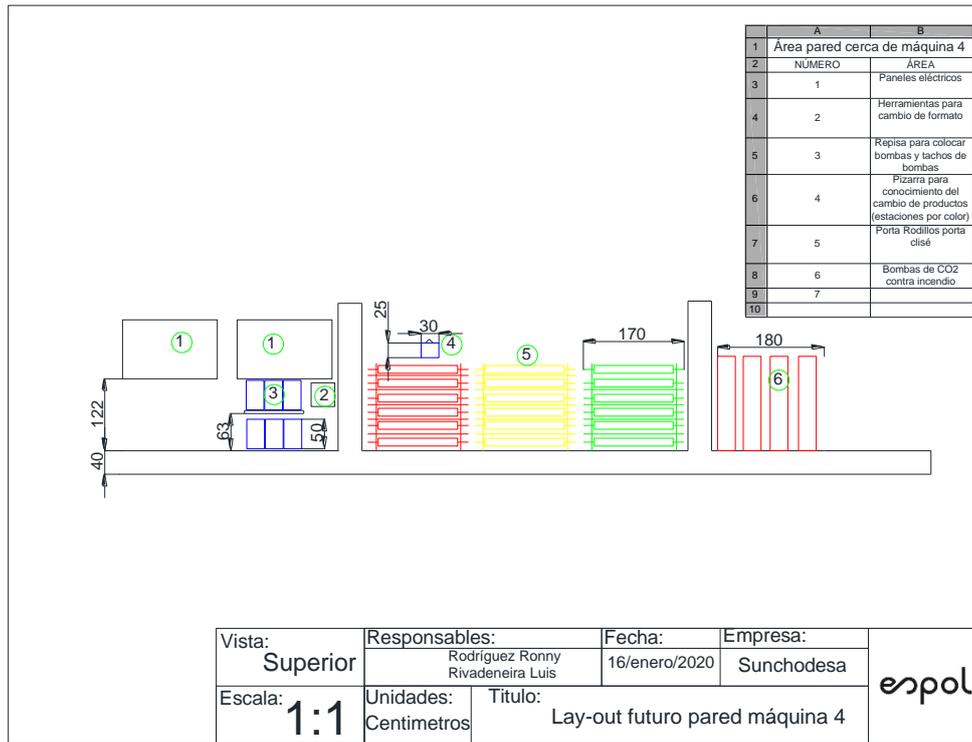
## Lay-out del área de la máquina 4



## Lay-out mejorado del área de la máquina 4

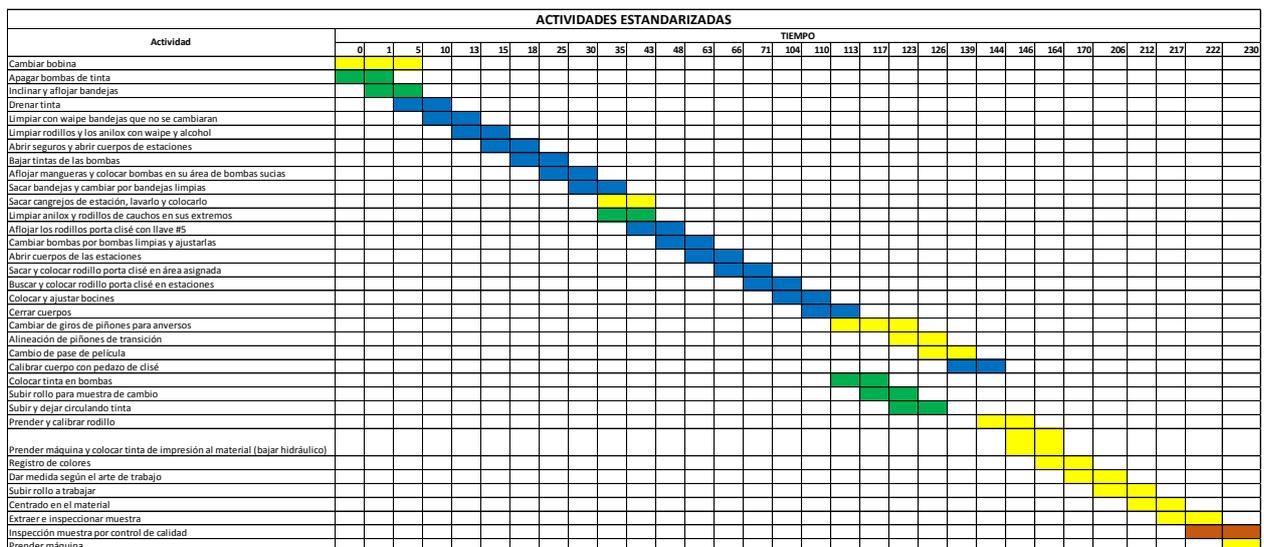


## Lay-out mejorado de la pared máquina 4



## APÉNDICE I

### Gantt de la estandarización del proceso de cambio de formato



Responsable	Color
Operador	█
Ayudante	█
operador y ayudante a la vez	█
Control de calidad	█