

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción de tiempo de preparación largo en impresora de empaques flexibles

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Kevin Chica Ramírez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a Dios por su amor, apoyo y ayuda incondicional siendo el principal pilar espiritual en esta etapa de mi vida. A mis padres, que son mi principal fuente de inspiración y mi apoyo terrenal, que gracias a su esfuerzo y sacrificio me han permitido culminar mi carrera universitaria. A mis hermanos, amigos y compañeros de trabajo, que han sido un soporte moral en aquellos días oscuros llenos de estrés, puesto que con su entusiasmo y ánimos me motivación siempre a seguir hacia adelante.

Agradecimientos

Expreso mis agradecimientos primordialmente a Dios, quién me ha brindado la sabiduría necesaria para culminar con este proyecto integrador, a mi tutora MSc María Isabel Alcívar, por su guía durante este periodo al igual que haber compartido su conocimiento a lo largo de estos cuatro entregables.

A mis padres, hermanos y amigos, que han estado pendiente de mis avances mes a mes y han sido parte esencial de mi formación académica y profesional.

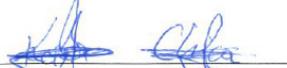
Declaración Expresa

Yo Kevin Chica Ramírez acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 2 de febrero del 2023.


Kevin Chica Ramírez

Evaluadores

María Fernanda López, M.Sc.

Profesor de la Materia

María Isabel Alcívar, M.Sc.

Tutor de proyecto

Resumen

En las empresas actuales, la ventaja competitiva radica en la innovación y flexibilidad con la que se adaptan al mercado, que les permite satisfacer la demanda y crear nuevas oportunidades para los consumidores frente a sus competidores, por este motivo es esencial lograr procesos ágiles, eliminando y disminuyendo cuellos de botella, para que de esta manera la producción se ajuste a la demanda.

Dentro de la operatividad mencionada, un factor clave es el tiempo que se toma para hacer la preparación de equipos durante un cambio de producción o también conocido como *setup*. Mientras más eficiente se realice esta tarea, más competitividad y mejor utilidad dará el proceso, a través de la reducción del costo operativo y los gastos de control.

Por este motivo, este proyecto se basa en la implementación de diferentes herramientas y metodologías que permitan la reducción de tiempos de preparación, acorde a la necesidad del mercado, la cual incluye control visual que permita monitorear de manera continua el desarrollo de la solución. Además, se incluirá un plan de seguimiento para asegurar una correcta implementación.

Como objetivo se tiene la reducción en 30% de la diferencia actual generada entre el tiempo máximo obtenido y el promedio del tiempo de *setup* cuyo valor es de 1.27 horas, con enfoque sobre la máquina IP04 que genera el 80% de diferencia sobre la variable respuesta.

Palabras clave: Tiempo de ajuste, eficiencia, DMAIC, mejora de procesos.

Abstract

In today's companies, the competitive advantage lies in the innovation and flexibility with which they adapt to the market, which allows them to satisfy demand and create new opportunities for consumers compared to their competitors. For this reason, it is essential to achieve agile processes, eliminating and reducing bottlenecks, so that production adjusts to demand.

Within the aforementioned operation, a key factor is the time taken to prepare equipment during a production change or also known as setup. The more efficiently this task is carried out, the more competitive and better useful the process will be, through the reduction of operating costs and control expenses.

For this reason, this project is based on the implementation of different tools and methodologies that allow the reduction of preparation times, according to the needs of the market, which includes visual control that allows continuous monitoring of the development of the solution. In addition, a monitoring plan will be included to ensure correct implementation.

The objective is to reduce by 30% the current difference generated between the maximum time obtained and the average configuration time whose value is 1.27 hours, focusing on the IP04 machine that generates 80% of the difference on the response variable.

Key words: *Setup time, efficiency, DMAIC, process improvement.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	II
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
Índice de figuras	VII
Índice de tablas.....	IX
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del proyecto	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 DMAIC.....	5
1.4.2 Crítico de calidad (CTQ Tree)	5
1.4.3 Diagrama de Pareto	5
1.4.4 Pruebas estadísticas	6
1.4.5 Gráficas de control y análisis de capacidad	6
Capítulo 2	9

2.	Metodología	10
2.1	Definición	10
2.1.1	Voice of Customer (VOC)	11
2.1.2	Critical to Quality (CTQ tree)	12
2.2	Medición	17
2.2.1	Validación de los datos	20
2.3	Análisis	22
2.3.1	Lluvia de ideas (<i>Brainstorming</i>)	22
2.3.2	Diagrama de Ishikawa	23
2.3.3	Matriz de ponderación de causas	23
2.3.4	Validación de causas	25
2.3.5	Análisis 5 por qué	34
Capítulo 3	38
3.	Análisis y resultados	39
3.1	Implementar	39
3.2	Control	45
3.3	Análisis	53
3.4	Resultados	53
Capítulo 4	55
4.	Conclusiones y recomendaciones	56
4.1	Conclusiones	56
4.2	Recomendaciones	56

Referencias	57
APÉNDICES	59

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

VOC Voice of Customer

CTQ Critical to Quality

TBL Tripple Bottom Line

Kg Kilogramo

Índice de figuras

Figura 1 Necesidades del cliente	12
Figura 2 Diagrama de afinidad.....	12
Figura 3 CTQ TREE	13
Figura 4 SIPOC del proceso de producción	14
Figura 5 Línea base – serie de tiempos de preparación en máquina IP04	14
Figura 6 Restricciones de la compañía.....	16
Figura 7 Tripple bottom line asociados al proyecto	17
Figura 8 Pareto de estratificación por máquina.....	17
Figura 9 Cálculo del n muestral	20
Figura 10 Encuesta de satisfacción	21
Figura 11 Lluvia de ideas de las causas que generan altos tiempos de preparación	22
Figura 12 Diagrama de Ishikawa de causas de tiempos altos de preparación en IP04	23
Figura 13 Diagrama de Pareto de causas que generan tiempos elevados de setup	25
Figura 14 Prueba de normalidad – Tipo de proveedor de tinta.....	26
Figura 15 Prueba t de student para el tipo de proveedor de tinta	27
Figura 16 Boxplot del tipo de proveedor de tinta.....	27
Figura 17 Prueba de normalidad – Variabilidad en insumo de proveedores	28
Figura 18 Prueba t de student para la variabilidad en insumo de proveedores	28
Figura 19 Boxplot de proveedores diferentes	29
Figura 20 Prueba de normalidad – Flujo de información e insumos día y noche	30
Figura 21 Prueba t de student – Flujo de información día y noche.....	30
Figura 22 Boxplot de las diferencias en el flujo de información día y noche.....	31
Figura 23 Prueba de normalidad – Limpieza programada y reactiva	32

Figura 24	Boxplot de las diferencias en la taxonomía	32
Figura 25	Boxplot de las diferencias de tipo de limpieza	33
Figura 26	Análisis 5 por qué de la variabilidad en los secados de tintas de los productos.....	34
Figura 27	Análisis 5 por qué de la alta variabilidad en el uso de adhesivos	35
Figura 28	Análisis 5 por qué del tiempo designado para limpieza de los equipos	35
Figura 29	Análisis 5 por qué del flujo de información es interrumpido	36
Figura 30	Análisis de causas y soluciones comunes	39
Figura 31	Análisis financiero de las causas	42
Figura 32	Matriz impacto - esfuerzo	42
Figura 33	Plan de mantenimiento autónomo.....	46
Figura 34	Uso y gráficas del densitómetro.....	47
Figura 35	Formato de validación de insumos	48
Figura 36	Diferencia entre insumo de cintas.....	49
Figura 37	Checklist para el control de insumos	49
Figura 38	Gráfica de control estadístico - situación mejorada.....	50
Figura 39	Análisis de capacidad - situación mejorada.....	51
Figura 40	Control visual por dashboard.....	53

Índice de tablas

Tabla 2.1	19
Tabla 2.2	24
Tabla 2.3	25
Tabla 2.4	33
Tabla 3.1	40
Tabla 3.2	40
Tabla 3.3	41
Tabla 3.4	41
Tabla 3.5	43
Tabla 3.6	43
Tabla 3.7	44
Tabla 3.8	52

Capítulo 1

1. Introducción

El proyecto en mención es efectuado en una empresa enfocada en la fabricación de plásticos flexibles, este es un tipo de producto dedicado al mercado de envoltorios de alimentos como el arroz, fundas para plátanos, o envases flexibles de camarones, entre otros, donde sus clientes exportan estos productos en mayor proporción, obligando en este caso al proveedor a cumplir con normas extranjeras que permitan cumplir con los requerimientos mínimos del mercado global. Entre la familia de productos ofertados se tienen barreras impresas, barreras sin impresión, laminados impresos, entre otros.

El proceso de manera general se traduce en el uso de plástico extruido que puede ser comprado o realizado en planta; luego se imprime la imagen con el formato y la información requerida, posteriormente se lamina para agregarle las capas necesarias al rollo y de esta forma tener la imagen deseada, con el rollo listo se procede a cortar o sellar acorde a especificaciones técnicas y finalmente es almacenado el producto en el área de bodega y posteriormente ser despachado.

La producción mensual es de \$8,60 millones de ventas plástico, donde el mercado tiene una demanda mínima de \$11,15 millones, es decir, la capacidad solo lograr cubrir alrededor del 80% del total, teniendo como causa importante para este desbaste el tiempo perdido operativamente al igual que el desperdicio generado al momento de cambiar configuraciones en las tareas y máquinas de producción (setup), lo cual, ajustando u optimizando estos valores se espera incrementar cubrir la demanda al menos a un 93% dentro de los primeros seis meses.

Por este motivo el principal objetivo de este proyecto es reducir el tiempo de setup de la línea de producción, con enfoque en equipo con mayor margen de mejora, que permita optimizar los resultados y por ende el margen de la empresa.

1.1 Descripción del problema

La producción de camarón estos últimos años ha dinamizado el sector productivo del país, ya que de manera indirecta ha obligado a incrementar las operaciones de los proveedores de insumos que ayudan a la conservación y regulación del producto en el exterior.

Además, la pandemia fue un evento que afectó de manera directa a los pequeños proveedores, teniendo al corto plazo mayor volumen de demanda para aquellas empresas que se lograron mantener. Esto ha significado para la compañía en estudio un incremento del 43% de producción en plásticos flexibles. Además del camarón, otro producto importante en este impacto de crecimiento en la industria es el banano.

Con estas variables mencionadas los procesos regulares se vieron forzados a elevar el nivel de ejecución, y al no tener plan de contingencia se han visto afectados sin poder cumplir con la demanda real. Se tiene como factor importante en este desajuste el tiempo de cambio de configuración de procesos y máquinas, donde actualmente contempla aproximadamente más de un tercio del período laborable, retrasando hasta en un 40% la entrega de los pedidos de producción.

Por este motivo, en el presente proyecto se busca un mecanismo que ayude a la reducción de este tiempo de *set up* que para la empresa no agrega valor a su producción e implica en un incremento de gastos, con un mayor impacto sobre el estado de resultados de la compañía.

1.2 Justificación del proyecto

Habiendo descrito los inconvenientes y la situación actual, se procede a enunciar la problemática bajo la metodología DMAIC.

“En la impresora IP04 se registran tiempos de setup superiores al estándar desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre de 2023, teniendo tiempos máximos de *setup* por semana de hasta de 5,79h, cuando se tiene un tiempo promedio de 4,27h.”

Con ello se espera reducir en un período de seis meses hasta la culminación del proyecto un 30% del tiempo más alto alcanzado respecto al promedio, y al largo plazo reducir hasta 1,27 horas, que es una reducción del 100% del GAP en un año. El impacto económico de estos tiempos

reducidos puede mejorar hasta en \$11,800 mensuales para la compañía, en tanto que el costo de oportunidad o la cantidad de trabajo recuperado pueden alcanzar valores al menos de \$20,800 mensuales.

Esta información resalta la importancia de optimizar los tiempos de *set up* que aunque parezcan imperceptible estos generan un gran impacto en la economía de las empresas, por este motivo se hará un análisis del proceso, las partes operativas y los flujos que forman parte del mismo, encontrando aquellos sub procesos que estén realizando y no agreguen valor o aquellos insumos y materiales que hayan cambiado sus características y al momento estén causando retrasos y fallas, causando aumentos en los tiempos de *setup*.

Además, estas soluciones se tienen que complementar con un plan de gestión, control y seguimiento periódico que permita la sostenibilidad del resultado con el paso del tiempo, evitando que se genere en otra ocasión la causa raíz encontrada del problema.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el tiempo máximo de configuración en equipos IP04 de 5.79h a 4.27h, teniendo una reducción cercana al 30% del GAP.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las causas que generan el problema.
2. Diseñar soluciones que reduzcan las causas fundamentales del problema.
3. Generar plan de implementación y control de las soluciones encontradas.

1.4 Marco teórico

En el marco teórico se desarrollarán los conceptos aplicables a lo largo del proyecto, donde se enunciarán las herramientas asociadas a la metodología empleada en el proyecto (DMAIC) y los conceptos que describirán la ruta de acción en cada etapa.

1.4.1 DMAIC

La base del proyecto se centra en la metodología DMAIC (Define-Medición-Análisis-Implementación-Control), la cual es un agrupamiento de herramientas que están conformadas por la filosofía lean y la metodología six sigma, quienes en conjunto se centran en encontrar la causa raíz de un problema inicialmente definido y por medio de aplicaciones estadísticas e ingeniería se buscan soluciones con alto alcance y de gran impacto que puedan ser sostenibles en el tiempo (Cronemyr, 2007).

De acuerdo al objetivo trazado las herramientas permiten ya sea reducir o incrementar la variable definida, y este al ser un modelo dependiente se debe cerrar cada ciclo antes de seguir con los pasos consecuentes, logrando así cumplir de manera estricta con la aplicación y sistematización de lo requerido por la metodología (Perkins, 2020).

1.4.2 Crítico de calidad (CTQ Tree)

El árbol crítico de calidad (CTQ) es una herramienta analítica y gráfica que describe o transforma en indicadores de medición las necesidades del cliente que se recolectan y son procesadas mediante el diagrama de afinidad que agrupa estos requerimientos por características en común. Estos indicadores son variables que están en función del problema definido por la metodología y a su vez involucra los pilares de sostenibilidad, por este motivo su importancia en el enfoque DMAIC (Campos, 1995).

1.4.3 Diagrama de Pareto

También conocida como distribución A-B-C, es una gráfica que permite ordenar datos de forma descendente acorde al peso que tiene cada valor sobre la variable en estudio. Este distributivo permite realizar un enfoque sobre aquellas variables que tienen mayor impacto, o datos “A” que de manera teórica tiene el 80% de repercusión, los datos “B” que tienen el 15% y los datos “C” que tienen el 5% (Leal Solano, 1987).

De manera tradicional estos datos corresponden a causas que generan el problema definido, por lo que esta herramienta ayuda a enfocar recursos sobre las fuentes del

problema que impulsen este 80%. Esta proporción indicada no es una regla de carácter obligatorio, sino que es un estimado para llevar el control del estudio, ya que depende directamente del criterio con que se lleve a cabo el proyecto (Garza Ríos, González Sánchez, Rodríguez González, & Hernández Asco, 2016).

1.4.4 Pruebas estadísticas

La metodología DMAIC tiene sus bases en la estadística para cumplir con el objetivo trazado, por este motivo es fundamental la aplicación de las pruebas estadísticas en cada variable en estudio, de tal manera que se logre validar y cuantificar cada una de ellas con el objetivo de prevenir que se repita las anomalías halladas, además se permite tomar decisiones en función del nivel de precisión de las pruebas, generalmente del 95% (Navarro, Gisbert, & Pérez, 2017).

En la aplicación de estas herramientas se hace uso de muestras de datos por cada variable de medición, donde todos los datos por naturaleza estadística tienen un patrón de distribución definido. Estos se encuentran clasificados bajo normales y no paramétricos, con la identificación de ellos se procede a aplicar las pruebas existentes en función de la cantidad de muestras en estudio, validando así si cumplen con la hipótesis generada por cada análisis (Díaz, Victoria, Vargas, & Hernández, 2020).

Para los datos normales, se cuenta con pruebas como: prueba T pareada y prueba T de 2 muestras o “T de Student”. Para aplicar estas pruebas los datos en mención deben ser discretos.

1.4.5 Gráficas de control y análisis de capacidad

La gráfica de control, también conocida como diagrama de control, ayuda a visualizar la situación del proceso, controlar el desarrollo productivo y analizar si existen variaciones o anomalías que generen un cambio en el ritmo operativo (Markus, Petrie, & Axline, 2000).

Todos los procesos tienen comportamientos naturales que van desarrollando a medida que se adaptan las tareas al proceso, esto implica que formen límites ajustados a su

capacidad generando esta gráfica, por este motivo es sensible a mostrar patrones reflejando o implicando desajuste en la configuración, puesta en marcha o ejecución del proceso. Si llegan a existir puntos fuera de los límites indicados se deben tomar acciones inmediatas, ya que esto influye de manera directa en el resultado o indicadores de producción, estabilizando la gráfica se indica que el proceso se encuentra estabilizado, caso contrario se deben seguir efectuando ajustes hasta lograr aquello. Con la estabilidad de proceso se procede a realizar el análisis de capacidad. En este análisis se muestra indicadores como el cpk o ppm . El primero indica si el proceso se encuentra sesgado o centrado bajo el objetivo requerido. Si se encuentra en la primera opción el indicador de ppm cuantifica la cantidad de errores que se tendría cada un millón de ejecuciones del proceso, como referencia el análisis requiere los límites establecidos por la demanda o mercado del proceso en estudio (Urem, Mikulic, & Fertalj, 2011) .

Capítulo 2

2. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se usó la metodología DMAIC, como fue mencionado en el capítulo previo, esta metodología empieza estructurando el problema clave y posterior a ello, se trabaja en los pasos que van definiendo las soluciones a través de herramientas estadísticas, que permitan tener seguridad en las soluciones y sostenibilidad en el tiempo. Se encuentra seccionado en cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar/Implementar, Controlar. Inicialmente se debe recolectar las necesidades del cliente y convertirlas en variables medibles, que puedan ser analizadas y posteriormente con una lluvia de ideas a nivel operativo y jefaturas, encontrar las causas raíz que se generan. Finalmente, junto a estas soluciones implementar un plan en conjunto a las futuras soluciones que impacten de forma positiva a los pilares de sostenibilidad, siendo estos los pilares económicos, sociales y ambientales.

Referente al proyecto en estudio, se tiene una empresa que maneja plásticos flexibles y tiene novedades al momento de cumplir con la producción planificada, a causa de actividades que no agregan valor a su proceso denominados para la empresa como “tiempos de *set up*”, entre los cuales, quién tiene un mayor impacto sobre el tiempo destinado para producir es el tiempo de configuración de máquina o *setup*.

2.1 Definición

En esta primera etapa, se trabajó en conjunto con el equipo de proyecto, quienes a través de una lluvia de ideas indicaron las novedades existentes en el área, las cuales contribuyen a un retraso en la producción y no permite mantener el ritmo que dicta la demanda.

Posterior se establecieron los objetivos bajo la metodología SMART y además la situación actual del proceso a través de un Value Stream Mapping (VSM), que permite analizar las actividades de manera analítica, aquellas que generan cuello de botella o las que no agregan valor, y el tiempo total que se toma operativamente para completar el proceso, esto permitió comprender cada área involucrada y el tiempo real del problema definido.

Dentro de las sesiones con el equipo, fue vital conocer la voz del cliente (VOC) ya que esta herramienta permite sincerar la información desde un lenguaje práctico para el área operativa

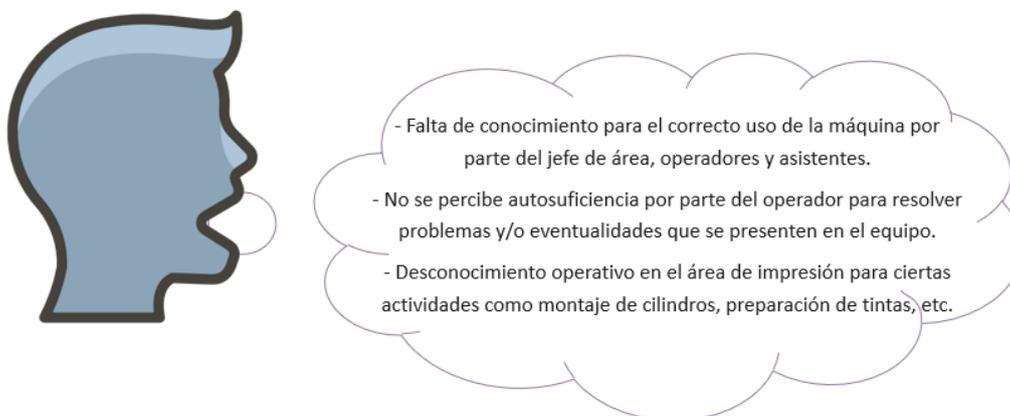
transformándolas en variables medibles, pudiendo actuar de manera concreta en el problema. Entre las variables se encuentran los tiempos de setup en máquina, el nivel de conocimiento operacional y los insumos que intervienen en el proceso de la configuración de equipos.

2.1.1 Voice of Customer (VOC)

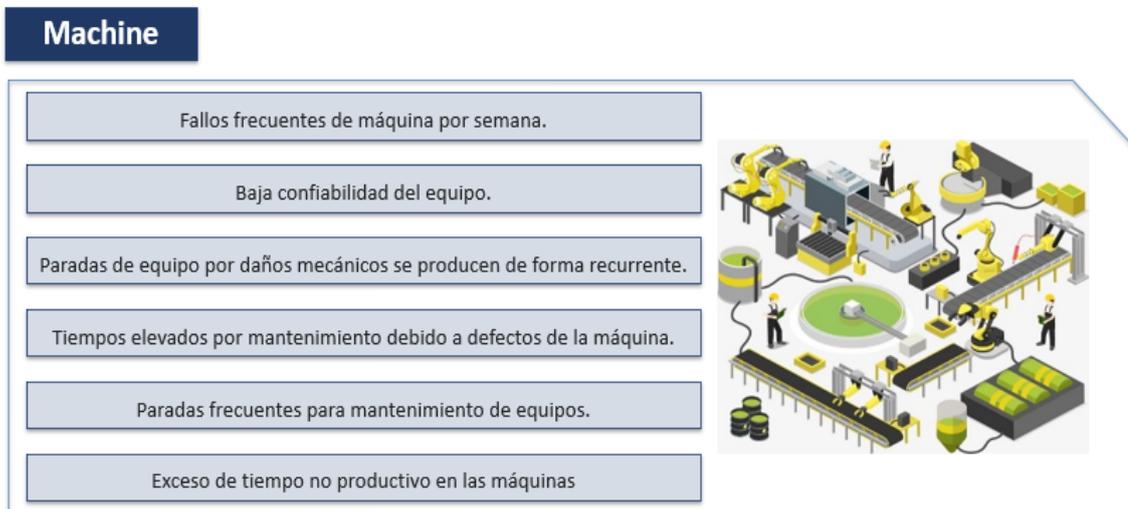
El Voice of customer o voz del cliente, es una herramienta que permite recolectar las necesidades de los clientes clave, con la cual se conoce la situación actual y los problemas concretos que se tienen en el área, lo que permite recolectar, analizar y posteriormente enfocar el proyecto.

Al personal operativo o “clientes” se les consultó acerca de las novedades existentes en el proceso y que contribuyen o generan los tiempos de *set up* durante producción, y no permiten cumplir con el objetivo trazado. Para lograrlo se utilizó la herramienta recopilatoria llamada lluvia de ideas, garantizando orden y confianza en las ideas aportadas por el cliente, sin necesidad de hacer uso de lenguaje técnico.

En la figura 1, se observa las necesidades expuestas por el asistente técnico de planta; otros involucrados fueron el panificador, el supervisor de pintura, el analista de calidad, el digitalizador y el operador de pintura.

Figura 1*Necesidades del cliente*

Posterior a ello se realizó el diagrama, como se observa en la figura 2, donde la característica en común es los problemas asociados a las máquinas.

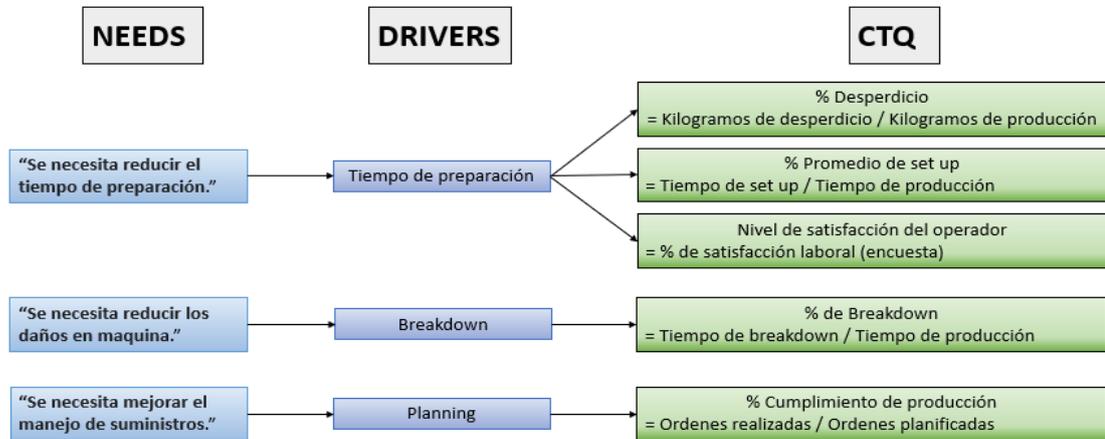
Figura 2*Diagrama de afinidad*

2.1.2 Critical to Quality (CTQ tree)

Habiendo definido el diagrama y sus variables se procedió a realizar el CTQ Tree o el árbol crítico de calidad, que transforma estas necesidades generales en variables que se pueden medir y controlar, donde también se involucra las asociadas a los pilares de sostenibilidad, como se observa en la figura 3.

Figura 3

CTQ TREE

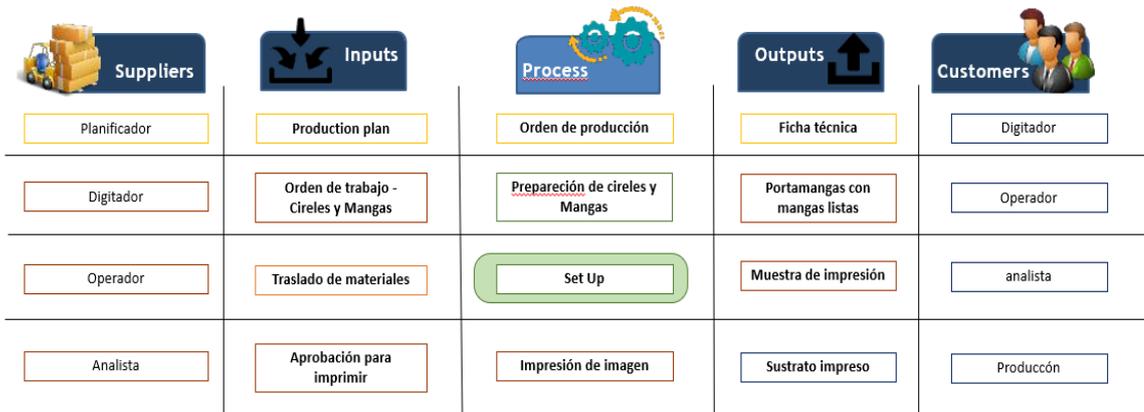


Entre las ecuaciones observadas en el CTQ tree se tiene el porcentaje de desperdicio, el tiempo promedio de setup, el nivel de satisfacción del operador, el porcentaje del tiempo de desperdicio sobre el tiempo total operativo y el cumplimiento de las entregas, ligado a ellos tenemos los objetivos de sostenibilidad que serán tratados en las próximas secciones, todas estas tienen correlación con el objetivo general planteado.

De manera consecuente se realizó un SIPOC, presentado en la figura 4, cuya finalidad es detallar de manera adecuada el proceso principal operativo que tiene inmerso los tiempos de setup y con ello detallar tanto las áreas como tareas involucradas, esto ayudó a mapear el problema y el alcance que tiene sobre el proceso, así como el impactando en las áreas consecuentes.

Figura 4

SIPOC del proceso de producción



Se observa en el Anexo 1 y 2, a través del VSM, que el enfoque del problema se basa en la máquina IP04, a través de ello se realizó la línea base del problema, como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Línea base – serie de tiempos de preparación en máquina IP04



Bajo estos valores indicados se procedió a definir los objetivos SMART:

- **Escenario optimista:** Reducir el 50% del GAP de tiempos de preparación, llegando a un valor promedio de 5,02h durante el transcurso del primer mes con la aplicación de las soluciones, en febrero 2024.
- **Escenario neutral:** Reducir el 30% del GAP de tiempos de preparación, llegando a un valor promedio de 5,28h durante el transcurso del primer mes con la aplicación de las soluciones, en febrero 2024.
- **Escenario pesimista:** Reducir el 10% del GAP de tiempos de preparación, llegando a un valor promedio de 5,54.h durante el transcurso del primer mes con la aplicación de las soluciones, en febrero 2024.

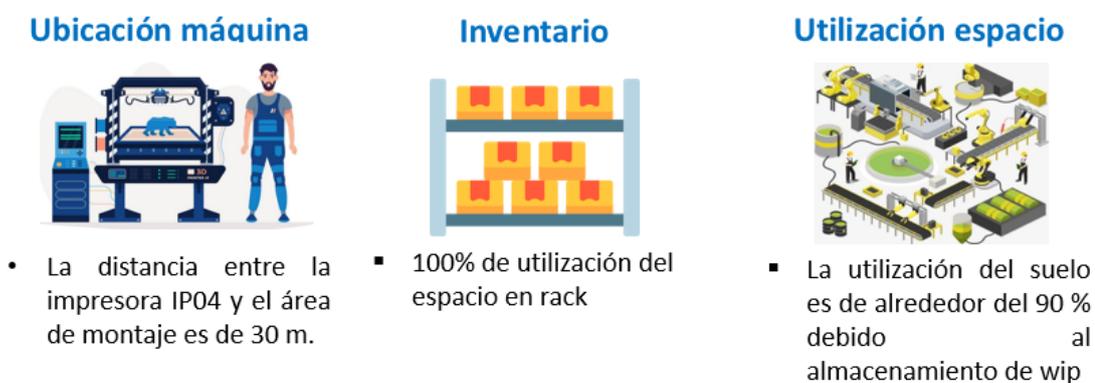
A través de la herramienta de 3W+2H se formuló la declaración del problema:

Se registran incrementos de tiempos de preparación superiores al estándar desde la semana 20 hasta la semana 39, en el área de impresión, teniendo tiempos máximos de 5,79h promediados por semana, cuando la media tiene valores de a 4,27h.

Referente a las restricciones en el diseño, se tienen tres en especial que se ven involucrados en la gestión del proyecto, la primera es la ubicación fija de la máquina IP04 y el área de montaje donde se realizan los cambios de preparación, la cual tiene una distancia aproximada de 30m.

La segunda restricción es el inventario que se tiene actualmente, donde hay una utilización del 100% del espacio para guardar el stock en los racks, que limitan la inclusión de nuevas herramientas y movimientos generales.

Finalmente se tiene la tercera restricción que es la utilización del espacio físico del área, donde se tiene ocupado alrededor del 90% del lugar operativo dado el desorden por trabajo en proceso, estas se resumen en la figura 6.

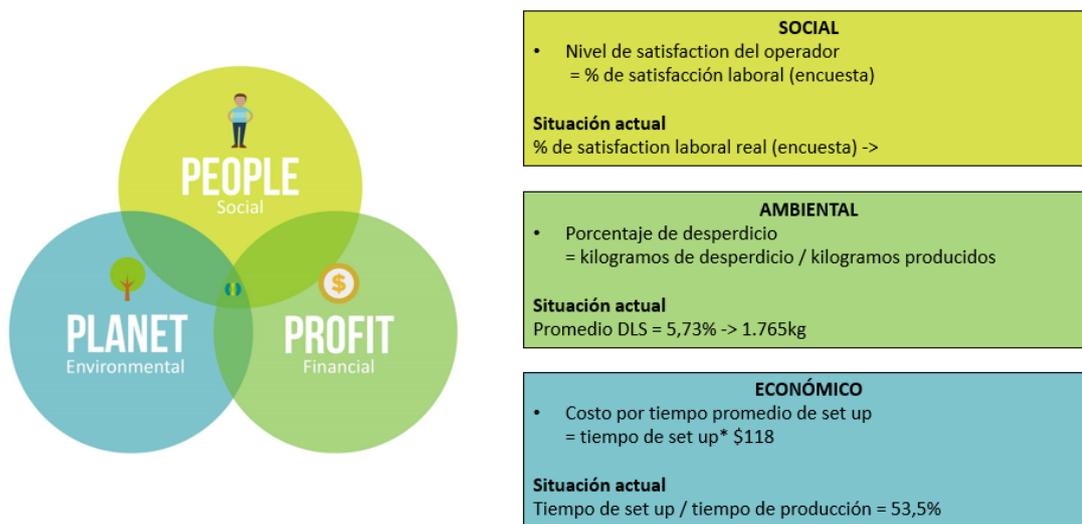
Figura 6*Restricciones de la compañía*

Los objetivos de sostenibilidad se muestran en la figura 7 en este se tienen los indicadores de sostenibilidad tanto para el pilar social, ambiental y económico.

Para el indicador social se tiene el nivel de satisfacción del operador, el cual se mide de manera discreta por medio de encuesta el porcentaje de satisfacción laboral que se tiene en las áreas; en la parte ambiental se tiene el porcentaje de desperdicio en kilogramos, este hace referencia al uso desperdicio en producción. Y finalmente, en la parte económica, se tiene el costo asociado al tiempo que se toma el cambio de configuración o setup, ya que es un costo de oportunidad que no permite realizar las operaciones, donde actualmente en promedio representa el 53,5% del tiempo total disponible de producción equivalentes a \$9.244,80 por mes.

Figura 7

Tripple bottom line asociados al proyecto

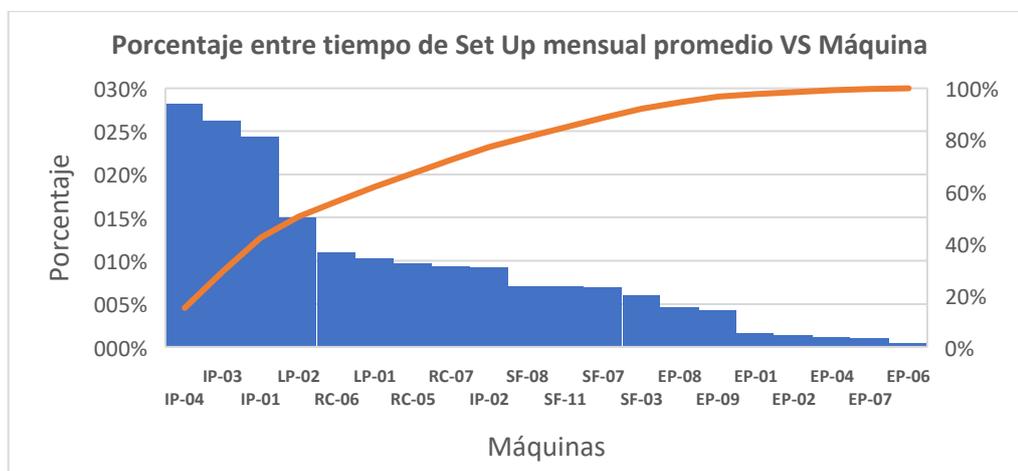


2.2 Medición

En la segunda etapa de la metodología, se necesitó enfocar el problema con el objetivo de optimizar la información y que los esfuerzos se apliquen sobre las zonas con mayor impacto del problema. Por este motivo se observa en la figura 8 el diagrama de Pareto de los tiempos de preparación donde la máquina IP04 es la que mayor relevancia posee, cumpliendo la regla del 80-20.

Figura 8

Pareto de estratificación por máquina



Habiendo definido tanto el problema como los objetivos, alcance y la variable de medición, se procedió a validar toda la información suministrada por la empresa que se desarrolla en el entorno del problema.

En la tabla 2.1 se tiene el plan de recolección de datos, en ella se tienen las variables asociadas al problema y los pilares de sostenibilidad. Se colocaron las características que poseen estos datos, ya sea en unidades, en el tipo de información que maneja, el lugar de recolección, la metodología usada para obtenerlas, y la finalidad de obtener cada dato para el uso futuro que tenga sobre el proyecto.

Esto permitió conocer la funcionalidad que tiene cada variable, para luego ser validado por medio de herramientas estadísticas.

Tabla 2.1

Plan de recolección de datos

X's	QUÉ				DÓNDE		CUANDO	CÓMO		QUIÉN	PORQUÉ
	VARIABLE	UNIDADES	TIPO DE INFORMACION	FACTOR DE ESTRATIFICACION	DONDE SE HARA	DONDE SE REGISTRA	CUANDO SE RECOLECTARA	METODO DE OBSERVACION	METODO RECOLECCION	QUIEN	PORQUE REGISTRARLO
1	Tiempo de Set Up	Horas	Horas	Turno Operador Tipo de impresión	Produccion	BASE DE DATOS	01/10/2023 22/12/2023	Entrevista / Observacion directa	ECOQUALITY SOFTWARE	Kevin Chica	Porque es necesario medir la variable de respuesta y la relación entre el tiempo de montaje y el tiempo de producción..
2	Sustrato usado	Kilogramos	Cuantitativo	Tipo de impresión	Produccion	BASE DE DATOS	01/10/2023	Entrevista / Observacion directa	JD-Edwards SOFTWARE	Kevin Chica	Porque es necesario para medir la variable respuesta y conocer el porcentaje de sustrato desperdiciado.
3	Tiempo de Preparacion de mangas y cireles	Horas	Horas	Turno Operador	Produccion	BASE DE DATOS	01/10/2023	Entrevista / Observacion directa	JD-Edwards SOFTWARE	Kevin Chica	Porque es necesario medir la variable de respuesta y saber el tiempo para esta actividad.
4	Costo por Set Up	Dolar	Cuantitativo	-	Financiero	BASE DE DATOS	15/10/2023	Entrevista	Request to finance department	Kevin Chica	Porque es necesario medir la variable respuesta y conocer el costo de Set Up
5	Encuesta de satisfaccion	-	Cuantitativa	-	Produccion	BASE DE DATOS	15/10/2023	Entrevista	Request to finance department	Kevin Chica	Porque es necesario medir la variable respuesta y conocer el Nivel de Satisfaccion del operador

2.2.1 Validación de los datos

Para la validación de las variables se tienen que seccionar acorde al tipo de datos, ya sea este cualitativo o cuantitativo.

En todos los casos se tiene una población de la cual se obtendrá una muestra de datos conocida a excepción de la encuesta en la cual es información recién a recolectar para poder comparar y medir en el futuro las mejoras impactadas sobre los operadores (ver figuras 9 y 10).

Para las variables con población se hace uso de la ecuación 2.1, en la cual se muestra el cálculo de muestra a través del tamaño de población, error muestral del 5%, probabilidad de suceso y valor estadístico acorde a la función normal.

$$n = \frac{\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)} \quad (2.1)$$

Para una población de 350 datos y reemplazando el error y nivel de confianza del 95% se obtiene un valor de muestra de 125 datos.

Figura 9

Cálculo del n muestral

$n = \frac{\frac{(1.96)^2 * 0.85(1 - 0.85)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.85(1 - 0.85)}{0.05^2 * 339}\right)}$
$n = 124.163 \approx 125$

Con estos valores se procedió a solicitar a la empresa, más la base datos compartida se encontraba con 10 datos por variable, dado el reglamento interno, por este motivo se procedió a validar dicha cantidad de información por variable, como se puede evidenciar en la fase de análisis.

Figura 10

Encuesta de satisfacción

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN PARA OPERADORES DEL ÁREA DE IMPRENTA

1.- ¿Ha trabajado en la Impresora IP04 en los últimos 6 meses..?

SI NO

2.- A continuación indique en una escala del 1 al 5, ¿que tan satisfecho se encuentra con realizar turnos en fin de semana?

Poco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Mucho

3.- A continuación indique en una escala del 1 al 5, ¿Que tan satisfecho se encuentra con el estado de las maquinas actualmente?

Poco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Mucho

4.- A continuación indique en una escala del 1 al 5, ¿que tan satisfecho se encuentra con las tareas asignadas actualmente?

Poco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Mucho

5.- A continuación indique en una escala del 1 al 5, ¿que tan satisfecho se encuentra con los tipos de materias primas proporcionadas por los proveedores..?

Poco

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Mucho

Se realizó una encuesta para tener un valor numérico referencial sobre los niveles de satisfacción de los operadores con respecto a las condiciones iniciales de los insumos utilizados en el proceso de impresión, el equipo en el cuál laboran y las actividades asignadas a los operadores; de esta manera se obtendrá una evaluación realista sobre los resultados alcanzados.

2.3 Análisis

En esta etapa se definieron las causas que generan el problema y además se determinaron acciones que puedan suplir estas causas con el objetivo de reducir el tiempo de preparación.

Inicialmente se desarrollaron con el equipo de trabajo ideas que fundamenten o bajo criterio propio indiquen las causales del problema enfocado, para con ello, y a través de herramientas, filtrar y validar aquellas que generan un impacto significativo.

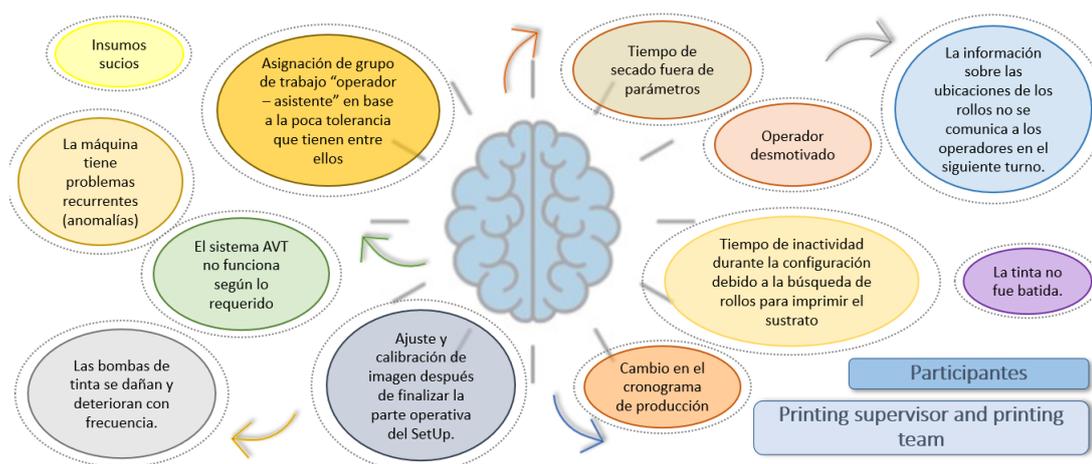
Estas causas obtenidas luego se transforman en soluciones que ataquen de manera directa sobre la raíz del problema, utilizando la herramienta del “5 por qué”.

2.3.1 Lluvia de ideas (*Brainstorming*)

En esta etapa, la lluvia de ideas se realizó con el objetivo de que el equipo de trabajo enuncie de manera directa y desde su punto de vista aquellas causas que limitan la producción y el no cumplimiento de objetivos. En la figura 11 se observa un ejemplo de ideas potenciales enfocadas en la variable respuesta.

Figura 11

Lluvia de ideas de las causas que generan altos tiempos de preparación

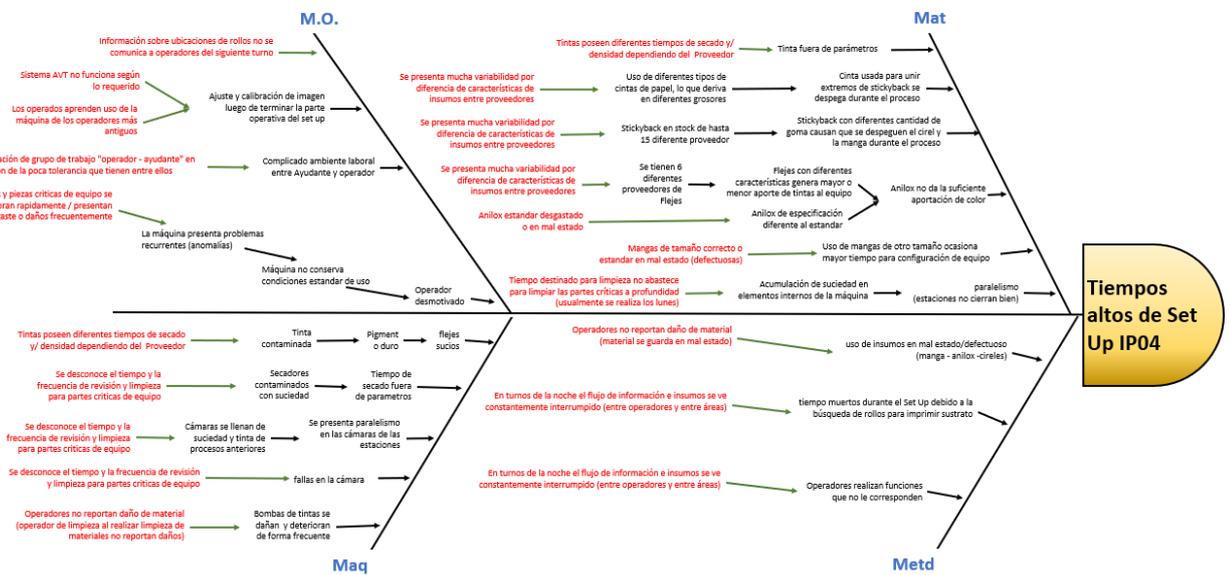


2.3.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa ayudó a agrupar de manera justificada cada causa dentro del agrupamiento de las 4M: máquina, mano de obra, método y materiales (ver figura 12). En este caso fueron eliminadas aquellas causas que tienen un mismo contexto o ideas similares para una lista de comprobación.

Figura 12

Diagrama de Ishikawa de las causas de tiempos altos de preparación en IP04



2.3.3 Matriz de ponderación de causas

Se ponderaron las causas acordes al nivel de impacto que el equipo de trabajo consideró implicar, considerando la escala: 0-nulo impacto, 1-impacto nivel bajo, 3-impacto nivel medio y 9-impacto nivel alto, como se observa en la tabla 2.2.

Cada integrante del equipo calificó las causas y se tomó la moda en cada respuesta.

Tabla 2.2

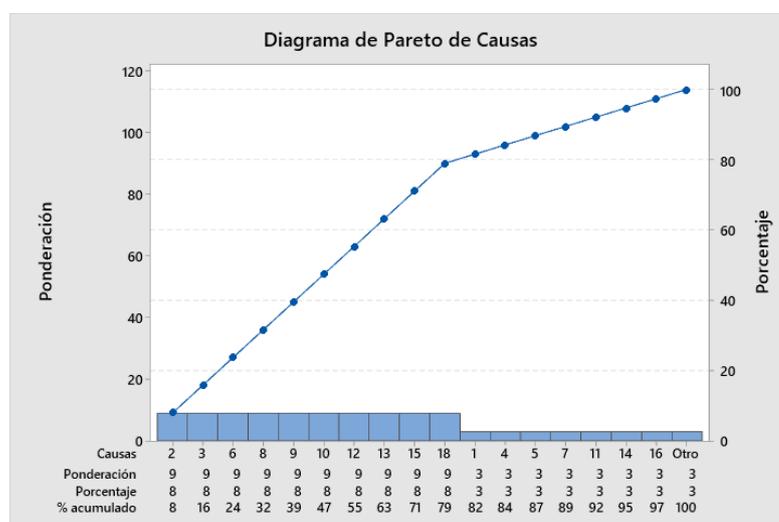
Tabla Matriz de ponderación causa - efecto de variable Y

Variable Y: Aumento del costo por metro cúbico transportado desde el centro de distribución hasta los puntos de venta							
Matriz Causa - Efecto		Gerente técnico	Jefe de imprenta	Analista	Operador	Ayudante	MODA
VARIABLES X	MATERIALES						
	Revisión de marería primas al ingresar a Bod de MP no se respeta	3	3	9	3	3	3
	Tintas poseen diferentes tiempos de secado y/ densidad dependiendo del Proveedor	9	9	9	9	9	9
	Se presenta mucha variabilidad por diferencia de características de insumos entre proveedores	9	9	9	9	3	9
	Anilox estandar desgastado o en mal estado	3	3	3	9	3	3
	Mangas de tamaño correcto o estandar en mal estado (defectuosas)	3	3	3	1	1	3
	Tiempo destinado para limpieza no abastece para limpiar las partes críticas a profundidad (usualmente se realiza los lunes)	9	9	3	9	9	9
	MÉTODO						
	Urgencias de preparación para reposicionar producto defectuoso en procesos posteriores o por PNC	3	9	3	9	3	3
	Cada tintero tiene su método para realizar sus actividades	9	9	9	3	1	9
	Operadores no reportan daño de material (material se guarda en mal estado)	9	3	9	3	3	3
	En turnos de la noche el flujo de información e insumos se ve constantemente interrumpido (entre operadores y entre áreas)	9	9	9	9	9	9
	Ocasionalmente falta personal cuyo puesto debe ser cubierto por otro compañero de turno	9	3	3	9	3	3
	Se desconoce el tiempo y la frecuencia de revisión/limpieza para partes críticas de equipo deteriorandose rapidamente / presentando desgaste o daños frecuentemente	9	9	9	9	9	9
	MANO DE OBRA						
	Información sobre ubicaciones de rollos no se comunica a operadores del siguiente turno	3	9	9	3	9	9
	Sistema AVT no funciona según lo requerido	3	3	1	9	3	3
	Los operados aprenden uso de la máquina de los operadores más antiguos	9	9	3	9	3	9
	Asignación de grupo de trabajo "operador - ayudante" en función de la poca tolerancia que tienen entre ellos	1	3	1	3	3	3
	MAQUINA						
Revisión de marería primas al ingresar a Bod de MP no se respeta	3	3	9	3	3	3	
Operadores de limpieza al momento de realizar el lavado de los materiales no informa acerca del estado de los filtros y otras partes de las bombas	9	9	9	3	3	9	

Con estos valores obtenidos se realizó el diagrama de Pareto (figura 13), con el objetivo de aplicar la regla 80/20 en la implicación de aquellas causas que generan el mayor impacto sobre el incremento en el tiempo de preparación.

Figura 13

Diagrama de Pareto de las causas que generan el elevado tiempo en setup



2.3.4 Validación de causas

Las causas filtradas se las conoce como potenciales y con ellas se realizó el plan de verificación de causas que ayudó a definir el impacto que tienen sobre el incremento en el tiempo de setup y a su vez indicar la forma estadística de ser medida acorde a los datos obtenidos, como se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.3

Plan de verificación de causas

X's	Causas potenciales X	Teoría sobre el impacto.	Cómo se verifica	Estado
1	Variabilidad de las tintas secantes	El uso de diferentes tintas aumenta el tiempo de preparación.	Diagrama de caja, t de 2 muestras (los tiempos se tomaron muestras con tintas del proveedor 1 y tintas del proveedor 2)	EN PROCESO
2	Variabilidad de los insumos (stickyback) entre proveedores	El uso de diferentes (stickyback) aumenta el tiempo de configuración en IPO4	Boxplot, t de 2 muestras (Se realizan pruebas de condiciones estándar de la máquina donde se analizará la contribución al incremento de tiempos de material según proveedor.)	EN PROCESO
3	Las piezas críticas no se limpian a fondo entre pedidos (normalmente se realiza los lunes)	La suciedad que se acumula en partes críticas del equipo aumenta el tiempo de configuración	Diagrama de caja, t de 2 muestras (los tiempos se muestrearon con las piezas críticas limpiadas, los tiempos de configuración recolectados se limpiaron aproximadamente 24 horas después y en la base de datos no se limpiaron)	EN PROCESO
4	Durante los turnos de noche, el flujo de información y de entradas se interrumpe constantemente	La interrupción en el flujo de información hace que aumente el tiempo de preparación.	Boxplot, t de 2 muestras (A través del reporte diario de noticias de gestión se identificó cuándo y en qué producción han ocurrido estas noticias, para poder comparar los tiempos con días de ese turno o semana donde no han ocurrido.)	EN PROCESO

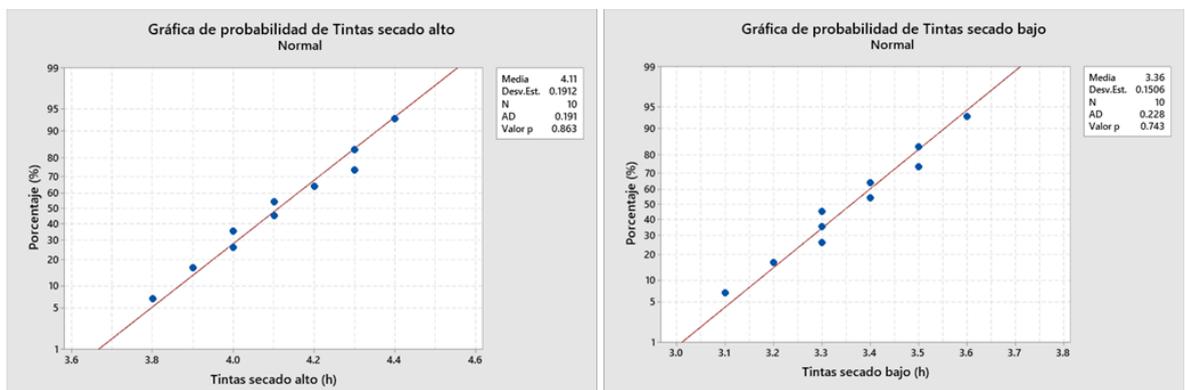
- **Tintas poseen diferentes tiempos de secado y/ densidad dependiendo del proveedor**

Para esta causa se obtuvieron dos muestras, las cuales por el tiempo de validación fueron de 10 datos, esto aplicable para todas las causas. En la primera con valores de un proveedor que tiene una tinta de alto secado y densidad y la otra muestra con otro proveedor con tintas de bajo secado.

El primer paso en toda prueba es aplicar la prueba de normalidad, en esta se usó la Anderson-Darling con la cual se validó si las muestras tienen distribución normal. En este caso con un 95% de confianza, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula de que los datos son normales dado que el valor p es mayor al 5% de error (ver figura 14).

Figura 14

Prueba de normalidad – Tipo de proveedor de tinta



De manera consecuente se aplicó la prueba t de student de 2 muestras, donde se tiene como hipótesis nula que los datos tienen medias iguales y la alterna que no lo son, como el valor p es menor al error del 5% entonces se rechaza la hipótesis nula implicando como conclusión que las medias no son iguales y las muestras son estadísticamente diferentes con un 95% de confianza (ver figura 15).

Figura 15

Prueba t de student para el tipo de proveedor de tinta

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

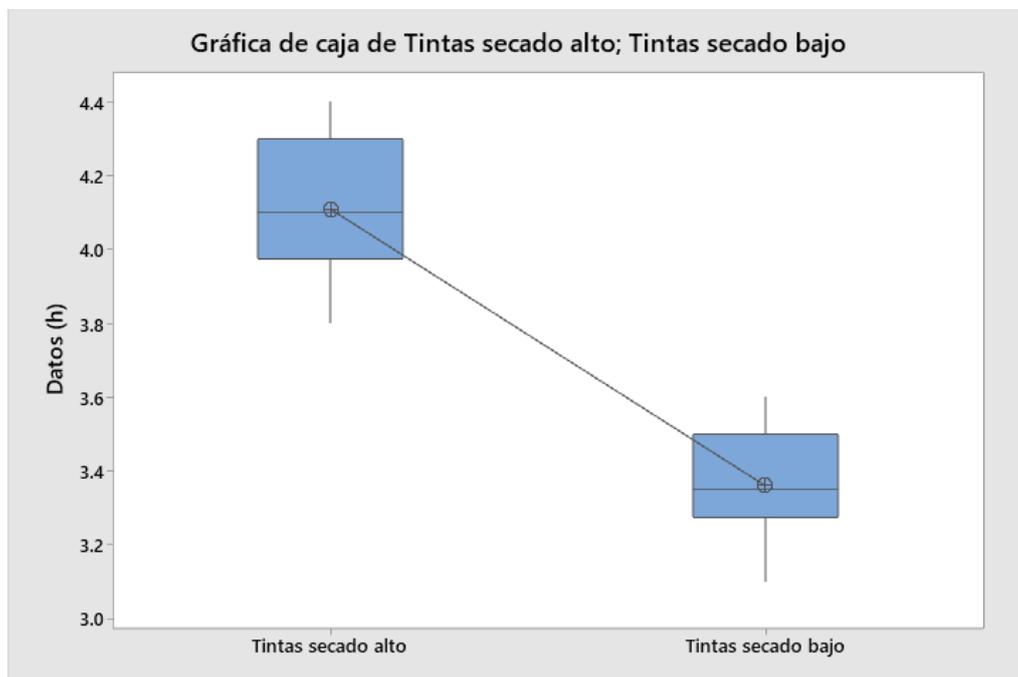
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
9.75	17	0.000

Gráficamente se tiene el box plot (figura 16), donde se observa la diferenciación obtenida previamente, y el nivel donde se encuentra cada media, concluyendo que el tipo de proveedor de las tintas es una causa significativa.

Figura 16

Boxplot del tipo de proveedor de tinta



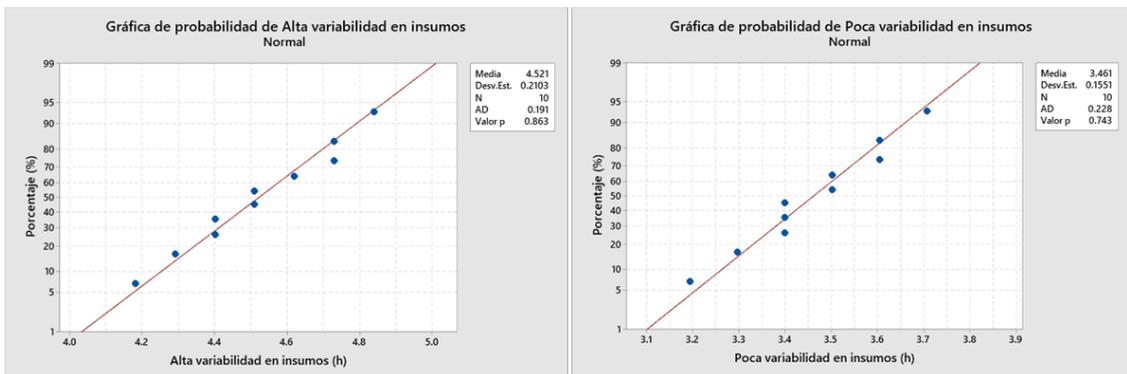
- **Se presenta mucha variabilidad por diferencia de características de insumos entre proveedores**

Para esta causa se obtuvieron dos muestras, la primera con valores con alta variabilidad en las características de los insumos y la otra muestra con poca variabilidad de los insumos.

El primer paso en toda prueba es aplicar la prueba de normalidad, en esta se usó la Anderson-Darling con la cual se validó si las muestras tienen distribución normal. En este caso con un 95% de confianza, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula de que los datos son normales dado que el valor p es mayor al 5% de error, validándolo en la figura 26.

Figura 17

Prueba de normalidad – Variabilidad en insumo de proveedores



De manera consecuente se aplicó la prueba t de student de 2 muestras, donde se tiene como hipótesis nula que los datos tienen medias iguales y la alterna que no lo son, como el valor p es menor al error del 5% entonces se rechaza la hipótesis nula implicando como conclusión que las medias no son iguales y las muestras son estadísticamente diferentes con un 95% de confianza, mostrado en la figura 18.

Figura 18

Prueba t de student para la variabilidad en insumo de proveedores

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

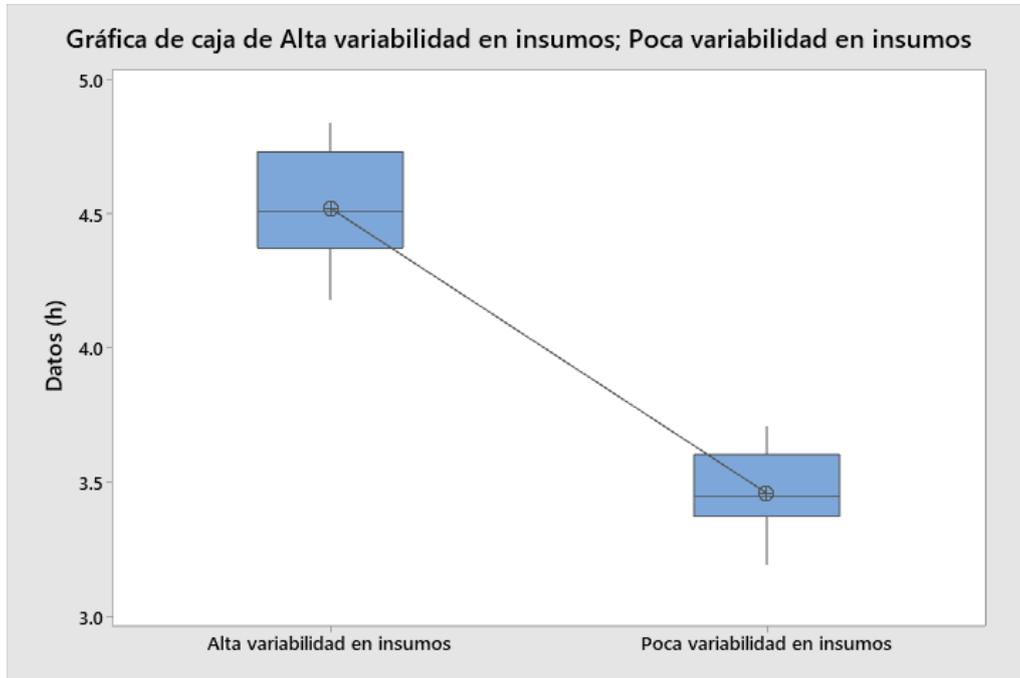
Valor T	GL	Valor p
12.83	16	0.000

Gráficamente se tiene el box plot en la figura 19, donde se observa la diferenciación obtenida previamente, y el nivel donde se encuentra cada media, concluyendo que los insumos por

tipo de proveedor es una causa significativa.

Figura 19

Boxplot de proveedores diferentes



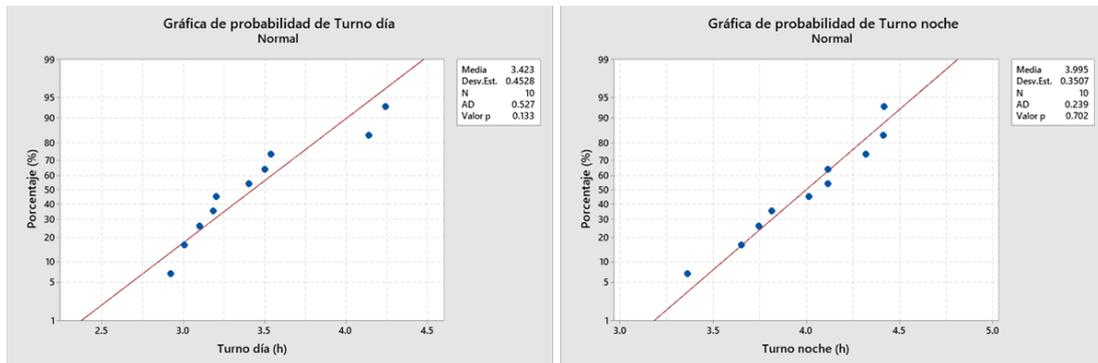
- **En turnos de la noche el flujo de información e insumos se ve constantemente interrumpido (entre operadores y entre áreas)**

Para esta causa se obtuvieron dos muestras, la primera con valores en el turno de la noche y la otra muestra en el turno de la mañana.

El primer paso en toda prueba es aplicar la prueba de normalidad, en esta se usó la Anderson-Darling con la cual se validó si las muestras tienen distribución normal. En este caso con un 95% de confianza, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula de que los datos son normales dado que el valor p es mayor al 5% de error, validándolo en la figura 20.

Figura 20

Prueba de normalidad – Flujo de información e insumos día y noche



De manera consecuente se aplicó la prueba t de student de 2 muestras, donde se tiene como hipótesis nula que los datos tienen medias iguales y la alterna que no lo son, como el valor p es menor al error del 5% entonces se rechaza la hipótesis nula implicando como conclusión que las medias no son iguales y las muestras son estadísticamente diferentes con un 95% de confianza, mostrado en la figura 21.

Figura 21

Prueba t de student – Flujo de información día y noche

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

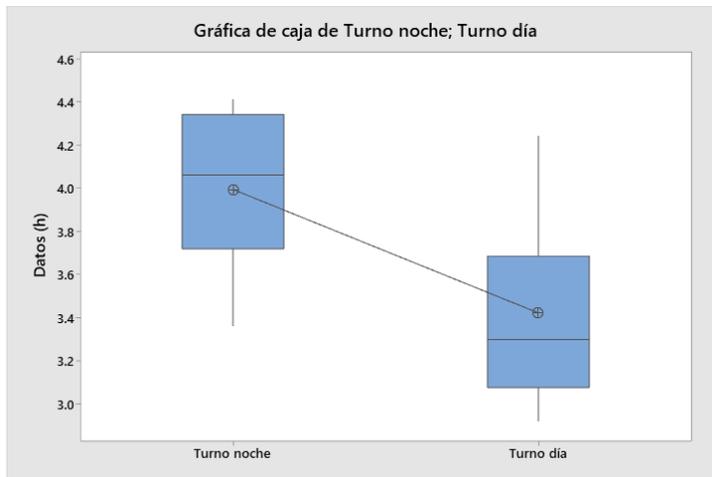
Valor T GL Valor p

3.16 16 0.006

Gráficamente se tiene el box plot, ver figura 22, donde se observa la diferenciación obtenida previamente, y el nivel donde se encuentra cada media, concluyendo que la información acorde al turno obtenido es una causa significativa.

Figura 22

Boxplot de las diferencias en el flujo de información día y noche



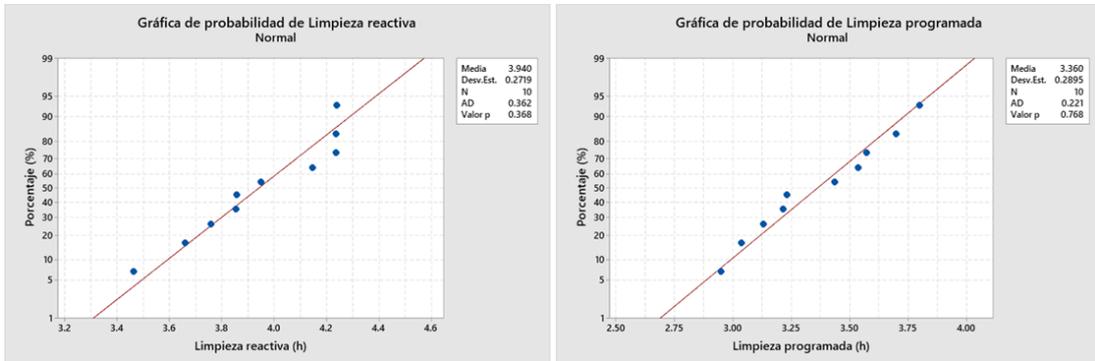
- **Se desconoce el tiempo y la frecuencia de revisión/limpieza para partes críticas de equipo deteriorándose rápidamente / presentando desgaste o daños frecuentemente**

Para esta causa se obtuvieron dos muestras, la primera con valores programados de revisión y limpieza de partes críticas y la otra muestra sin programación sino siendo reactivos a los problemas suscitados.

El primer paso en toda prueba es aplicar la prueba de normalidad, en esta se usó la Anderson-Darling con la cual se validó si las muestras tienen distribución normal. En este caso con un 95% de confianza, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula de que los datos son normales dado que el valor p es mayor al 5% de error, validándolo en la figura 23.

Figura 23

Prueba de normalidad – Limpieza programada y reactiva



De manera consecuente se aplicó la prueba t de student de 2 muestras, donde se tiene como hipótesis nula que los datos tienen medias iguales y la alterna que no lo son, como el valor p es menor al error del 5% entonces se rechaza la hipótesis nula implicando como conclusión que las medias no son iguales y las muestras son estadísticamente diferentes con un 95% de confianza, mostrado en la figura 24.

Figura 24

Boxplot de las diferencias en la taxonomía

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

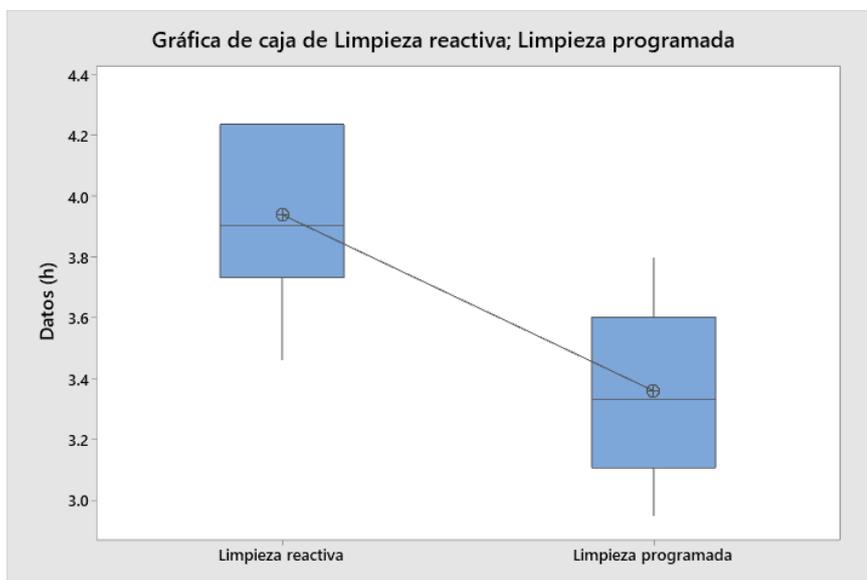
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
4.61	17	0.000

Gráficamente se tiene el box plot donde se observa la diferenciación obtenida previamente, y el nivel donde se encuentra cada media, concluyendo que la programación de los tiempos y frecuencias de revisión en las partes críticas es una causa significativa, mostrado en la figura 27.

Figura 25

Boxplot de las diferencias de tipo de limpieza



En la tabla 2.3 se puede observar el estado del análisis de las diferentes causas potenciales, con esta tabla se puede tener una constancia del avance del proceso y la significancia de las causas potenciales, las cuales pasaran a ser causas raíces en la siguiente etapa.

Tabla 2.4

Plan de verificación de causas potenciales y significativas

X's	Causas potenciales X	Teoría sobre el impacto.	Cómo se verifica	Estado
1	Variabilidad de las tintas secantes	El uso de diferentes tintas aumenta el tiempo de preparación.	Diagrama de caja, t de 2 muestras (los tiempos se tomaron muestras con tintas del proveedor 1 y tintas del proveedor 2)	SIGNIFICANTE
2	Variabilidad de los insumos (stickyback) entre proveedores	El uso de diferentes (stickyback) aumenta el tiempo de configuración en IP04	Boxplot, t de 2 muestras (Se realizan pruebas de condiciones estándar de la máquina donde se analizará la contribución al incremento de tiempos de material según proveedor.)	SIGNIFICANTE
3	Las piezas críticas no se limpian a fondo entre pedidos (normalmente se realiza los lunes)	La suciedad que se acumula en partes críticas del equipo aumenta el tiempo de configuración	Diagrama de caja, t de 2 muestras (los tiempos se muestrearon con las piezas críticas limpiadas, los tiempos de configuración recolectados se limpiaron aproximadamente 24 horas después y en la base de datos no se limpiaron)	SIGNIFICANTE
4	Durante los turnos de noche, el flujo de información y de entradas se interrumpe constantemente	La interrupción en el flujo de información hace que aumente el tiempo de preparación.	Boxplot, t de 2 muestras (A través del reporte diario de noticias de gestión se identificó cuándo y en qué producción han ocurrido estas noticias, para poder comparar los tiempos con días de ese turno o semana donde no han ocurrido.)	SIGNIFICANTE

2.3.5 Análisis 5 por qué

Con estas causas significativas se realizaron los análisis del “5 por qué”, con el objetivo de encontrar la causa raíz de los problemas.

Para la causa de los diferentes proveedores con niveles de secado de tintas, se tiene como raíz del problema que se ha reducido el número de personal de área y como acción a realizar se tiene la implementación de un método de control para las tintas de nuevo ingreso y uno de almacenamiento para los sobrantes de tintas luego de ser usadas (ver figura 26).

Figura 26

Análisis 5 por qué de la variabilidad en los secados de tintas de los productos

Causa	Por qué 1	Hipótesis	Por qué 2	Hipótesis	Por qué 3	Hipótesis	Acción
Variabilidad en los secados de tintas	¿Por qué hay variabilidad en los secados de tintas?	Sí	¿Por qué la tinta no cumple con las características necesarias para el proceso de imprenta?	Sí	¿Por qué no se realiza un control de calidad al ingreso de las tintas en bodega de tintas?	Sí	Implementar un método de control para las tintas de nuevo ingreso.
	Porque la tinta no cumple con las características necesarias para el proceso de imprenta		Porque no se realiza un control de calidad al ingreso de las tintas en bodega de tintas		Porque se ha reducido el número de personal del área		Implementar un método de almacenamiento adecuado para los sobrantes de tintas luego de su uso.
			Porque no se almacena de manera correcta luego de su uso parcial		-		

Para la causa de la alta variabilidad en el uso de los insumos, específicamente en los adhesivos, se tiene como raíz del problema que no realizado un análisis integral del tiempo y frecuencia para limpieza y como acción a realizar se debe realizar un análisis integral sobre los problemas que se presentan según el tipo de adhesivos utilizados, reduciendo así los proveedores (ver figura 27).

Figura 27

Análisis 5 por qué de la alta variabilidad en el uso de adhesivos

Causa	Por qué 1	Hipótesis	Por qué 2	Hipótesis	Acción
Alta variabilidad debido al uso de adhesivos	¿Por qué la variabilidad del uso de adhesivos es alta?	Sí	¿Por qué se tienen 15 proveedores?	Sí	Realizar un análisis integral sobre los problemas que se presentan según el tipo de adhesivos utilizados, para disminuir la cantidad de proveedores.
	Porque se tienen 15 proveedores		Porque no se realizó un correcto análisis del impacto en el proceso por las diferencias en las características de los materiales según proveedores		

Para la causa del registro del tiempo designado para la limpieza de los equipos, se tiene como raíz del problema que no se ha realizado un análisis integral del tiempo y frecuencia necesaria para la limpieza de los mismos, mientras que como acción a realizar se debe definir tiempos, métodos y frecuencias de limpieza para las partes críticas del equipo (ver figura 28).

Figura 28

Análisis 5 por qué del tiempo designado para limpieza de los equipos

Causa	Por qué 1	Hipótesis	Por qué 2	Hipótesis	Acción
El tiempo designado para la limpieza profunda de los equipos no es suficiente para realizar una limpieza integral de los mismos	¿Por qué no se realizan limpiezas profundas de partes y equipos?	Yes	¿Por qué el tiempo designado para limpieza de equipos no abastece para hacer una limpieza minuciosa?	Yes	Definir tiempo, método y frecuencia de limpieza para partes críticas de equipo
	Porque el tiempo designado para limpieza de equipos no abastece para hacer una limpieza minuciosa		Porque no se ha hecho un análisis integral del tiempo y frecuencia necesarios para limpieza		

Para la causa del flujo de información interrumpido, se tiene como raíz del problema la falta de un check list que permita validar si se tiene toda la información y materiales listo para el setup y como acción a realizar se debe implementar un check list de registro y control

de traspaso de información necesaria para las próximas órdenes de producción (ver figura 29).

Figura 29

Análisis 5 por qué del flujo de información es interrumpido

Causa	Por qué 1	Hipótesis	Por qué 2	Hipótesis	Acción
El flujo de información y entradas se interrumpe constantemente.	¿Por qué se ve interrumpido el flujo de información y materiales?		¿Por qué Digitador y operador de imprenta olvidan transmitir disposiciones, así como, la información acerca de dónde se encuentra los insumos o materiales?		Implementar check list para tener registro y control del traspaso de información necesaria para las próximas órdenes de producción
	Porque Digitador y operador de imprenta olvidan transmitir disposiciones, así como, la información acerca de dónde se encuentra los insumos o materiales		Porque no se tiene un check list o formulario que permita verificar si se tienen toda la información y materiales listos para el set up		

Capítulo 3

3. Análisis y resultados

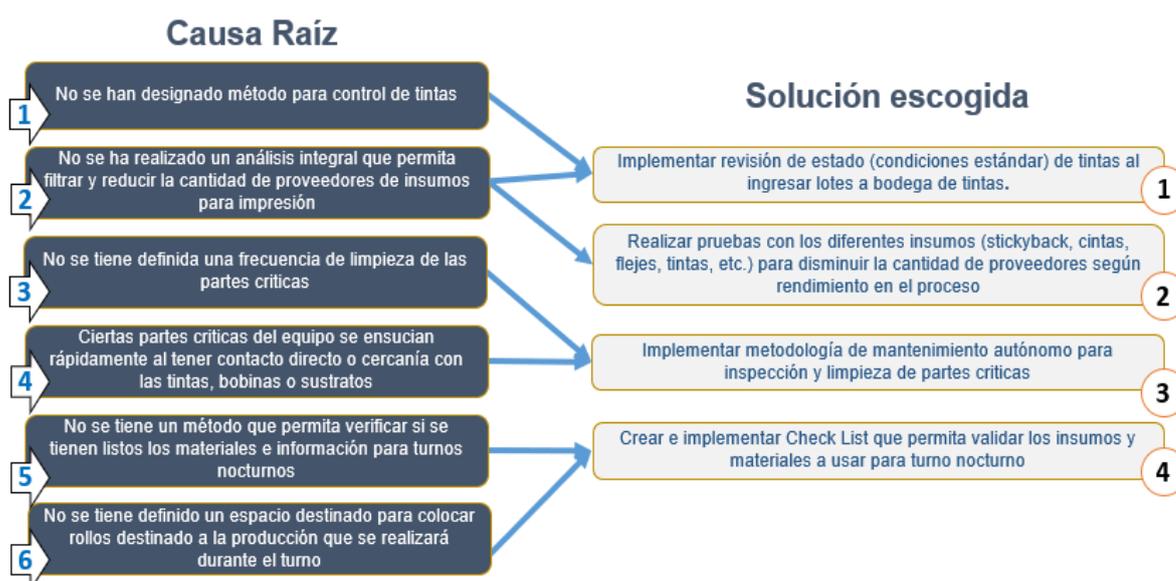
3.1 Implementar

Para la etapa de implementación se recolectaron las soluciones obtenidas en la etapa previa y se aplicaron análisis tanto cuantitativos como cualitativos con el objetivo de establecer prioridad en la ejecución de los mismos, además se procedió a detallar el proceso a seguir en la aplicación de cada uno.

En la figura 30, se tiene un comparativo relacional entre las causas y las soluciones. Del lado derecho se observa la cantidad de causas que pueden ser abarcadas por cada solución.

Figura 30

Análisis de causas y soluciones comunes



Posteriormente se analizaron las desventajas y mejoras esperadas que se tendría por la implementación de cada solución. Para la primera solución de implementar revisión de estado de condiciones estándar de tintas por ingresar a bodega de tintas, se tiene (tabla 3.1):

Tabla 3.1

Desventajas Vs Mejoras esperadas de implementar revisión de estado de condiciones estándar de tintas por ingresar a bodega de tintas

Desventaja	Mejora Esperada
La tinta puede durar días o hasta 3 meses en bodega antes de ser revisada	Disminuir el tiempo de respuesta cuando se presenten tintas fuera de parámetros
Elevado tiempo de set up y tiempo de ocio (máquina parada) del proceso, por ajuste de color	Disminuir el tiempo de ajuste de colores del proceso
Elevado nivel de desperdicio por uso de tintas fuera de parámetros	Disminuir el nivel de desperdicio por uso de tintas fuera de parámetros

Para la segunda solución de implementar metodología de mantenimiento autónomo para inspección y limpieza de partes críticas, se tiene (tabla 3.2):

Tabla 3.2

Desventajas Vs Mejoras esperadas de implementar metodología de mantenimiento autónomo para inspección y limpieza de partes críticas

Desventaja	Mejora Esperada
Baja confiabilidad de equipos	Disminuir el tiempo de set up y de ocio ocasionado por fallas
Elevados tiempos de set up y de avería por fallos en máquina	Disminuir el nivel de desperdicio por partes de equipos fuera de parámetros
Alto nivel de desperdicio debido a partes críticas de equipo fuera de parámetros	Disminuir costos por repuestos de partes de equipos
Elevados costos por repuestos de partes de equipo	Aumentar la confiabilidad del equipo

Para la tercera solución de implementar check List que permita validar la ubicación y el tipo de insumos y materiales a usar para turno nocturno, se tiene (tabla 3.3):

Tabla 3.3

Desventajas Vs Mejoras esperadas de implementar check List que permita validar la ubicación y el tipo de insumos y materiales a usar para turno nocturno

Desventaja	Mejora Esperada
Elevado tiempo de ocio a causa de falta de materiales (logística) como fichas técnicas, preparación de mangas, preparación de tintas, búsqueda de rollos (sustrato para imprimir)	Disminuir el tiempo de ocio del proceso por falta de materiales
	Disminuir el tiempo de set up por falta de materiales
	Aumentar la producción del proceso

Para la cuarta solución de realizar pruebas con los diferentes insumos (stickyback, cintas, flejes, tintas, etc.) para disminuir la cantidad de proveedores según rendimiento en el proceso, se tiene (tabla 3.4):

Tabla 3.4

Desventajas Vs Mejoras esperadas de de realizar pruebas con los diferentes insumos (stickyback, cintas, flejes, tintas, etc.) para disminuir la cantidad de proveedores según rendimiento en el proceso

Desventaja	Mejora Esperada
Alta variabilidad en el proceso	Disminuir la variabilidad del proceso
Elevados niveles de desperdicio por PNC	Disminuir el nivel de desperdicio por PNC
Elevado tiempo de set up	Disminuir el tiempo promedio de Set Up
Elevados tiempos de ocio por inconvenientes con insumos	Disminuir los tiempos de ocio debido a la des calibración del equipo por uso de insumos

Luego, se realizó el análisis cualitativo a través de un análisis económico de rentabilidad de cada solución esperada, tomando en consideración costos directos e indirectos, así como el ahorro que se tendría al implementarlos, como se observa en la figura 31, en este caso se tiene que las soluciones 1, 3 y 5 son las de mayor beneficio para la compañía.

Figura 31

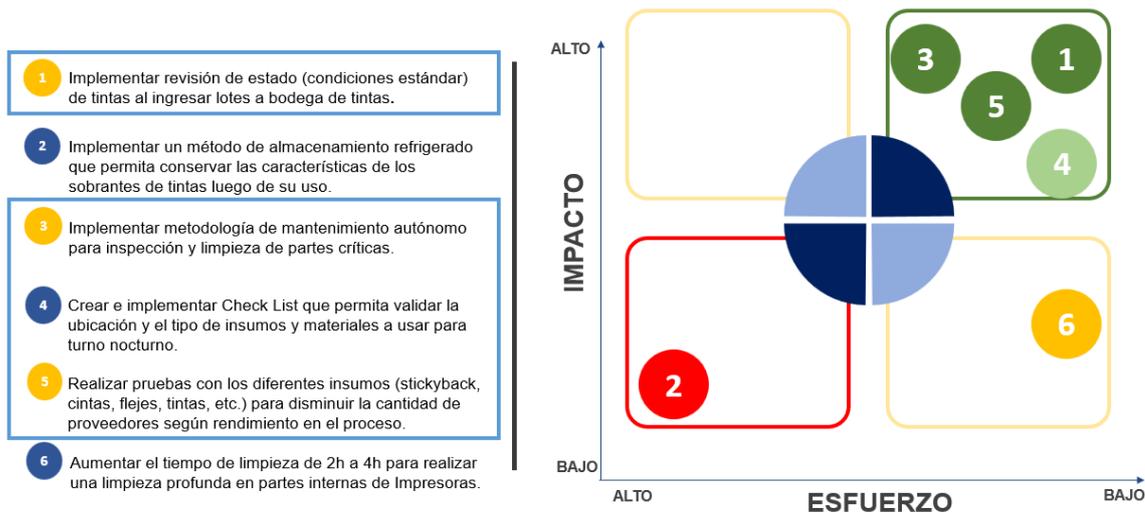
Análisis financiero de las causas

Análisis de soluciones												
	S1		S2		S3		S4		S5		S6	
	Datos iniciales	Datos Bi anuales										
Inversión	\$12,000	\$12,000	\$9,750	\$9,750	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo Operacional	\$800	\$1,600	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo directo	\$0	\$13,600	\$0	\$9,750	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo Oportunidad	\$4,720	\$4,720	\$0	\$0	\$5,664	\$5,664	\$0	\$0	\$0	\$0	\$472	\$11,328
Costo indirecto	\$0	\$4,720	\$0	\$0	\$0	\$5,664	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$11,328
Costo Total		\$18,320		\$9,750		\$5,664		\$0		\$0		\$11,328
Ahorro por tiempo	\$1,269	\$30,469	\$852	\$20,457	\$2,192	\$52,618	\$1,075	\$25,819	\$4,476	\$107,438	\$1,075	\$25,819
Ahorro por desperdicio	\$4,556	\$109,351	\$0	\$0	\$2,105	\$50,539	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ahorro por PNC	\$14,875	\$357,021	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ahorro sobre equipamiento dañado	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3,690	\$88,560	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ahorro Esperado		\$496,841		\$20,457		\$191,717		\$25,819		\$107,438		\$25,819
Beneficio		\$478,521		\$10,707		\$186,053		\$25,819		\$107,438		\$14,491

En la figura 32 se presenta la matriz impacto – esfuerzo, con la que se evaluó el nivel de ejecución y complejidad cada una de las soluciones, teniendo mayor prioridad aquellas soluciones que tienen bajo esfuerzo y mayor impacto.

Figura 32

Matriz impacto - esfuerzo



Con este análisis e información recolectada se procedió a ponderar las soluciones acordes al costo, impacto y esfuerzo, otorgándoles peso de 35%, 40% y 25% a las soluciones respectivas,

con valores del 1 al 5; donde 1 corresponde a un costo bajo y 5 costos mayores a \$10,000; en impacto 1 corresponde a un nivel bajo y 5 a un nivel alto; finalmente en esfuerzo 1 corresponde a nivel alto y 5 nivel bajo, como se observa en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

Tabla de medidas de los niveles de ponderación

Medición de las variables					
	1	2	3	4	5
Costo	0	→			> \$ 10.000
Impacto	Bajo	→			Alto
Esfuerzo	Alto	←			Bajo

Como valor final se tiene que las soluciones 1, 3, 4 y 5 son aquellas con mejores puntuaciones y se tiene prioridad en la aplicación de ellos (tabla 3.6).

Tabla 3.6

Tabla de ponderación de las soluciones

Tabla de ponderaciones							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Bajo Costo	35%	1	2	3	5	5	1
Alto impacto	40%	5	1	5	3	4	2
Bajo Esfuerzo	25%	5	1	3	5	4	4
Promedio		3,6	1,35	3,8	4,2	4,35	2,15

Teniendo las soluciones priorizadas, se procedió a armar el plan de implementación (tabla 3.7), donde se detalla la razón, el lugar, el costo y los objetivos de desarrollo sostenible involucrados.

3.2 Control

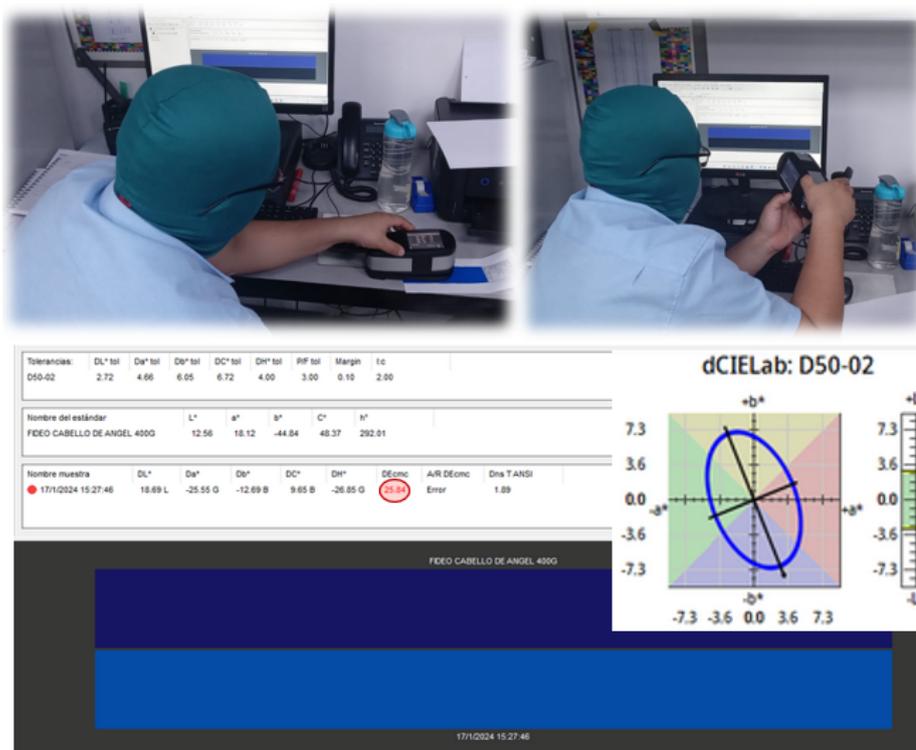
Para la etapa de control se detalló el desarrollo de las soluciones además de crear planes de control que permitan la sostenibilidad de los mismos en el tiempo. Se mostró las diferencias en los pilares de sostenibilidad que se lograron a través de las implementaciones realizadas, esto como información palpable en el corto plazo, mientras que el análisis de capacidad ayudó a mostrar la tendencia del proceso en el largo plazo.

Para la solución 1 sobre el plan de mantenimiento autónomo se detalla en la figura 33 el plan de despliegue el cuál consta de diferentes pasos (preparación, paso 0, paso 1 y paso 2) se divide en estas fases o etapas para transmitir las actividades y conocimientos de limpieza y solución de anomalías que puedan presentarse en el equipo, teniendo como punto de partida las partes críticas de la máquina que permita reducir las recurrentes paradas no programadas.

En la solución 2 se considera la revisión de tintas, la cual cambió la manera tradicional de elegir al azar los colores para la impresión. En este caso con ayuda del equipo densitómetro se tiene la desviación de color exacta a través del software asociado reduciendo así el tiempo de ingreso de tintas (figura 34).

Figura 34

Uso y gráficas del densitómetro



La figura 35 muestra el formato de validación de insumos la cual se usó para mejorar el método de control de tintas, así como depurar los insumos de proveedores que se tienen. A partir de ello se tuvo como resultado el cambio de cinta de papel por cinta dopleflex para el cambio de setup, mostrado en la figura 36.

Figura 35

Formato de validación de insumos

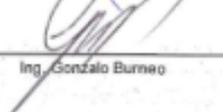
EVALUACIÓN DE MUESTRAS ENTREGADAS POR POSIBLES PROVEEDORES DE MATERIALES			
COMPAÑÍA SOLICITANTE / UNIDAD DE NEGOCIOS NOMBRE GENERICO DEL MATERIAL		EXPOPLAST C. L. BOBINA CARTON 6'X2.56MTX13MM	
PRODUCTO	NUEVO <input type="checkbox"/>	HOMOLOGO <input checked="" type="checkbox"/>	REEMPLAZO <input type="checkbox"/> ALTERNO EMERGENTE <input type="checkbox"/>
DE SER HOMÓLOGO, REEMPLAZO Y ALTERNO EMERGENTE, ESPECIFICAR: A CUAL PRODUCTO : _____ PROVEEDOR : _____			
CÓDIGO Y NOMBRE DEL MATERIAL DE EO DEL PRODUCTO EVALUADO:		4150021-BOBINA CARTON 6'X2.56MTX13MM	
RAZON SOCIAL DEL PROVEEDOR EVALUADO:		MASTERTUB	
MARCA Y NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO EVALUADO :		BOBINA CARTON 6'X2.56MTX13MM	
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO EVALUADO:		03 UN	
CANTIDAD NUESTRA EVALUADA		03 UN	
EVALUADOR		Kevin Pincay	
FICHA TECNICA ADJUNTA	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Detalle las pruebas y/o inspección con las muestras Se utiliza en el proceso de impresión y laminación las 3 bobinas de 6". Cliente Reyfacteos y surindu , trabajo sin novedad en el proceso.			
Detalle las especificaciones del manual que fueron verificadas:			
Parametros de evaluacion	Cumple la muestra con la Especificacion		
(1) ancho	SI	✓	NO
(2) espesor	SI	✓	NO
(3) funcionalidad	SI	✓	NO
(4) aspecto visual	SI	✓	NO
(5) desarrollo en maquina	SI	✓	NO
(6) dureza	SI	✓	NO
(7) reutilizacion	SI	✓	NO
(8)	SI		NO
(9)	SI		NO
(10)	SI		NO
(11)	SI		NO
(12)	SI		NO
Dosificación vs material actual			
La muestra presentada es apta para ser utilizada SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
En caso de rechazo de muestra, explicar motivos y recomendaciones para una mejora			
Fecha de aprobación 3/9/2020 Aprobado por Superintendente Técnico  Ing. Geovanny Parralés			
Fecha de aprobación 3/9/2020 Aprobado por: Gerente de Planta  Ing. Gonzalo Burneo			
FFC FP 01 NOV- 2019			

Figura 36

Diferencia entre insumo de cintas



En la figura 37 se tiene el checklist de control de insumos, cuyo objetivo es lograr destinar un espacio para la colocación de rollos destinados a la producción en los turnos respectivo.

Figura 37

Checklist para el control de insumos

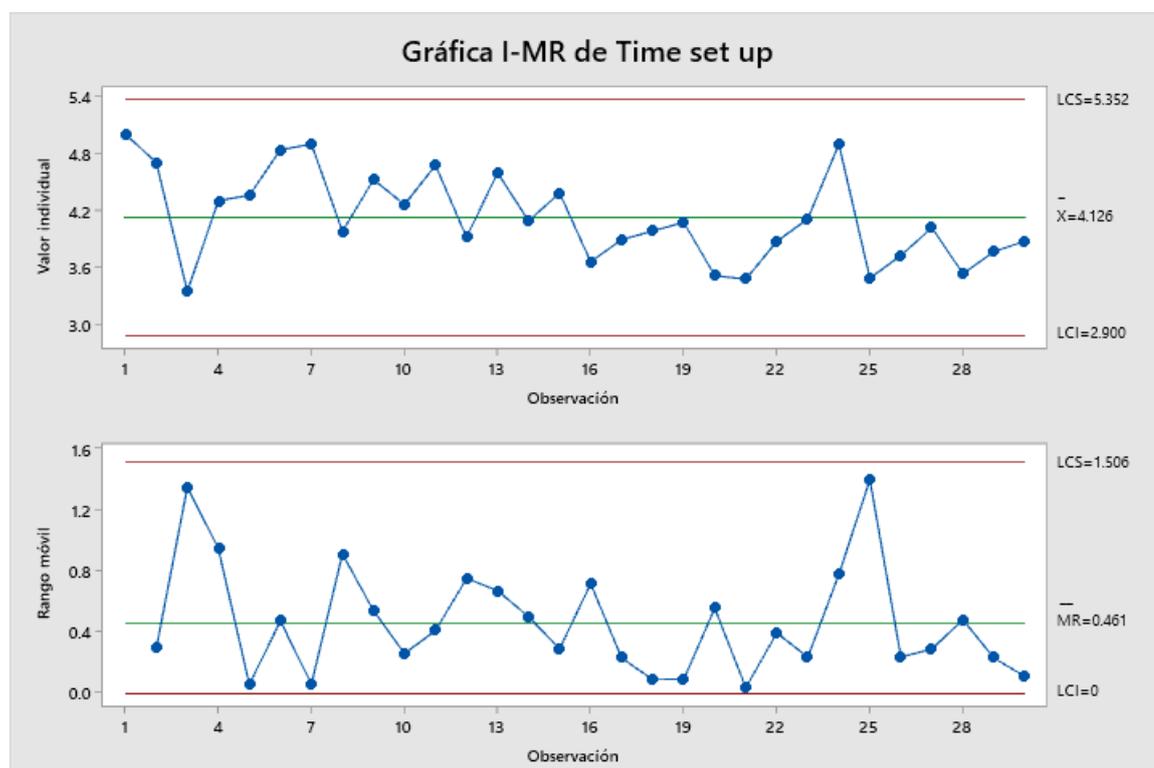
CHECK LIST PARA PREPARACIÓN DE MATERIALES: TURNO NOCTURNO	
IMPRESORA _____	WO: _____
1.- ¿Hubo cambios en la programación de la impresora?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
2.- ¿El trabajo previo usa el mismo tamaño de mangas?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es "SI" por favor no contestar la pregunta 3	
3.- ¿Se realizó el montaje de los cireles sobre las mangas?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
4.- ¿Cuántos rollos son y en que parte se encuentran ubicados los rollos?	
Nº de rollos: _____	
Ubicación de rollos: _____	
5.- ¿Hay en Stock los siguientes insumos a utilizar durante el proceso de impresión?	
Obturadores: _____	Flejes: _____
Cinta Verde: _____	Tintas: _____

Posteriormente se indican los resultados obtenidos en los pilares de sostenibilidad, los cuales en la parte económica se redujo en 17% las horas de preparación de equipos, incrementando la productividad en la máquina IP04 y la reducción del tiempo de setup en 18.41 horas mensuales. En la parte social, se aumentó la confiabilidad de los insumos utilizados y además se redujo el nivel de estrés a causa de los tiempos altos de ajuste de colores con el software implementado, mejorando en 80% la satisfacción operativa. Y en la parte ambiental se redujo los niveles de desperdicios producidos por el proceso de impresión en 21% equivalente a 160kg por mes.

Como resultado del análisis de capacidad, se resalta que los datos se encuentran bajo control estadístico, sin mostrar patrones aleatorios que den indicios de anomalías en el proceso (figura 38).

Figura 38

Gráfica de control estadístico - situación mejorada

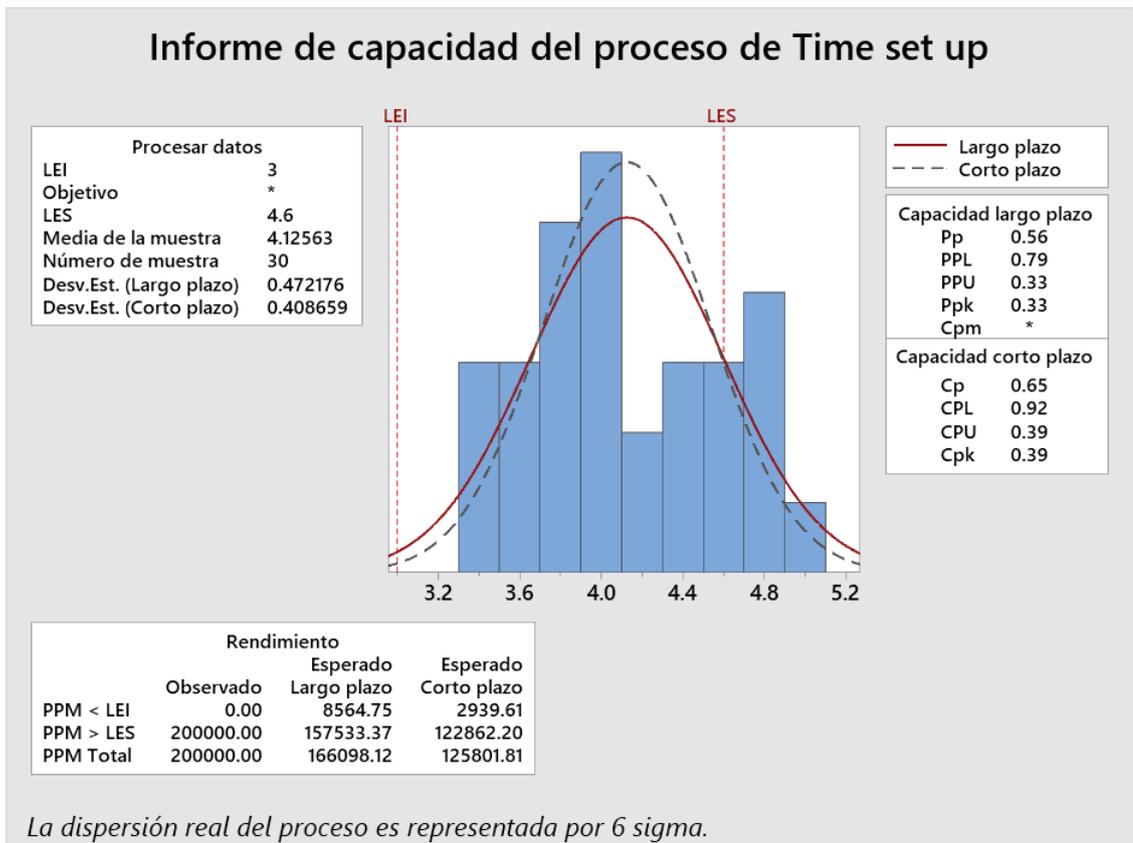


En la figura 39 se muestran los resultados del análisis de capacidad, donde se muestra el valor de cpk de 0.39, superior al -0.06 obtenido en la situación inicial, demostrando así que se

mejoró la localización o centralización de los tiempos de setup respecto a los límites establecidos por el cliente. De igual manera se observa que el cp tiene un valor de 0.65 respecto al 0.22 obtenido inicialmente, mejorando así la dispersión de los datos entre sí, logrando una mejor estandarización de los tiempos totales de setup.

Figura 39

Análisis de capacidad - situación mejorada



Finalmente se tiene en la tabla 3.8 el plan de control, donde se observa las soluciones otorgadas al largo plazo y la frecuencia con la cual debe ser ejecutada para mantener las soluciones en vigencia.

Tabla 3.8

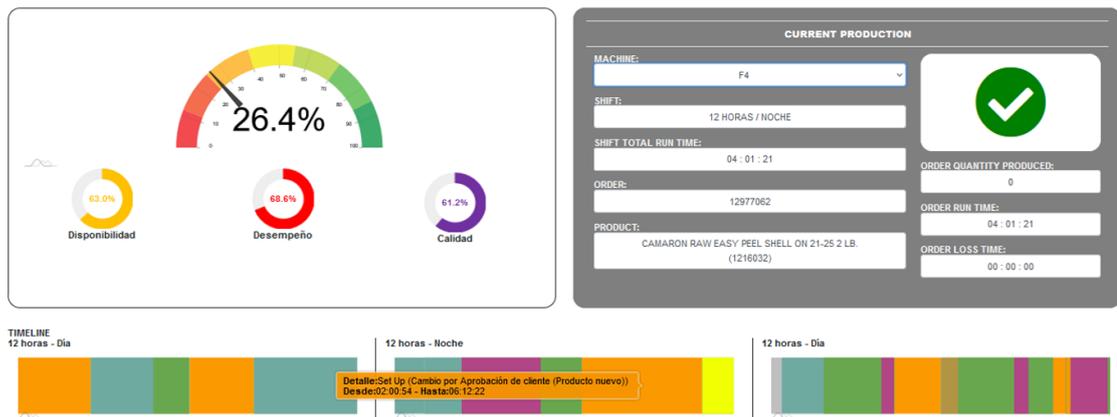
Plan de control de las soluciones

Nº	SOLUCIÓN	¿FRECUENCIA DE CONTROL?	¿DÓNDE SERÁ IMPLEMENTADO?	¿CÓMO?	¿QUIÉN LO IMPLEMENTARÁ?	TRIPLE BOTTOM LINE
1	Implementar revisión de estado (condiciones estándar) de tintas al ingresar lotes a bodega de tintas.	Al ingresar un nuevo lote de tintas (Aproximadamente cada tres meses) Al realizarse impresiones complejas	Bodega de tintas Impresoras	Luego de ser revisados y aceptados por la Gerencia Técnica, los flujos de proceso propuestos serán compartidos con el personal de impresión e impresos. Se utilizará la herramienta LUP (lección de un punto) para reforzar conocimientos sobre el proceso.	Digitador de tintas Supervisor de imprenta	Económico Ambiental Social
2	Realizar pruebas con los diferentes insumos (stickyback, cintas, flejes, tintas, etc) para disminuir la cantidad de proveedores según rendimiento en el proceso	Semanal	Impresora piloto (IPO4)	Trimestralmente (aproximadamente) se realizarán validaciones de los insumos de los proveedores ganadores de la licitación de compra, con el fin de segregar aquellos insumos que no cumplan con los estándares del proceso.	Supervisor de mantenimiento Supervisor de imprenta	Económico Social
3	Implementar metodología de mantenimiento autónomo para inspección y limpieza de partes críticas	Diario	Área de impresión	Se realizarán controles semanales del avance de la implementación del TPM en las reuniones del comité LEAN, para tomar acciones correctivas en caso de retrasos en el plan.	Digitador de producción (imprenta)	Económico Social
4	Crear e implementar Check List que permita validar los insumos y materiales a usar para turno nocturno	Al ingresar un nuevo lote de insumos (Stickyback o flejes)	Área de impresión	La Lista de Verificación se completará diariamente antes del turno de noche y se monitoreará el cumplimiento de la programación. La información recopilada será revisada semanalmente con los operadores y posteriormente se tomarán decisiones en reuniones del comité LEAN, en base a la información del GEMBA.	Supervisor de imprenta	Económico Ambiental Social

Para el control visual, se utilizará un dashboard de control productivo que permite medir el rendimiento de la máquina IP04 (figura 40). Si el valor del OEE cae por debajo del 20%, da indicios al equipo de trabajo para realizar una revisión más profunda y tomar las medidas respectivas.

Figura 40

Control visual por dashboard



3.3 Análisis

- El estudio cuantitativo y cualitativo de las soluciones permitió de manera analítica priorizar la ejecución de las soluciones.
- Las soluciones implementadas en conjunto tuvieron un impacto en mayor volumen sobre el tiempo de setup ya que permitió atacar otras causas raíz paralelamente.
- El uso de herramientas tecnológicas permite de manera práctica encontrar soluciones con impacto de mayor alcance a soluciones tradicionales, esto representa una inversión al corto plazo que se justifica con la optimización de recursos y desarrollo en la capacidad de los operadores, implicando de manera directa en la mejora del ambiente laboral y mejora continua del proceso.

3.4 Resultados

- Generar un plan de control permite mantener las soluciones al largo plazo, complementándose con la estandarización de los mismos.
- Se redujo en promedio 92 mil minutos en el proceso de ingreso de tintas, ya que el proceso se automatizó con el densitómetro, con ello se mejora la calidad total del producto.

- Se redujo el tiempo de preparación y desperdicio generado por tonalidad de imagen en 86 minutos por cada tiempo de setup, en la parte de ajuste y medición de colore, en el proceso de impresión.
- Se redujo en 1,16 horas promedio el tiempo de setup, con la implementación en conjunto de las soluciones, pasando de 5.79 horas 4.63 hora

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se redujo el desperdicio en el proceso de impresión en 21%
- La satisfacción laboral luego de las implementaciones incrementó un 60%.
- Se consiguió reducir el tiempo de set up en 91% durante las primeras cinco semanas de implementación.
- Se logró aumentar la calidad de los insumos, utilizados, realizando pruebas que me permitan levantar información con respecto a las propiedades deseadas de los materiales en el proceso.

4.2 Recomendaciones

- Mantener el plan de control en curso para cada solución implementada.
- Cumplir periódicamente con la metodología del 5s para mantener al largo plazo las soluciones.
- Realizar el proceso de evaluación de insumos, siguiendo el flujo establecido, cada vez que exista una nueva solicitud de compra de nuevos insumos.
- Una vez estabilizados los tiempos, realizar capacitaciones y estandarizar el proceso de puesta en marcha para lograr una nueva mejora en los tiempos.
- Evaluar e implementar métodos de almacenamiento de inventario para evitar interrupciones en el flujo del proceso.
- Los procesos levantados permitieron de manera concisa llegar al problema enfocado, permitiendo así el ahorro de recursos y agilidad en la toma de decisiones por las soluciones generadas.

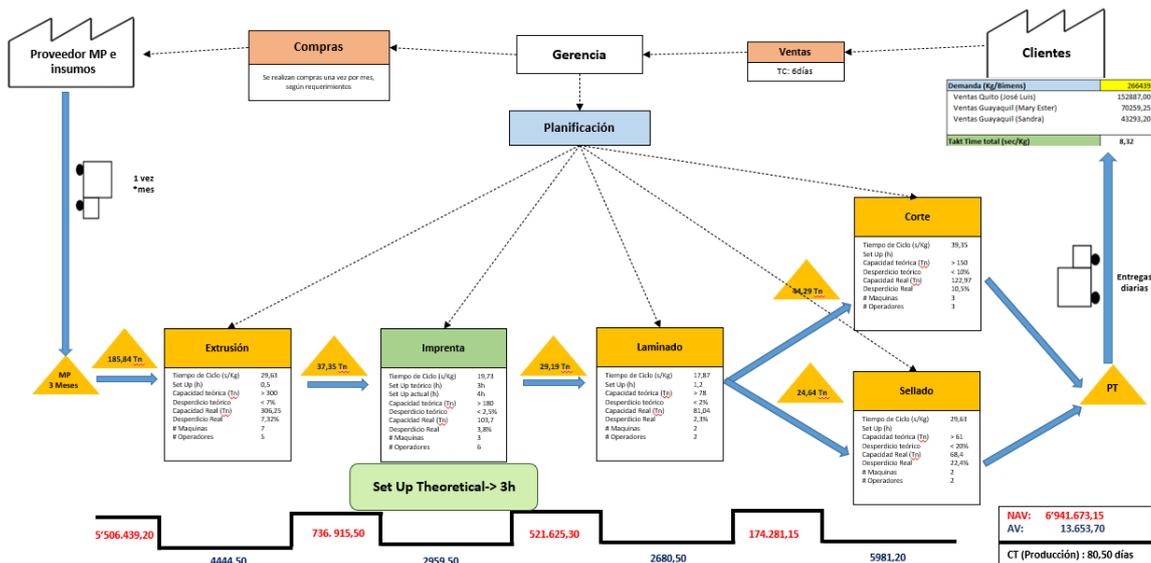
REFERENCIAS

- Aleu González, F. (2003). *Seis Sigma para Gerentes y Directores*. Monterrey: Libros en Red.
- Bradley, J. (2008). Management based critical success factors in the implementation of Enterprise Resource Planning systems. *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(3), 175-200. Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/217187028/E71082A47F4A479BPQ/1?accountid=171402>
- Cronemyr, P. (2007). DMAIC and DMADV - Differences, similarities and synergies. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 3(3), 193-209. Obtenido de <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2007.015065>
- Díaz, L., Victoria, E., Vargas, B., & Hernández, C. (2020). *Parametric and non-parametric statistical tests: their classification, objectives, and features*. Hidalgo: Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud .
- Garza Ríos, R., González Sánchez, C., Rodríguez González, E., & Hernández Asco, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 19-35.
- Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Vollmann, T. E. (2011). Enterprise Resource Planning (ERP). En *Manufacturing planning & control systems for supply chain management* (Sixth ed., págs. 11-12). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Leal Solano, A. (1987). El diagrama de Pareto. *Revista Facultad de Administración de Empresas. Volumen 4. Número 6*, 34-36.
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. I. (2017). METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN. *3C Empresa (Edición Especial)*, 75-77.

Yen, D. C., Chou, D. C., & Chang, J. (2002). "A synergic analysis for web-based enterprise resources planning systems". En *Computer Standards & Interfaces* (Vol. 24, págs. 337-346).

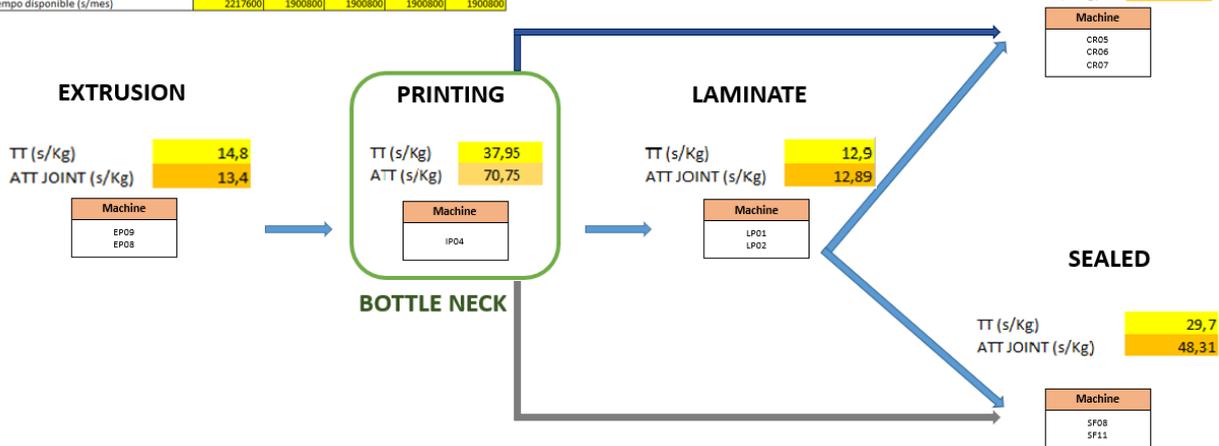
APÉNDICES

VSM de la situación actual



VSM enfocado en la máquina IP04

Demanda (Kg/Bimens)	266439				
Ventas Quito (José Luis)	152887,00				
Ventas Guayaquil (Mary Ester)	70259,25				
Ventas Guayaquil (Sandra)	43293,20				
Takt Time total (sec/Kg)	8,32				
Área	EXT	IMP	LAM	CORT	SEL
Takt Time (sec/Kg)	14,76	37,95	12,87	18,80	29,67
Demanda (Kg/mes)	150279	50084	147656	101114	64071
Tiempo disponible (s/mes)	2217600	1900800	1900800	1900800	1900800



Control de la aplicación de las soluciones

Porcentaje de avance de implementación								
N	Material	Código	Proveedor	Fecha de verificación	Responsable	Estatus	Resultados	Observaciones
1	Cinta para unión de bordes de cirol	5222366	PCM001	29-11-23	Supervisor de imprenta	Realizado	Rechazado	No cumple con el grosor deseado para la acción requerida espesor > 3mm
2		5222367	PCV002	29-11-23	Supervisor de imprenta	Realizado	Aprobado	Espesor <= 3mm
3	Stickyback	5333296	PSCST1	-	Montajista	Por empezar	-	-
4		5333297	PSCST2	-	Montajista	Por empezar	-	-
5		5333633	PSCST3	-	Montajista	Por empezar	-	-
6		5333665	PSCST4	27-03-24	Montajista	En proceso	Análisis	-
7		5333666	PSCST5	-	Montajista	Por empezar	-	-
8		5333676	PSCST6	27-03-24	Montajista	En proceso	Análisis	-
9		5333298	PSS1	-	Montajista	Por empezar	-	-
10		5332835	PSS2	-	Montajista	Por empezar	-	-
11		5333634	PSS3	-	Montajista	Por empezar	-	-
12		5333470	PSS4	-	Montajista	Por empezar	-	-
13		5331453	PSE1	-	Montajista	Por empezar	-	-
14		5332809	PSTE1	-	Montajista	Por empezar	-	-
15		5333471	PSTE2	-	Montajista	Por empezar	-	-
16		5333664	PSTE3	27-03-24	Montajista	En proceso	Análisis	-
17		5222677	PSTE4	-	Montajista	Por empezar	-	-
18		Flejes	5331287	PFSP01	-	Auxiliar	Por empezar	-
19	5331289		PFSP02	-	Auxiliar	Por empezar	-	-
20	5332663		PFCR01	-	Auxiliar	Por empezar	-	-
22	5222607		PFB01	-	Auxiliar	Por empezar	-	-
23	5222608		PFLD01	-	Auxiliar	Por empezar	-	-

Diagrama funcional del flujo de validación de tintas

