



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño de un protocolo para la reducción de los tiempos improductivos en el área de impresión de una empresa productora de empaques flexibles

Claudia Juliana Collazos García

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá D.C, Colombia

2015

Diseño de un protocolo para la reducción de los tiempos improductivos en el área de impresión de una empresa productora de empaques flexibles

Claudia Juliana Collazos García

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director (a):

MSc. Ing. Carlos Alberto Garzón Gaitán

Línea de Investigación:

Productividad Industrial

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá D.C, Colombia

2015

A mis padres y a mi hermano que siempre me han brindado su apoyo incondicional.

A todas las personas que me motivaron a perseguir este objetivo.

Agradecimientos

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia especialmente al Ingeniero Carlos Alberto Garzón quién, como director de este proyecto, orientó y estructuró el desarrollo del mismo y cuya amplia experiencia fue primordial para implementar una metodología adecuada en la búsqueda de soluciones. También quiero agradecer a mis asesores el Ingeniero Gabriel Jaramillo y el señor David Castañeda por su valioso apoyo en la formulación de estrategias para la optimización del proceso evaluado y cuyo aporte técnico fue fundamental para alcanzar los objetivos propuestos.

Tener la oportunidad de desarrollar un proyecto de esta magnitud en una empresa con alto potencial de desarrollo y, a la vez, líder en el mercado, representa un logro invaluable a nivel personal y profesional. El aprendizaje obtenido en cada una de las etapas, desde la formulación de la propuesta hasta su culminación, ha significado un gran reto y al mismo tiempo una profunda satisfacción que ha enriquecido mi formación académica, investigativa y profesional.

Resumen

Existen diferentes rutas para mejorar la competitividad de una empresa, pero si consideramos el principio de economía básica donde la rentabilidad de un producto está dada por la diferencia entre el precio de venta y los costos totales de fabricación, una de las rutas para lograr dichas mejoras es a través de la reducción de los costos implicados en la manufactura del producto.

Sin duda, los tiempos improductivos constituyen uno de los factores donde se presenta una fuga de rentabilidad y siempre es recomendable realizar una propuesta de optimización de tiempos para iniciar una transformación y encontrar fuentes de inspiración para la mejora continua y la innovación. Por esta vía, los resultados pueden evidenciarse rápidamente favoreciendo el uso de la capacidad disponible y la utilización eficiente de los recursos instalados.

Es por esta razón que ante una necesidad evidenciada en una industria colombiana fabricante de empaques flexibles, se optó por la revisión de los tiempos improductivos empleando la metodología SMED¹, específicamente en una de las etapas del proceso productivo donde se concentra la mayor variedad de productos en las líneas de producción.

Como logros significativos de este trabajo se señalan los siguientes:

- Se elaboró una propuesta para la reducción de hasta un 43% en los tiempos improductivos asociados a los cambios de producto.
- Se analizaron los motivos principales asociados al tiempo improductivo del área de impresión y se generaron acciones de mejora para su control.
- Se aplicó una metodología de análisis que puede ser replicada en las diferentes áreas productivas de la empresa para la optimización de sus procesos.

Palabras clave: Productividad, SMED, Empaques Flexibles.

¹ Metodología de origen japonés diseñada por el ingeniero Shigeo Shingo que significa "Single Minute Exchange of Die" y que fue traducida al castellano como "cambio de matriz en menos de 10 minutos" [Paredes 2007].

Abstract

There are different ways to improve the competitiveness of a company, but if we consider the main concept of economy where product profitability is given by the difference between the selling price and total costs of production, one way to achieve these improvements is through cost reduction involved in product manufacturing.

Certainly, changeover time is one of the things where a leakage of profitability occurs and is always advisable to propose an optimization to trigger a transformation and find inspiration for continuous improvement and innovation. In this way, results can be demonstrated quickly, improving installed capacity and the efficient use of available resources.

For this reason, from a need presented in a Colombian flexible packaging industrial company, changeover time using the SMED methodology was reviewed, specifically in one of the stages of the production process where the greatest variety of products exist.

Some significant achievements of this work are highlighted as follows:

- A proposal for changeover time reduction was developed, with improvements as high as 43%.
- The main sources associated with the downtime of the printing process were analyzed and improvement actions for its control were generated.
- An analysis methodology was developed that could be applied in different production areas of the company to optimize its processes.

Keywords: Productivity, SMED, Flexible Packaging.

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Resumen | IX |
| Lista de figuras | XII |
| Lista de tablas | XIII |
| Introducción | 1 |
| 1. Marco Teórico | 3 |
| 1.1 Proceso Productivo a Mejorar..... | 3 |
| 1.2 Flexografía..... | 8 |
| 1.3 Manufactura Esbelta y SMED | 18 |
| 2. Línea Base del Proceso de Mejoramiento | 22 |
| 2.1 Aspectos Metodológicos | 22 |
| 2.2 Línea Base | 23 |
| 2.3 Aspectos Priorizados para el Mejoramiento | 40 |
| 3. Formulación de la Mejora | 46 |
| 3.1 Actividades Propias del Proceso..... | 46 |
| 3.1.1 ETAPA 0 Y 1: Definición de la operación actual..... | 46 |
| 3.1.2 ETAPA 2: Conversión de actividades internas en externas..... | 57 |
| 3.1.3 ETAPA 3: Racionalización y optimización de las actividades del cambio | 61 |
| 3.2 Inconvenientes Durante la Producción (ACR)..... | 72 |
| 3.3 Protocolo de implementación..... | 86 |
| 3.3.1 FASE 1. Erradicación o minimización de impactos por inconvenientes de producción..... | 86 |
| 3.3.2 FASE 2. Implementación de cambios SMED. | 88 |
| 4. Conclusiones y Recomendaciones | 91 |
| Bibliografía | 93 |
| 5. Anexos | 96 |
| A. ANEXO: Planeación estratégica - Metodología HOSHIN KANRI | 96 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Esquema para la fabricación de películas termoencogibles utilizados como empaque secundario de botellas..... | 3 |
| Figura 2. Esquema para la fabricación de bolsas sin impresión utilizadas como empaque primario de productos industriales..... | 3 |
| Figura 3. Esquema para la fabricación de empaques primarios para alimentos, con aplicación en máquinas automáticas..... | 3 |
| Figura 4. Esquema para la fabricación de empaque para concentrados de animales o snacks, con aplicación en máquinas automáticas. | 4 |
| Figura 5. Esquema para la fabricación de bolsas para concentrado de animales, forma de empaque manual. | 4 |
| Figura 6. Esquema de un sistema de Impresión Flexográfica. | 8 |
| Figura 7. Esquema de la unidad de tinta en un sistema de impresión Flexográfica..... | 9 |
| Figura 8. Esquema para el grabado de clisés..... | 11 |
| Figura 9. Representación de la unidad de Impresión de una máquina impresora de tambor central. | 15 |
| Figura 10. Esquema de representación de la filosofía de manufactura esbelta | 19 |
| Figura 11. Representación de las etapas de la Metodología SMED..... | 21 |
| Figura 12. Esquema del corte en línea. Caso especial en la empresa de estudio. | 22 |
| Figura 13. Proveedores internos del área de impresión. | 23 |
| Figura 14. Tiempo improductivo por máquina..... | 32 |
| Figura 15. Tiempo improductivo por mes y máquina. | 33 |
| Figura 16. Tiempo improductivo por área responsable..... | 34 |
| Figura 17. Tiempo improductivo total por responsable. | 40 |
| Figura 18. Diagrama de decisión diseñado para el proceso de cuadro. | 64 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Comparativo de los principales métodos de impresión..... | 6 |
| Tabla 2. Motivos asociados a los tiempos improductivos del área de impresión en la empresa de estudio..... | 25 |
| Tabla 3. Clasificación de motivos 2015 Vs Clasificación 2012. | 28 |
| Tabla 4. Motivos no contemplados en la clasificación 2015. | 28 |
| Tabla 5. Reporte de tiempos disponibles e improductivos por máquina. | 29 |
| Tabla 6. Reporte de tiempo disponible e improductivo por máquina en el 2015..... | 30 |
| Tabla 7. Tiempo improductivo reportado por área..... | 33 |
| Tabla 8. Tiempo improductivo en el área de impresión reportado por motivos..... | 36 |
| Tabla 9. Tiempos improductivos por motivo año 2015. | 36 |
| Tabla 10. Motivos asociados al cuadro de máquina en el proceso de impresión..... | 37 |
| Tabla 11. Tiempo improductivo agrupando actividades de cuadro..... | 38 |
| Tabla 12. Tiempo improductivo agrupado por área responsable y motivo..... | 39 |
| Tabla 13. Clasificación de motivos respecto a su origen. | 41 |
| Tabla 14. Actividades de cuadro (cambio) en la maquina impresora..... | 51 |
| Tabla 15. Clasificación entre actividades internas o externas con el tiempo asignado en las PSO..... | 53 |
| Tabla 16. Identificación de responsables por actividad. | 56 |
| Tabla 17. Tiempo establecido para el cuadro de la máquina en la empresa de estudio. | 57 |
| Tabla 18. Puntos de intervención en la máquina durante el cuadro. | 59 |
| Tabla 19. Puntos de intervención por cada actividad programada en el cuadro..... | 60 |
| Tabla 20. Clasificación de actividades externas..... | 61 |
| Tabla 21. Clasificación de actividades internas..... | 62 |
| Tabla 22. Clasificación de las rutas de cuadro establecidos dentro de la propuesta de mejora..... | 65 |
| Tabla 23. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta A..... | 67 |
| Tabla 24. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta B..... | 68 |
| Tabla 25. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta C. | 69 |
| Tabla 26. Comparativo de la mejora respecto al estándar anterior..... | 70 |
| Tabla 27. Análisis Causa Raíz (ACR) para el motivo de Limpieza y porosidad. | 74 |
| Tabla 28. Análisis Causa Raíz (ACR) para las manchas durante la impresión..... | 75 |
| Tabla 29. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo no reportado. | 76 |
| Tabla 30. Análisis Causa Raíz (ACR) para los daños mecánicos..... | 77 |
| Tabla 31. Análisis Causa Raíz (ACR) para el cambio de componentes. | 78 |
| Tabla 32. Análisis Causa Raíz (ACR) para limpieza de tambor central. | 79 |
| Tabla 33. Análisis Causa Raíz (ACR) para las fallas en montajes y desregistro. | 80 |
| Tabla 34. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo improductivo por ajuste de tonos. | 83 |
| Tabla 35. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo de espera por insumos. | 84 |
| Tabla 36. Matriz X - Resultado planeación estratégica Hoshin Kanri | 87 |

Introducción

Este proyecto se orienta al cumplimiento de los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un protocolo para la reducción de los tiempos improductivos en el área de impresión de una empresa productora de empaques flexibles.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los tiempos improductivos del área de Impresión en la empresa en estudio.
- Emplear la metodología SMED para formular una propuesta de mejora con relación a los tiempos improductivos en el área de impresión de la empresa en estudio.
- Formular un protocolo para la implementación de la propuesta de mejora desarrollada con relación a los tiempos improductivos del área de impresión.

El trabajo desarrollado se compone de tres etapas, que concluyen en el planteamiento de un protocolo para implementar la mejora en la empresa de estudio. En primer lugar se realizó la evaluación de los tiempos improductivos de acuerdo a los reportes generados internamente en el área de impresión. A partir de esta información se realizó una clasificación de estos tiempos y se definieron los puntos prioritarios de atención que corresponderían a aquellos aspectos de alto impacto establecidos por su participación en el total de los tiempos improductivos. Dentro de esta clasificación se estableció que algunas de estas actividades eran propias del proceso productivo, porque son necesarias para la operación correcta de la máquina o porque hacen parte de los protocolos del proceso, mientras que otras correspondían a algunos inconvenientes que se generaban durante la producción pero que podrían evitarse o minimizarse en frecuencia y duración al atacar su causa raíz.

Después de realizar la clasificación de los factores, se estableció una metodología para la atención de ambos aspectos. En el primer caso, se usó la metodología SMED para realizar la optimización de los tiempos asociados con las actividades propias del proceso, este trabajo se fundamenta en la definición de un procedimiento estandarizado para realizar el cambio de un pedido y las premisas asociadas a la aplicación del mismo. Para el segundo caso, se realizó un análisis de causa raíz en los motivos clasificados como prioritarios y se generaron acciones de mejora para ser implementadas por las áreas responsables. En algunos casos, las mejoras implican la estructuración de proyectos de gran magnitud, los cuales pueden ser abordados dentro del marco de mejora estratégica de la empresa, pero que no hacen parte del alcance de este proyecto.

El trabajo realizado en el marco de este proyecto, incluyó un arduo trabajo de observación y acompañamiento del proceso involucrado, aspecto típico de este tipo de metodologías sistemáticas; así como un proceso de análisis detallado de los procedimientos propios del área, desde allí surgieron múltiples propuestas de mejora y observaciones que se encuentran descritas en el protocolo de mejora.

Este proyecto es de gran importancia para la organización productiva involucrada, pues constituye el primer paso dentro del programa de mejoramiento en la productividad de la empresa y permitió comprobar que esta metodología puede ser replicada en las otras áreas productivas para la optimización de los procesos. Este concepto de mejora va de la mano con la visión estratégica de la organización y sin duda genera un impacto positivo en el funcionamiento interno de la organización, considerando que los resultados de las mejoras aquí planteadas superan la expectativa inicial generada por la dirección de la empresa en el momento en que el proyecto fue propuesto.

Dado que el talento humano relacionado con el proceso es el principal factor involucrado, el éxito de lo aquí propuesto depende también de la habilidad de la dirección de la empresa para movilizar a los equipos de trabajo para que asuman positivamente estas actividades de mejoramiento.

1. Marco Teórico

1.1 Proceso Productivo a Mejorar

La fabricación de empaques flexibles es un campo especializado de la conversión de polímeros. Existen múltiples técnicas de conversión que ofrecen una gran cantidad de combinaciones y productos con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Dependiendo de los requerimientos del empaque, se pueden ofrecer materiales laminados, o simplemente extruidos, presentados en forma de rollos para máquinas de empaque automático o en bolsas para procesos de empaque manual.

A continuación se presentan algunos esquemas con las combinaciones posibles para la fabricación de un empaque flexible, desde el más sencillo hasta el más complejo.



Figura 1. Esquema para la fabricación de películas termoencogibles utilizados como empaque secundario de botellas.



Figura 2. Esquema para la fabricación de bolsas sin impresión utilizadas como empaque primario de productos industriales.



Figura 3. Esquema para la fabricación de empaques primarios para alimentos, con aplicación en máquinas automáticas.

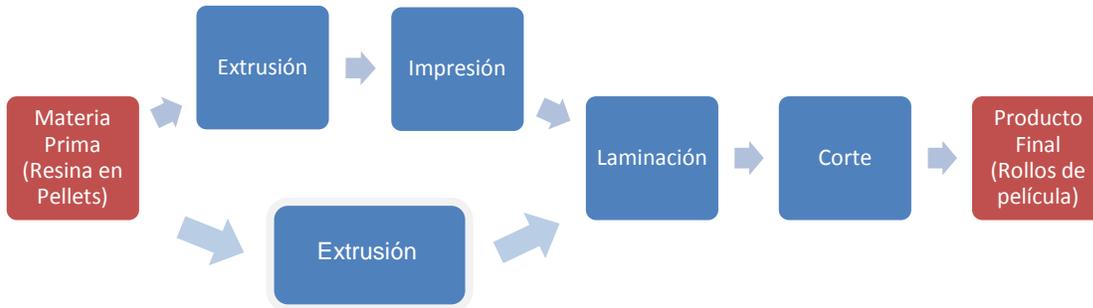


Figura 4. Esquema para la fabricación de empaque para concentrados de animales o snacks, con aplicación en máquinas automáticas.

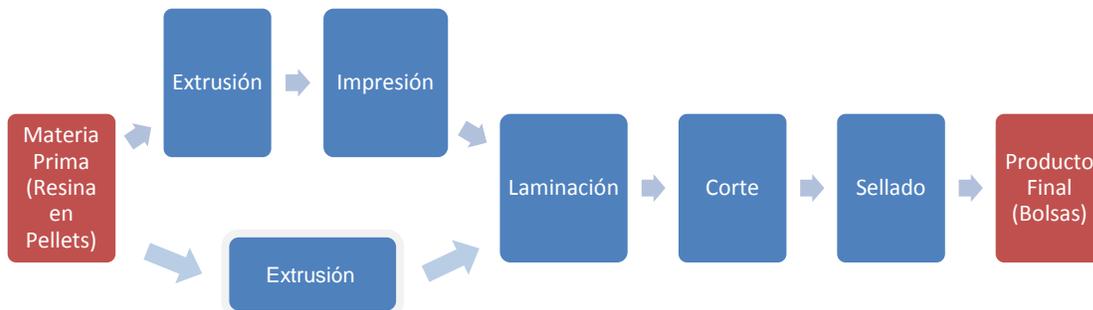


Figura 5. Esquema para la fabricación de bolsas para concentrado de animales, forma de empaque manual.

A continuación se presenta una breve descripción de las etapas asociadas a la fabricación de un empaque flexible, tal y como se desarrolla en la empresa de estudio:

Materia Prima: El insumo principal en la fabricación de una película plástica para uso en alimentos, es la resina polimérica, la cual es adquirida en forma de pellets y todos los aditivos en forma de ingredientes activos disueltos en resina polimérica- Master Batch.

Extrusión: Los materiales se ingresan al proceso de extrusión en las proporciones y cantidades establecidas por la formulación de la película. Estas cantidades son establecidas previamente por parte del área técnica, de acuerdo a los requerimientos del empaque. El área Técnica está encargada de las siguientes labores:

- Desarrollo de nuevos productos y especificación de los existentes
- Control y aseguramiento de la calidad
- Gestión integral (Sistemas de Gestión ISO)

Para la fabricación de películas flexibles existen dos procesos de extrusión dominantes en la industria nacional, extrusión por Soplado (Extrusión Blown) y extrusión de película fundida (Extrusión Cast). En ambos casos el polímero es fundido mediante temperatura y fricción, logrando un fluido viscoso que se hace pasar a través de un molde o boquilla. Después de salir por el molde, la resina fundida es enfriada mediante sistemas que operan a base de aire o agua, logrando de esa manera cristalizar el material y mantener la forma proporcionada por el molde.

Esta lámina enfriada es embobinada alrededor de un tubo de cartón, para obtener grandes rollos de película extruida.

Impresión: Después de obtener los rollos del proceso de extrusión, la película extruida es ingresada a un proceso de impresión. Este proceso de impresión constituye el área de estudio de este trabajo.

En éste punto se realiza el grabado de la imagen o diseño asociado a cada producto. El material es enhebrado a través de una serie de rodillos y secciones de la máquina mediante la cual se van realizando el estampado y secado de las tintas. Es importante resaltar que el secado de las tintas se realiza dentro de la máquina a través de zonas de calefacción que evaporan el solvente, dejando únicamente el pigmento adherido en la película. El resultado de ésta etapa de impresión son rollos de gran tamaño estampados con la imagen o la marca del producto. Existen múltiples técnicas de impresión, entre las que se encuentran el rotograbado, la flexografía y la Indirecta (offset).

La diferencia principal en las diferentes técnicas radica en la forma de transferir la tinta sobre el sustrato. El Rotograbado o Huecograbado es un método de impresión rotatorio en bajo relieve en el cual se realiza un grabado de rodillos metálicos con la figura a imprimir. Cada perforación recibe una cantidad de tinta que luego transfiere al sustrato y cada color de tinta tiene un rodillo grabado y un sistema independiente de aplicación. Este es un proceso que requiere lotes de producción bastante grandes pues el proceso de grabado de

rodillos es costoso. Por otro lado, la flexografía es una técnica rotatoria en alto relieve que utiliza láminas flexibles de fotopolímero para grabar los diseños en la superficie del sustrato. También maneja sistemas independientes para cada color, pero contrario al rotograbado, se pueden trabajar lotes más pequeños y permite más flexibilidad para los cambios en los diseños.

El offset también es un sistema rotatorio en el que la tinta es transferida de forma indirecta al sustrato. Una lámina metálica tiene grabada la ilustración a través de un proceso de recubrimiento fotosensible o la transferencia directa a través de un láser. La zona a imprimir queda cubierta de un compuesto hidrófobo, el cual repele el agua, pero es afín con las tintas base oleosa utilizadas en esta técnica. Luego, la zona hidrófoba transfiere la tinta a un rodillo de goma denominado mantilla, el cual es el encargado de la transferencia por presión al sustrato. Esta es una técnica que se caracteriza por sus altos estándares de calidad pues se logra una alta definición de la imagen independiente de la rugosidad del sustrato. Por esta razón, es la técnica utilizada para la impresión de papel o sustratos similares como el cartón.

La siguiente tabla presenta los principales aspectos comparativos entre los tres métodos de impresión descritos.

| | <u>Rotograbado</u> | <u>Flexografía</u> | <u>Offset</u> |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Sistema | Rotativo | Rotativo | Rotativo |
| Método de Transferencia | Bajo Relieve | Alto Relieve | Indirecto |
| Técnica de grabado del diseño | Rodillos metálicos Grabados | Láminas de Fotopolímero Grabado | Láminas metálicas recubiertas |
| Tipo de Tinta | Base Solvente | Base Solvente | Base Aceite |
| Usos | Empaques Flexibles (plásticos) | Empaques Flexibles (Plásticos) | Empaques de Papel o Cartón |

Tabla 1. Comparativo de los principales métodos de impresión.

Para el desarrollo de este trabajo, se profundizará únicamente en la técnica de flexografía, ya que la empresa de estudio cuenta únicamente con máquinas que usan dicha tecnología. En la sección 1.2 de este documento se presenta la descripción detallada de esta técnica de impresión.

Laminación: En esta etapa se realiza la adhesión de dos o más películas mediante un adhesivo líquido para proveer nuevas propiedades al empaque. Las capas pueden ser del mismo material o diferir dependiendo del uso del producto; pero, generalmente solo una de las capas se encuentra impresa. Los adhesivos utilizados son una mezcla de una resina (isocianato) catalizada por un poliol. La relación de mezcla es establecida de acuerdo a la referencia de los adhesivos y la cantidad aplicada para la laminación es establecida por las películas a utilizar.

Corte: Después de obtener los rollos de gran tamaño en la máquina impresora o laminadora, el material es procesado en la etapa de corte, en la cual se obtienen las medidas finales del producto; es decir, la película es ingresada a una máquina, que mediante cuchillas fijadas, corta el material al ancho y la longitud solicitada por el cliente. El resultado de esta etapa son varios rollos de menor peso y tamaño a los obtenidos en las etapas anteriores.

Sellado: En esta etapa se realiza la conformación de bolsas individuales. El proceso es realizado en una máquina que realiza el doblado y sellado tanto transversal como longitudinal de la bolsa. El producto queda sellado en solamente uno de sus extremos para que el cliente lo llene con el producto y complete la bolsa directamente en su planta.

Producto Final: Dependiendo de la tecnología disponible por los clientes, los productos finales pueden ser rollos de película o bolsas conformadas. Los rollos de película son impresos y cortados de acuerdo a las características solicitadas por los clientes. Estos materiales son utilizados en máquinas especializadas para empaque automático, las cuales sellan y cortan las bolsas de acuerdo a la configuración de la misma. Esta presentación del producto se utiliza para productos de consumo masivo como leche, arroz, snacks, sal, derivados lácteos entre otros.

Por otra parte, cuando el proceso de llenado es manual, el producto puede ser entregado en bolsas. Generalmente esta presentación es utilizada para concentrados de animales o empaques industriales, donde el cliente recibe una bolsa sellada con una cavidad para ser llenada y cerrada.

Las bolsas de supermercado no hacen parte del portafolio de la empresa en estudio, sin embargo, los procesos de fabricación son similares a los que se han descrito anteriormente.

1.2 Flexografía

Como se mencionó anteriormente en la tabla #1, el proceso de impresión flexográfica o flexografía es un campo específico de la conversión de materiales, especialmente aplicado en la fabricación de empaques flexibles. Es un método de impresión rotativo directo que utiliza planchas de impresión blandas (Clisés), con la imagen en relieve que van adheridas sobre un cilindro de desarrollo variable (Mangas), las cuales mediante un rodillo grabado (ánilox), se impregnan de tinta y transfieren la imagen al sustrato. Cada uno de los colores de tinta tiene un sistema independiente de aplicación, y opera mediante una secuencia organizada desde el diseño del producto.

A continuación se presenta un esquema del funcionamiento de un sistema de impresión flexográfica.

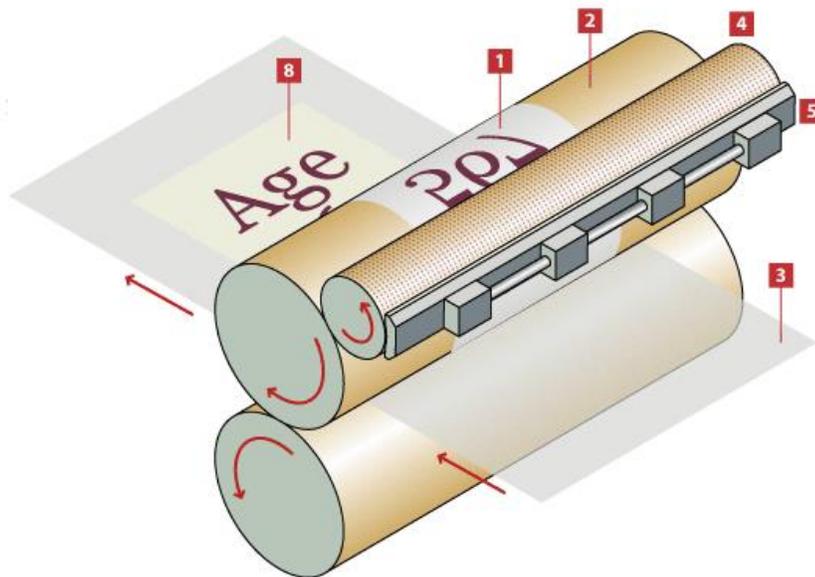


Figura 6. Esquema de un sistema de Impresión Flexográfica.

[<http://gusgsm.com/flexografia> - consultado 23 de Octubre de 2013]

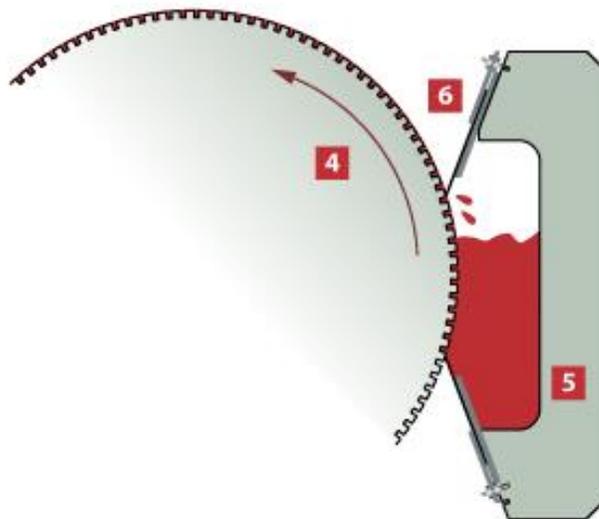


Figura 7. Esquema de la unidad de tinta en un sistema de impresión Flexográfica.

[<http://gusgsm.com/flexografia> - consultado 23 de Octubre de 2013]

El clisé (1) tiene la imagen que se desea imprimir, el cual es adherido al porta clisé o manga (2) mediante el uso de cintas acolchadas especialmente diseñadas para esta aplicación. La rotación de este cilindro, hace que la imagen se imprima continuamente en el sustrato (3).

La transferencia de tinta se efectúa indirectamente hacia los clisés, mediante el uso de un rodillo grabado llamado ániox (4), el cual se impregna de tinta en la cámara (5) y los excesos de tinta son retirados mediante unas cuchillas o rasquetas (6).

La máquina funciona con un sistema de tambor central; es decir, un rodillo de gran diámetro en el cual se soporta el sustrato durante la impresión. Este rodillo, tiene distribuido las diferentes unidades de tinta a lo largo de su perímetro.

- Clisés o planchas Flexográficas:

Así se denomina a las planchas de impresión blandas. Son láminas de fotopolímero que se graban mediante un proceso de fotograbado en el cual queda en relieve la figura a imprimir y que al ubicarse en la máquina impresora actúan como un sello para la tinta asignada. Cada uno de los colores tiene un clisé y un diseño diferente en el relieve, lo que permite que la figura se vaya estampando a medida que cada una de las tintas impregne la película.

El proceso de Fotograbado tiene su origen en los archivos del diseño, allí están plasmados los relieves asignados en cada color, este es un proceso que se llama separación del color. Estos archivos son revisados individualmente y a partir de ellos se imprimen unos negativos, como los utilizados en fotografía. Cada negativo es adherido a un fotopolímero que posteriormente es expuesto a una alta carga de luz UV, el efecto generado por la radiación es un endurecimiento de las zonas del polímero expuestas a la luz; es decir, las zonas endurecidas serán los puntos que posteriormente generarán la impresión y lo demás es despojado del sustrato.

Después de la exposición por 15 minutos de cada fotopolímero, se pasa por una máquina de limpieza; esta máquina realiza un lavado de los clisés con solvente a presión para retirar los puntos blandos en el fotopolímero. Luego se ingresa a un horno para el secado y evaporación del solvente residual.

La etapa final consiste en la revisión y el corte de los fotopolímeros, allí se verifica que la definición del clisé sea la adecuada y se elimina el fotopolímero excedente de los bordes. El proceso total de grabado de clisés tiene una duración de 3 horas, 2 horas se usan en el proceso fotográfico, grabado del fotopolímero y polimerización inicial; sin embargo, hay que tener en cuenta un periodo de reposo adicional en el cual el clisé no puede ser utilizado para garantizar su durabilidad dado que el proceso de polimerización continúa por una hora más.



Figura 8. Esquema para el grabado de clisés.

- Mangas o cilindros porta clisés:

Es aquel cilindro de la máquina flexográfica donde se adhieren las planchas (o clisés) y que determina la longitud o desarrollo de la impresión. Al tratarse de un sistema rotativo, la imagen se repite periódicamente y la distancia entre repeticiones está asociada netamente con la manga utilizada. Esta distancia corresponde al perímetro del cilindro el cual se denomina desarrollo. Debido a la gran cantidad de diseños y clientes, las empresas manejan un amplio portafolio de mangas con las cuales pueden imprimir cualquier longitud solicitada para el empaque dentro de los límites asociados a la máquina.

Como las mangas presentan diferentes diámetros, es necesario utilizar unos adaptadores para ajustar el eje de la máquina al tamaño del desarrollo. Dentro de este proyecto, estos adaptadores hacen parte de lo que se denomina manga.

- Acolchado o cinta:

Debido a la gran cantidad de diseños por imprimir y considerando el número limitado de mangas disponibles, es necesario intercambiar las planchas para imprimir uno u otro diseño. Por lo tanto es necesario recurrir a una cinta compresible de dos caras para adherir temporalmente los clisés sobre la manga.

Este insumo acolchado dispone de una o varias capas de material de espuma y un adhesivo lo suficientemente resistente para soportar las exigencias del proceso. Sin embargo, la cinta no puede adherir de manera definitiva el diseño al rodillo, ya que posteriormente deben retirarse los clisés nuevamente para reutilizar las mangas. El proceso de retirar los clisés es una tarea muy delicada pues si se realiza un procedimiento inadecuado, puede resultar en un daño o rotura de los clisés.

- Ánilox:

Los ánilox son rodillos o cilindros utilizados para la regulación de la cantidad de tinta transferida a los clisés. Se encuentran grabados superficialmente con micro perforaciones de dimensiones y profundidades diferentes dependiendo de los volúmenes de tinta requeridos en cada impresión. Como se mencionaba anteriormente, la flexografía es una impresión indirecta y el ánilox es un intermediario para la transferencia de tinta hacia la película. Esta es una pieza clave para la obtención de diferentes tonalidades en el diseño y el control de la tinta aplicada; así mismo, es una de las piezas más delicadas del proceso, pues su deterioro puede ocasionar defectos de calidad en la impresión y fallas en el control de la aplicación de tinta.

Todos los componentes de la flexografía son delicados; sin embargo, la superficie de los ánilox se deteriora fácilmente por golpes en la manipulación o almacenamiento de los mismos. Ante un golpe, las micro perforaciones son afectadas fomentando la acumulación y generando un suministro inadecuado de tinta lo cual origina manchas en la impresión. Otro de los aspectos que puede afectar la calidad de la impresión está relacionado con una mala limpieza de los ánilox, pues cuando las cavidades se encuentran sucias, no suministrarán la tinta esperada. Para evitar esta situación, las empresas de flexografía cuentan con un sistema de lavado automático que puede ser de solvente a presión o láser, pero por el costo que implica el uso de este sistema, los ánilox solo son sometidos a este lavado cuando es evidente su deterioro o de acuerdo a una programación establecida; de

lo contrario solamente se realiza un lavado periódico directamente con el sistema de circulación de solvente disponible en la máquina.

Los ániox son clasificados por su lineatura, lo cual determina la cantidad de celdas o micro perforaciones por pulgada lineal. La cantidad de celdas grabadas en el ániox determina la capacidad volumétrica para entregar tinta, donde la unidad de medida utilizada es BCM (Billones de Micrones Cúbicos). La empresa objeto de estudio cuenta con un amplio rango de ániox disponibles que van desde las 160 hasta las 1000 líneas y la especificación de este parámetro se realiza desde el área de diseño.

- Unidades de Tinta o Tinteros:

Son los dispositivos de la impresora flexográfica sobre los que gira el rodillo ániox. Son cámaras herméticas llenas de tinta cuya función es impregnar el ániox para la transferencia de tinta. En ocasiones ésta expresión se utiliza para indicar todo el conjunto o sistema de tinta. Ver figura 7.

Estas unidades están compuestas por varias piezas intercambiables, las cuales son armadas y limpiadas en cada producción. La cámara de tinta se mantiene llena mediante el bombeo de tintas desde un pequeño tanque de almacenamiento ubicado al lado de la máquina y cada una de las tintas tiene un sistema independiente, tanto de bombeo como de suministro de tinta.

- Rasqueta o cuchilla:

La rasqueta es un elemento del sistema de entintado de una máquina flexográfica que se encarga de eliminar el exceso de tinta de la superficie del cilindro ániox. También es denominada como cuchilla, puesto que es una lámina metálica cuyo filo tiene la función de raspar los excesos de tinta del ániox, dejando solamente la cantidad de tinta requerida en el diseño. Esta es una pieza que debe ser remplazada permanentemente pues su roce con el ániox genera un desgaste en los bordes y afecta su funcionalidad. Cuando esta pieza no está fijada adecuadamente o presenta desgaste, puede generar múltiples problemas de calidad en la impresión por exceso de tinta. Las rasquetas son renovadas para cada pedido, sin embargo en la producción de grandes lotes es necesario vigilar permanentemente el desgaste en el borde de las cuchillas, pues cuando su función está deteriorada puede

generar manchas o embotamientos (manchas muy pequeñas que pueden generar el efecto de suciedad) en la impresión.

- Sustrato o Película

Es la lámina flexible sobre la cual se realiza la impresión. Como se explica en la sección inicial del marco teórico, son películas plásticas obtenidas a través de un proceso de extrusión y que se ingresan a la máquina como rollos de gran tamaño.

El tamaño de los sustratos está limitado por la capacidad de la máquina impresora, pues dependiendo del modelo se establece el límite de ancho y peso para los rollos de película. La empresa en estudio cuenta con máquinas cuya capacidad máxima en el ancho del sustrato es de 1300 mm y no hay límite inferior, sin embargo las medidas en su mayoría superan los 1000 mm. Así mismo, los sustratos y en general el sistema de impresión, se diseñan para que al mismo tiempo se vayan imprimiendo múltiples repeticiones del diseño, es decir, varias pistas de impresión. Esto significa que durante el proceso de corte se obtienen 3 o 4 rollos de producto terminado a partir de un único rollo impreso, estrategia que es utilizada para mejorar la productividad del proceso.

- Tambor Central

Éste cilindro de gran diámetro es el núcleo o el corazón de la máquina impresora y es el que sirve como apoyo al sustrato para realizar la impresión. Se encuentra rodeado por las unidades de tinta y tiene una superficie perfectamente lisa en la cual se ejerce la presión de los clisés sobre la película. Cualquier Imperfección en la superficie del mismo se reproduce en la impresión, por lo cual es tan sensible a cualquier imperfección. En la siguiente figura se presenta un esquema de la configuración de una máquina impresora de Tambor central.

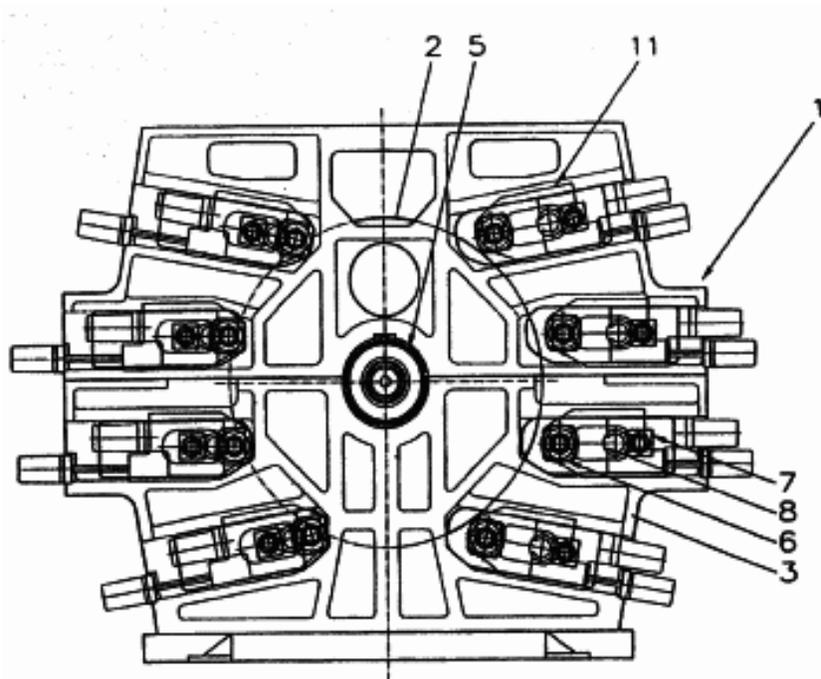


Figura 9. Representación de la unidad de Impresión de una máquina impresora de tambor central. [<http://patentados.com/invento/maquina-rotativa-de-impresion-flexografica-de-multiples-colores.html> - consultado 23 de octubre de 2013]

En ella se observan 8 unidades de tinta alrededor de una circunferencia de gran tamaño que representa el tambor central (numeral 2). Cada unidad tiene un color de tinta y un funcionamiento independiente. Las máquinas con esta tecnología pueden operar hasta con 10 unidades de tinta. La empresa solamente cuenta con máquinas hasta 8 colores.

Partiendo del esquema ofrecido por la figura 9, se pueden resaltar otros elementos de la máquina que ya han sido descritos o mencionados anteriormente y que vistos a través de esta figura pueden dar una visión más clara del sistema representado. El numeral 6 corresponde a lo que denominamos mangas o cilindros porta clisés y es el elemento que tiene mayor proximidad al tambor central pues solo es interferido por el sustrato de impresión. El siguiente elemento en el sistema está representado por el numeral 8 y hace referencia al ánulo, quién es el encargado de transferir la tinta desde las unidades o tinteros (numeral 7) hacia el clisé adherido a la manga. Los demás elementos constituyen partes estructurales de la máquina que no intervienen en el desarrollo de este proyecto.

- Palanganas

Así se denomina el área funcional de servicios de limpieza y pre alistamiento de los elementos de la máquina impresora. Es el área responsable de suministrar los implementos (tinteros, rasquetas, ollas de tinta, etc.) para la fabricación de nuevos pedidos. Al finalizar un pedido, todos los implementos impregnados con tinta son retirados y trasladados a la zona de palanganas en la cual se realiza una limpieza con solvente de todas las piezas. Posteriormente estas mismas piezas se ensamblan nuevamente y quedan disponibles para una nueva producción. La empresa de estudio cuenta con múltiples juegos de tinteros, rasquetas, ollas y demás implementos para no retrasar la producción por falta de materiales limpios, ya que el acondicionamiento y limpieza de las partes es un procedimiento que puede tomar algunas horas. Cabe señalar que todos los implementos utilizados en esta área son de acero inoxidable.

El proceso de limpieza se realiza de forma manual. Todas las piezas son sumergidas en unos tanques de solvente en los cuales se desensamblan y mediante el uso de cepillos se eliminan los residuos de tinta de las superficies. El solvente sucio generado después de la limpieza es trasladado a un equipo de destilación simple en el cual se recupera un alto porcentaje del solvente y se obtienen unos lodos de las tintas residuales. Este equipo recupera aproximadamente el 70% del solvente utilizado para la limpieza. Los lodos se disponen como residuos peligrosos a través de una empresa gestora contratista y el solvente recuperado es utilizado nuevamente para el proceso de lavado.

- Montaje

El área de montaje es un proveedor interno del proceso de impresión y su función es organizar y pre alistar los clisés en sus respectivas mangas y con el registro o alineación adecuada para ser utilizados en la máquina Impresora. Pese a ser un área operativa diferente, su programación depende plenamente del área de impresión, pues siempre debe estar un paso por delante de la programación determinada para impresión.

El proceso de montaje utiliza una máquina especializada que ayuda al operario a alinear los clisés con las mangas, sin embargo, el alistamiento de una manga puede tomar aproximadamente 20 minutos, y esta es la razón por la cual el área debe conocer con anterioridad los materiales que entrarán a producción. Considerando que la mayoría de los

materiales impresos cuentan con 8 colores en su diseño, el tiempo promedio contemplado para realizar un alistamiento es de 2 horas y media aproximadamente.

- Sentido de la Impresión (cara – Dorso)

Esta es una variable del proceso que hace referencia al lado de la película que recibe las tintas. Este es un factor importante en la generación de los tiempos improductivos, porque realizar un cambio en el sentido de la impresión implica necesariamente el cambio en la configuración o enhebrado de la máquina. Es decir, cambia la ruta por donde pasa la película al momento de ser impresa, y puede entrar en contacto con otros rodillos o entrar de manera diferente al embobinador de la máquina.

Los sustratos que ingresarán al proceso de impresión siempre deben tener una de las superficies apta para recibir las tintas. Esta es una característica de la película de polímero que se obtiene en la etapa de extrusión mediante la aplicación de una alta carga eléctrica en uno de los lados de la película, esta es una práctica denominada *Tratamiento Corona*. Generalmente la aplicación de la carga se realiza sobre la capa externa del producto final, lo cual se denomina “tratamiento por cara”. La gran mayoría de productos en el mercado de los empaques para alimentos requiere la impresión por la capa externa del producto es decir “impresión por la cara”; sin embargo, hay una serie de productos con aplicaciones especiales donde la impresión se realiza por la cara opuesta “impresión por el dorso”. Cabe aclarar que todas las películas utilizadas para impresión tienen una sola cara tratada, lo cual implica que el cambio se realiza solamente en el enhebrado de la máquina; es decir, la ruta por donde pasa la película y entra en contacto con las mangas. El proceso adicional se encuentra en el cuadro de la máquina, ya que el sustrato para las dos configuraciones puede ser el mismo. Dentro del portafolio de productos ofrecido por la empresa estudiada, cerca de un 30% de productos son impresos por dorso.

1.3 Manufactura Esbelta y SMED

La filosofía de manufactura esbelta o conocida en inglés como *LEAN MANUFACTURING*, es una compilación de herramientas para optimizar los procesos productivos en las industrias. Sus principios están basados en la implementación de procedimientos y actividades para la reducción de desperdicios e inventarios [Arrieta 2011].

Las herramientas principales de la manufactura esbelta y sus respectivos enfoques se presentan a continuación [Hicks 2010] [Arrieta 2011]:

- JIT (Just in Time): Es una metodología cuyo enfoque es la reducción de inventarios por Stock, produciendo de acuerdo a los requerimientos del mercado.
- Jidoka: Es una herramienta basada en la excelencia en la calidad y pretende obtener la calidad en la fuente o generar mecanismos de alerta para que la producción no se realice con fallas en el proceso.
- TPM (Total Productive Maintenance): Se enfoca en la prevención del deterioro y la reducción del mantenimiento en las máquinas, incluyendo entre sus objetivos cero errores, cero accidentalidad y cero pérdidas.
- 5's (Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke): Es una metodología para obtener y mantener los puestos de trabajo limpios y ordenados con las herramientas estrictamente necesarias para desempeñar las labores.
- SMED (Single Minute Exchange to Die): Mejoramiento de los procesos de cambio en las máquinas.
- POKA YOKE: Son herramientas diseñadas a prueba de fallos que pretenden eliminar los riesgos de error por el factor humano.
- Seis Sigma: Es una estrategia de administración desarrollada originalmente por Motorola para la identificación y eliminación de los causales de error en los procesos de manufactura.

En el diagrama correspondiente a la figura # 10 se puede evidenciar la interrelación de las diferentes herramientas en la filosofía de manufactura esbelta. Allí se presentan las diferentes herramientas organizadas de acuerdo a su aporte en las organizaciones. En la parte central se presentan los tres grandes pilares considerados en la optimización de

procesos (Eficiencia, flexibilidad y calidad) y a medida que se va ampliando el círculo se van incluyendo más detalles como son las metodologías y herramientas asociadas a dichos factores.

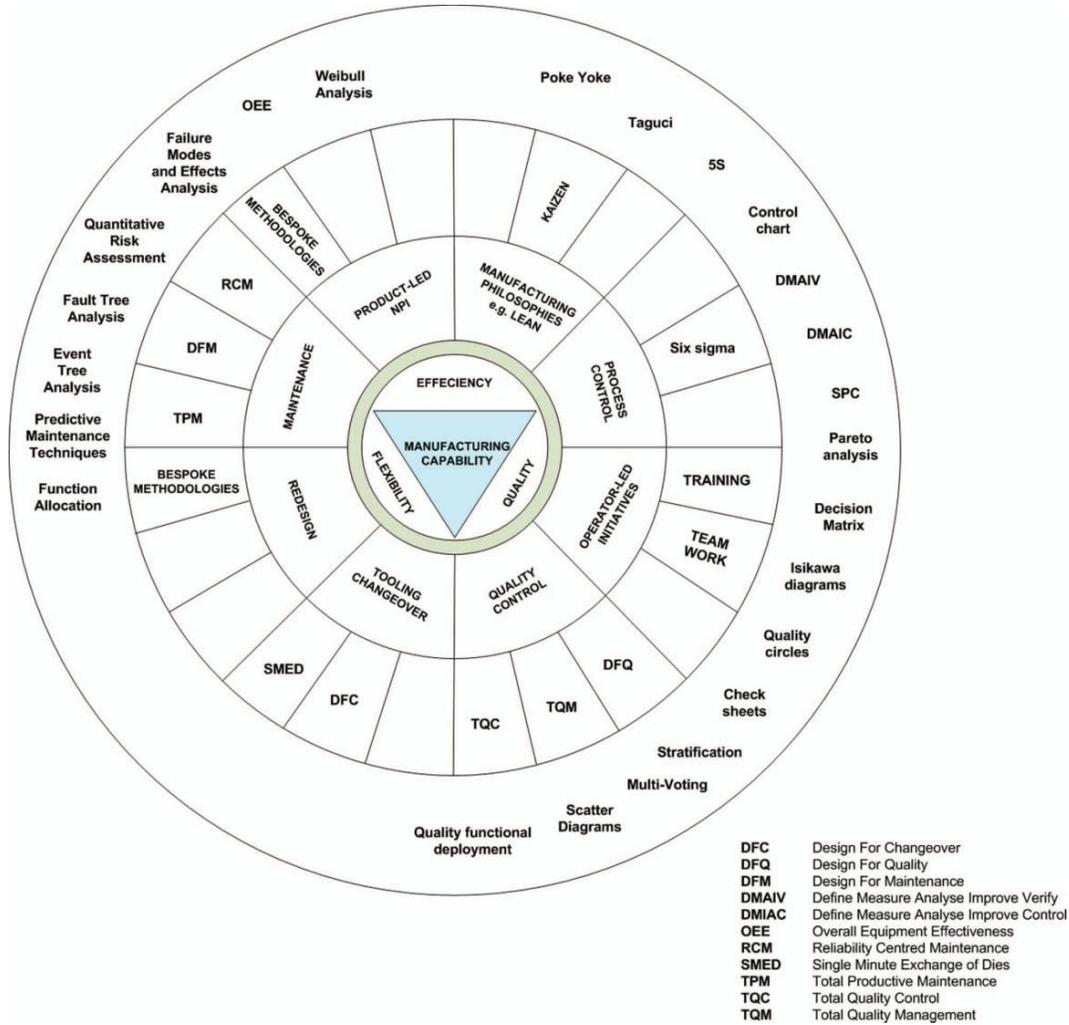


Figura 10. Esquema de representación de la filosofía de manufactura esbelta [Hicks 2010]

La metodología SMED está diseñada para la optimización de los tiempos de fabricación de un producto mediante la reducción de los tiempos de cambio en las máquinas, optimizando así los recursos en la producción. Usando esta metodología el Ingeniero Shigeo Shingo logró reducir los tiempos de cambio en Toyota de 3 horas a 15 minutos para 1962 y en 1971 se manejaba un promedio de 3 minutos.[King 2009].

Los tiempos de cambio prolongados representan un problema para las industrias con múltiples productos y capacidad limitada en maquinaria, por lo que el uso de dicha metodología representa un gran beneficio en la reducción de costos en la producción, aumento en la velocidad de fabricación, aumento de la competitividad y rentabilidad, entre otros [Allahverdi 2008].

SMED introduce los siguientes conceptos [Ulutas 2011]:

- Cambios Internos: Son aquellas actividades que solo se pueden llevar a cabo con la máquina detenida.
- Cambios Externos: Son aquellas actividades que se pueden efectuar con la máquina en funcionamiento.

Estos conceptos son aplicados de acuerdo a las siguientes etapas [Ulutas 2011]:

- Etapa Cero: Las actividades de cambios externos e internos no son diferenciadas. Es el estado actual del proceso y la línea base para el análisis.
- Etapa 1: Diferenciación entre las actividades de cambio internas y externas. Allí se realiza la clasificación de las actividades de acuerdo a la operación actual.
- Etapa 2: Conversión de las actividades de cambio internas a actividades de cambio externas. Se realiza un análisis sobre aquellas actividades internas que pueden ser ejecutadas durante el funcionamiento de la máquina para convertirlas en actividades de cambio externas.
- Etapa 3: Racionalización de los aspectos involucrados en la operación de cambio. Esta etapa puede incluir la simplificación de las actividades de cambio internas o la ejecución paralela de las mismas.

En la siguiente figura se representan las etapas asociadas con la metodología:

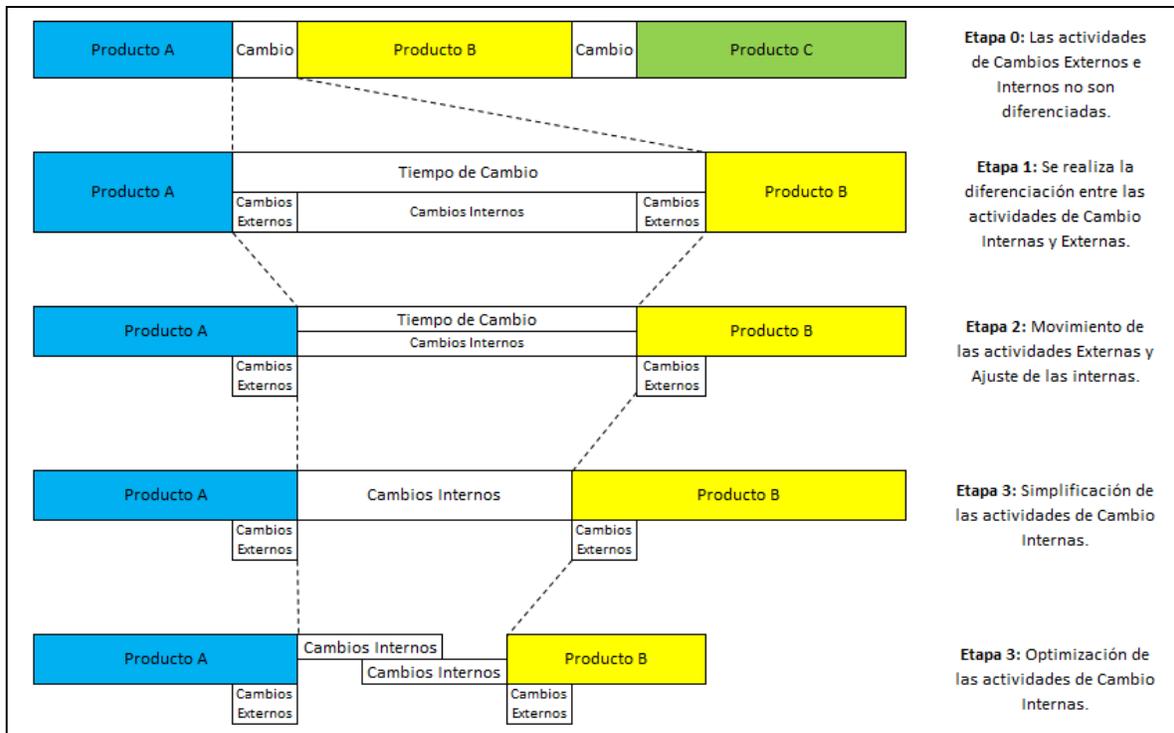


Figura 11. Representación de las etapas de la Metodología SMED. [Adaptado por el autor de King 2009]

Se utiliza una representación de barras para indicar los tiempos, los cuales se van discriminando y organizando de acuerdo con la descripción de las etapas anteriormente enunciadas.

2.Línea Base del Proceso de Mejoramiento

2.1 Aspectos Metodológicos

La empresa de estudio cuenta con 4 máquinas impresoras con tecnología Alemana de última generación y más de 50 personas en las distintas áreas involucradas para cubrir la operación de los 3 turnos. El organigrama del área incluye el cargo de un director del proceso, jefatura de cada área (diseño, impresión, montajes y tintas), ingenieros de proceso, supervisores de turno, operarios y ayudantes. El área de palanganas hace parte de esta misma dirección y el personal operativo es coordinado por el jefe de impresión.

El proceso productivo de la empresa en estudio cuenta con la particularidad de realizar el corte del material en la máquina impresora. Es decir, realiza la unificación de los procesos de impresión y corte, mejorando así la productividad y reduciendo los tiempos de entrega al cliente. En el proceso productivo este corte en línea se puede representar de la siguiente manera:

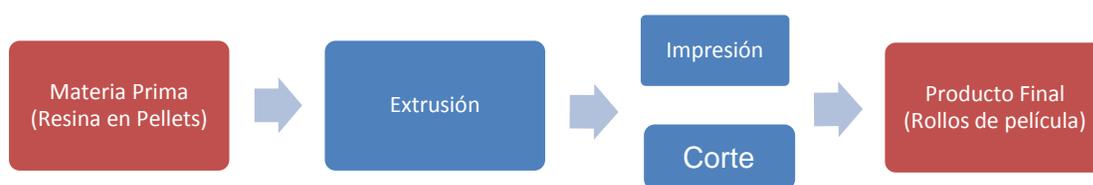


Figura 12. Esquema del corte en línea. Caso especial en la empresa de estudio.

Éste es el esquema para el gran volumen de productos fabricados en la compañía de estudio, lo cual corresponde a película en rollos para empaque de alimentos (arroz, leche, agua, etc.), y que son utilizados en máquinas de llenado automático.

Otro aspecto a considerar es la relación con otras áreas tanto productivas como administrativas de la empresa. En el siguiente esquema se presentan los proveedores del área de impresión, tanto de información y servicios como de materiales. Este esquema sirve como guía para la asignación de los motivos asociados a los reportes de tiempo improductivo.

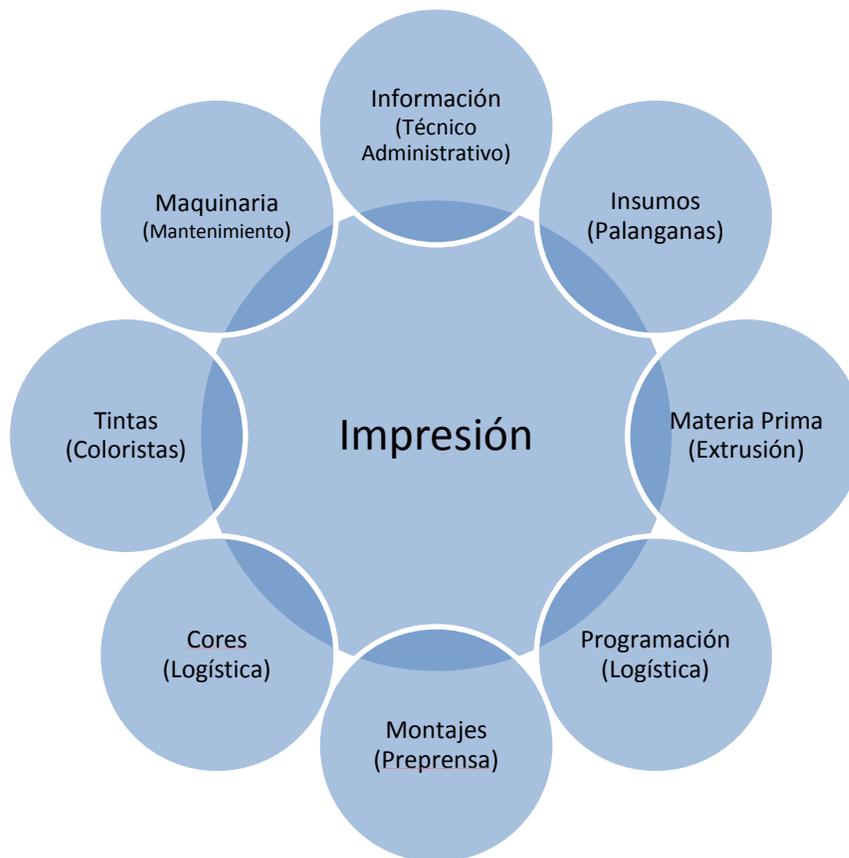


Figura 13. Proveedores internos del área de impresión.

2.2 Línea Base

El análisis de línea base se realizó con la información disponible al momento de iniciar el proyecto, y se refiere a los reportes de tiempos improductivos en los meses de Enero a Septiembre de 2012. Durante este periodo de tiempo, la empresa en estudio contaba con un sistema manual para el registro de tiempos improductivos, es decir, los tiempos eran registrados en un formato y diariamente una persona se encargaba de ingresar la

información al sistema mediante un proceso manual. Así mismo, cabe resaltar que para el momento de la entrega de este documento, se realizó una validación de los reportes correspondientes a los meses de mayo a julio del 2015, información que será introducida oportunamente durante el desarrollo del análisis.

La información inicial para el análisis del proyecto se obtuvo con la colaboración de la persona encargada de ingresar los datos al sistema y mediante la descarga de los reportes mensuales en los cuales se incluye la siguiente información:

- Fecha: Año, mes y día del tiempo reportado.
- Máquina: Las máquinas están identificadas mediante una numeración. Las que se encuentran activas actualmente son MQ09 – MQ11 – MQ12 – MQ14 y el reporte indica en cual máquina se atribuye este tiempo.
- Pedido: Es un consecutivo asignado a cada lote de producción. A partir del pedido se puede determinar el tamaño del lote, pero para esta información se tuvo que revisar puntualmente cada caso, pues el reporte no lo incluye.
- Motivo Parada: Corresponde a una numeración asignada a cada motivo de parada.
- Descripción del Motivo: Describe en un texto breve la causa de la parada.
- Observaciones: Detalles asociados con cada parada.
- Tiempo de Parada: Corresponde a los minutos durante los cuales la máquina no está produciendo.
- Responsable: Hace referencia a las áreas funcionales donde se atribuye la causa de la parada. Las áreas asociadas son: Producción, Logística, Diseño, Proveedor, Mantenimiento, Prerensa (montajes), Técnica o Tintas.

A continuación se presentan los motivos incluidos oficialmente al reporte de tiempos improductivos, cada uno de ellos está asociado a un responsable considerando las áreas encargadas de atender dicho imprevisto o irregularidad:

| Descripción Motivo | Responsable |
|---------------------------|-----------------------|
| Material Defectuoso | Extrusión - Proveedor |
| Falta de Pedidos | Logística |
| Espera por Definir | Logística |
| Cierre de Turno | Logística |
| Core Colapsado | Logística |

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Suspender Cuadre | Logística |
| Error en la Programación | Logística |
| Daño Mecánico | Mantenimiento |
| Espera de Intervención Mantenimiento | Mantenimiento |
| Corte de Energía | Mantenimiento |
| Daño Eléctrico | Mantenimiento |
| Daño Embobinador y desembobinador | Mantenimiento |
| Falta de Aire Comprimido | Mantenimiento |
| Fallas de Montajes | Preprensa |
| Desregistro por montajes | Preprensa |
| Espera de Montajes Preprensa | Preprensa |
| Colocar lotes | Preprensa |
| Daño en Clisés por Montajes | Preprensa |
| Suspender por Error | Preprensa |
| Cuadre por Cambio de Pedido | Producción |
| Limpieza de clisés | Producción |
| Quitar Manchas | Producción |
| Cambio Rollo Madre | Producción |
| Tiempo No Reportado | Producción |
| Cambio de ániox o tintero | Producción |
| Limpieza de Tambor Central | Producción |
| Espera de Insumos | Producción |
| Cambio de cuchillas | Producción |
| Enredo de Película o Refile | Producción |
| Falta de Operario | Producción |
| enhebrado de máquina | Producción |
| Alistamiento de máquina | Producción |
| Exceso en el Cuadre | Producción |
| Defectos de Impresión | Producción |
| Relacar Material | Producción |
| Cambio de Insumos | Producción |
| Daño en Clisés en Máquina | Producción |
| Espera por Lavado de Insumos | Producción |
| Desfase de Horómetro | Producción |
| Espera por Aprobación | Técnico - Administrativo |
| Ensayos o muestras | Técnico - Administrativo |
| Espera por Autorización de Materiales | Técnico - Administrativo |
| Ajuste de Tonos | Tintas |
| Espera Tintas | Tintas |
| Lavado y Cambio de Tinta | Tintas |

Tabla 2. Motivos asociados a los tiempos improductivos del área de impresión en la empresa de estudio

Cada motivo está asociado a una de las áreas, considerando que la responsabilidad de cada una de ellas es:

Extrusión – Proveedor: Suministrar materiales de buena calidad para ser ingresadas al proceso de impresión.

Logística: Definir con claridad la programación de la producción para cada una de las máquinas impresoras y garantizar que haya disponibilidad de todos los materiales requeridos para fabricar los pedidos.

Mantenimiento: Garantizar el buen funcionamiento de las máquinas y el buen estado de las herramientas utilizadas para la fabricación de los materiales. Así mismo, esta es el área encargada de garantizar el suministro de los servicios requeridos para el funcionamiento de las máquinas.

Preprensa: Suministrar los diseños y los montajes como insumo para ser utilizados durante la producción.

Producción: Operar la maquinaria y garantizar el cumplimiento del programa establecido por el área logística. El área de palanganas es una sección perteneciente a Impresión que se encarga del suministro y la limpieza de los insumos.

Técnico - Administrativo: Suministrar las especificaciones de los materiales de una manera clara y precisa para la fabricación del producto establecido.

Tintas: Realizar los ajustes necesarios en las tintas para lograr las tonalidades requeridas en el diseño.

Al momento de realizar el cambio en el sistema de información de la empresa, se generó una nueva clasificación para los motivos causales del tiempo improductivo del área. Esto genera una diferencia en la estructura de los reportes obtenidos entre el 2012 y el 2015, sin embargo, como se podrá observar en la siguiente tabla, se trata de una reforma de la información que principalmente reagrupa la clasificación ya presentada.

| Motivos 2015 | Motivos 2012 | Responsable |
|-------------------------------|--|-----------------------------|
| Cambio de Pedido | Cuadre por Cambio de Pedido | Producción |
| | Alistamiento de máquina | Producción |
| | Exceso en el Cuadre | Producción |
| | Lavado y Cambio de Tinta | Tintas |
| | Enhebrado de máquina | Producción |
| Ajuste Tonos Colores | Ajuste de Tonos | Tintas |
| Cambio de Componentes | Cambio de ániox o tintero | Producción |
| | Cambio Rollo Madre | Producción |
| | Cambio de cuchillas | Producción |
| | Cambio de Insumos | Producción |
| | Daño en Clisés en Máquina | Producción |
| Corte de Energía | Corte de Energía | Mantenimiento |
| Defectos de Calidad | Defectos de Impresión | Producción |
| Desarrollo Productos | Ensayos o muestras | Técnico - Administrativo |
| Error en la Programación | Error en la Programación | Logística |
| | Espera por Definir | Logística |
| | Falta de Pedidos | Logística |
| | Suspender Cuadre | Logística |
| Especificaciones | | |
| Espera Aprobación Calidad | Espera por Autorización de Materiales | Técnico - Administrativo |
| Fallo Eléctrico | Daño Eléctrico | Mantenimiento |
| Fallo Electrónico | | |
| Fallo Mecánico | Daño Mecánico | Mantenimiento |
| | Daño Embobinador y desembobinador | Mantenimiento |
| | Espera de Intervención Mantenimiento | Mantenimiento |
| Fallo Servicios Aire Agua Gas | Falta de Aire Comprimido | Mantenimiento |
| Falta de Colores / Tintas | Espera Tintas | Tintas |
| Falta de Operario | Falta de Operario | Producción |
| Falta Insumos / Herramientas | Espera de Insumos | Producción |
| | Espera por Lavado de Insumos | Producción |
| Falta Montaje | Espera de Montajes Prepresa | Prepresa |
| Limpieza | Limpieza de clisés | Producción |
| | Quitar Manchas | Producción |
| | Limpieza de Tambor Central | Producción |
| Materiales Defectuosos | Material Defectuoso | Extrusión - Proveedor |
| | Core Colapsado | Logística |
| | Enredo de Película o Refile | Producción |
| Materiales No Disponibles | | |

| | | |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Montaje Defectuoso / Corrección | Fallas de Montajes | Preprensa |
| | Desregistro por montajes | Preprensa |
| | Daño en Clisés por Montajes | Preprensa |
| | Suspender por Error | Preprensa |
| Operario No Reporta | Tiempo No Reportado | Producción |
| Parada Administrativa | Espera por Aprobación | Técnico - Administrativo |

Tabla 3. Clasificación de motivos 2015 Vs Clasificación 2012.

Así mismo, esta nueva clasificación, promovió la inutilización de unos motivos cuya existencia estaba asociada a la forma como se recopilaba la información en el sistema anterior. Debido a que el sistema actual contempla una captura automática de los tiempos de producción, los siguientes motivos ya no se contemplan en los reportes del 2015.

| Descripción Motivo | Responsable |
|----------------------|-------------|
| Cierre de Turno | Logística |
| Colocar lotes | Preprensa |
| Relacar Material | Producción |
| Desfase de Horómetro | Producción |

Tabla 4. Motivos no contemplados en la clasificación 2015.

Tiempos improductivos:

Para iniciar el análisis de tiempos improductivos en el área, se realizó el cálculo del tiempo disponible en las máquinas impresoras. Para realizar éste cálculo se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones o definiciones:

- Las semanas calendario totales son el número de semanas incluidas en el análisis.
- Los días calendario totales corresponden al número de semanas calendario totales por los 7 días de la semana. Este valor es un dato en bruto, es decir, sin ningún tipo de descuento por días festivos o no trabajados.
- Para este caso, el tiempo improductivo se considera desde el momento cuando se dispone de todos los recursos para la fabricación. Cabe señalar que el personal disponible en el área solo permite cubrir 3 turnos durante 6 días (de lunes a sábado). No se cuenta con personal disponible para cubrir los descansos de los trabajadores, por lo cual, el día domingo se realiza un paro programado en el área con la intención de otorgar el descanso al personal operativo y realizar el cambio de turno.

- Los minutos reportados en “paro por día festivo” y “máquina en mantenimiento” fueron las cifras obtenidas del reporte y que corresponden a los descansos dominicales y mantenimientos programados con anticipación (un día al mes para cada máquina). Este tiempo posteriormente es descontado del tiempo disponible pues no debe ser considerado como un tiempo improductivo sino como unos minutos de suspensión consciente y necesaria en la producción. Con ésta información de los minutos no trabajados por máquina se calcula el número de horas reportadas dividiendo el valor por 60 minutos. Así mismo, con este valor de horas por máquina se calcula el número de días no disponibles dividiendo por 24 las horas obtenidas en el cálculo anterior.
- Los días disponibles son un valor neto, en el cual se descuentan los días No disponibles por máquina de los días totales calendario. Este es el dato real para el tiempo disponible, pues ya se eliminó la desviación que pueda originar las paradas programadas de máquina
- Los minutos totales disponibles en el área constituyen el dato fundamental para establecer el porcentaje de tiempo improductivo total del área, pues es la base para calcular el porcentaje.

A continuación se presenta la información y los resultados de los cálculos descritos en el párrafo anterior asociados con el tiempo disponible e improductivo por máquina:

| | MQ 09 | MQ 11 | MQ 12 | MQ 14 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minutos Calendario | 393.120 | 393.120 | 393.120 | 393.120 |
| Días Calendario | 273 | 273 | 273 | 273 |
| Minutos Reportados en "Paro por día Festivo" | 54.494 | 51.131 | 51.862 | 49.566 |
| Minutos Reportados en "Máquina en Mantenimiento" | 7.566 | 7.629 | 7.148 | 6.614 |
| Total Minutos Disponibles | 331.060 | 334.360 | 334.110 | 336.940 |
| Total Días Disponibles | 230 | 232 | 232 | 234 |
| % de Tiempo Disponible/ Tiempo Calendario | 84% | 85% | 85% | 86% |
| Minutos de Tiempo Improductivo | 177.199 | 152.925 | 179.295 | 156.788 |
| Días de Tiempo Improductivo | 123 | 106 | 125 | 109 |
| % de Tiempo Improductivo | 54% | 46% | 54% | 47% |

Tabla 5. Reporte de tiempos disponibles e improductivos por máquina.

Con esta cifra obtenida sabemos que el tiempo disponible de la máquina y que constituye la base de análisis para este proyecto, se reduce en un 15% sobre el inicial de 9 meses. El haber descontado este tiempo del análisis global nos permite eliminar la desviación obtenida por estos factores que como tal no están asociados a ineficiencias en el proceso productivo, sino a un factor consciente y necesario de paro autorizado por la misma organización. En realidad el objetivo del análisis es evaluar aquellos factores que están representando una pérdida de tiempo en el momento donde está programada la producción, pues allí es donde se cuenta con todos los recursos necesarios para que las operaciones se lleven a cabo. Como se mencionaba anteriormente, los recursos de personal están limitados a 6 días a la semana, por lo que el área logística planea la operación y realiza las proyecciones de acuerdo a este factor limitante.

Si consideramos los reportes generados en el 2015 se obtiene la siguiente información de los tiempos improductivos totales del área:

| | MQ 09 | MQ 12 | MQ 14 | MQ 11 |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Horas Calendario | 2208 | 2208 | 2208 | 2208 |
| Días Calendario | 92 | 92 | 92 | 92 |
| Horas Disponibles | 1556 | 1778 | 1704 | 1763 |
| Días Disponibles | 65 | 74 | 71 | 73 |
| % Tiempo No Disponible | 30% | 19% | 23% | 20% |
| Horas Tiempo Improductivo | 557,1 | 767,8 | 500,0 | 547,5 |
| Días Tiempo Improductivo | 23 | 32 | 21 | 23 |
| % Tiempo Improductivo | 36% | 43% | 29% | 31% |

Tabla 6. Reporte de tiempo disponible e improductivo por máquina en el 2015

En la tabla No. 6 se evidencia una reducción de los tiempos improductivos por máquina para el periodo de Mayo a Julio de 2015 frente a la información obtenida de Enero a Septiembre de 2012. Esta situación está motivada por los siguientes aspectos:

- ✓ Implementación de un nuevo sistema de información con captura automática de los tiempos de producción.
- ✓ Avance en la implementación de la metodología 5 s' en el área de impresión.
- ✓ Maduración de la tecnología CMYK en los procesos de diseño.
- ✓ Rotación de personal en cargos operativos y administrativos.

- ✓ Implementación de un programa de estandarización de condiciones de proceso, para mejorar las velocidades de producción en ciertos materiales.
- ✓ Capacitación permanente en el uso de las herramientas tecnológicas ofrecidas por las máquinas impresoras.
- ✓ Avances en la estandarización de la calidad de las tintas.
- ✓ Manejo avanzado de inventario de materiales bajo el nuevo sistema de información implementado.

Adicionalmente, un aspecto a resaltar entre los resultados para el periodo del 2012 y el periodo del 2015 es la disminución de los tiempos de disponibilidad de la máquina, los cuales en la actualidad son generados directamente por el sistema de información, pero que considerando la definición establecida no deberían presentar tal variación.

Es por esta razón, que para efectos de este análisis y considerando la operación del área, el tiempo no disponible queda establecido en un valor del 15% sobre el tiempo calendario total y así mismo, el excedente en los tiempos de no disponibilidad de la máquina para el periodo del 2015, será considerado tiempo improductivo cuyo motivo no fue relacionado de forma adecuada dentro del procedimiento establecido en la empresa para la producción y programación del área.

De acuerdo a lo anterior, los tiempos improductivos en promedio por máquina para el 2015 estarían cercanos o superiores a un 40%, valor que presenta una coherencia con la información obtenida de los reportes del 2012 (50% tiempo improductivo), pero que al mismo tiempo no desconoce los avances desarrollados en el área durante el periodo de tiempo que se distancian los análisis.

Con esta información se puede estimar que el tiempo improductivo total del área se aproxima a la cifra del 50%. Este valor (50 % de tiempo improductivo) significa que la empresa tiene reducida a la mitad su capacidad productiva en condiciones donde todos sus recursos están disponibles. Para efectos prácticos, se considerará este valor como la línea base o el punto de partida para el proyecto.

Esta cifra, puede ser considerada alarmante para cualquier organización que pretenda operar eficientemente sus procesos; sin embargo, debe ser vista como una realidad de la

operación que ofrece múltiples oportunidades de mejora. Bajo este panorama, también se puede decir que si se mantuviera la demanda actual y se optimizaran las prácticas operativas del área se podría reducir el tiempo de entrega a los clientes al agilizar el programa de producción; o vista desde otra perspectiva como una oportunidad para aumentar las ventas y las utilidades.

El siguiente gráfico presenta la información de tiempos improductivos por máquina para el periodo de análisis correspondiente al año 2012:

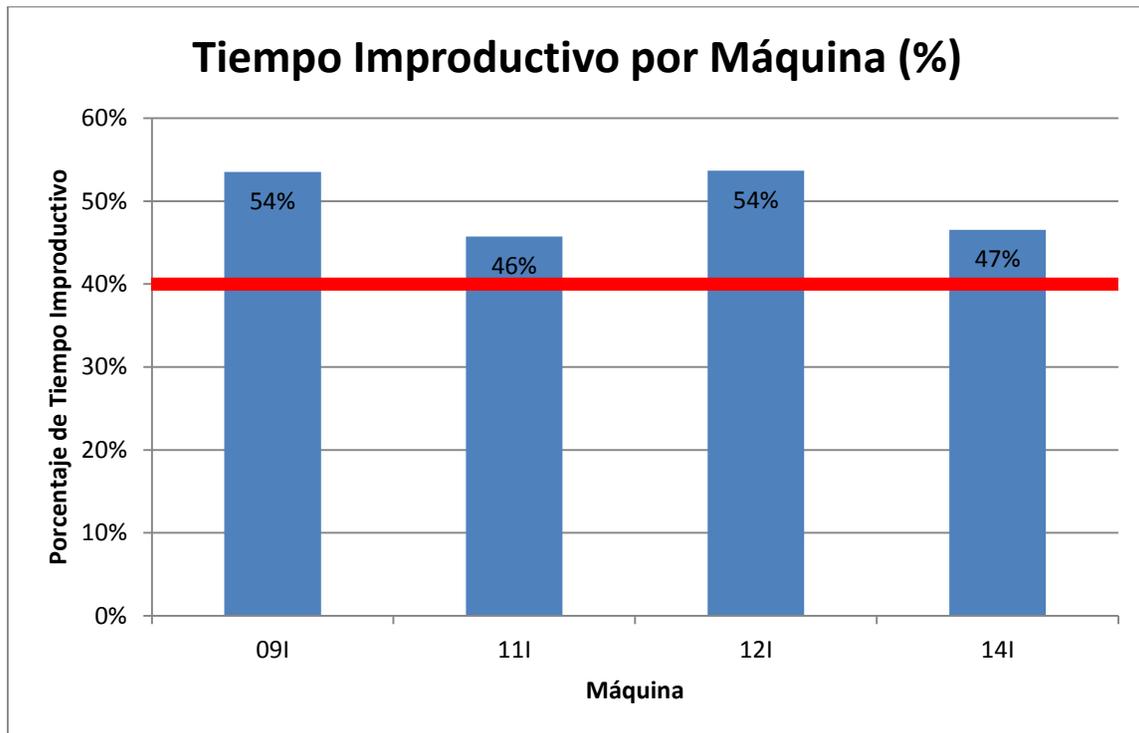


Figura 14. Tiempo improductivo por máquina.

Cabe señalar que las máquinas de tecnología más reciente son las 12 y la 14 que fueron adquiridas en el año 2012; Por el contrario la máquina 09 es la más antigua pues es del año 2005, pero todas ellas cuentan con herramientas tecnológicas muy modernas para facilitar y controlar la operación.

Así mismo, en el análisis por máquina se puede involucrar el reporte mensual de los tiempos. La combinación de estos dos parámetros es la que permite obtener la gráfica siguiente:

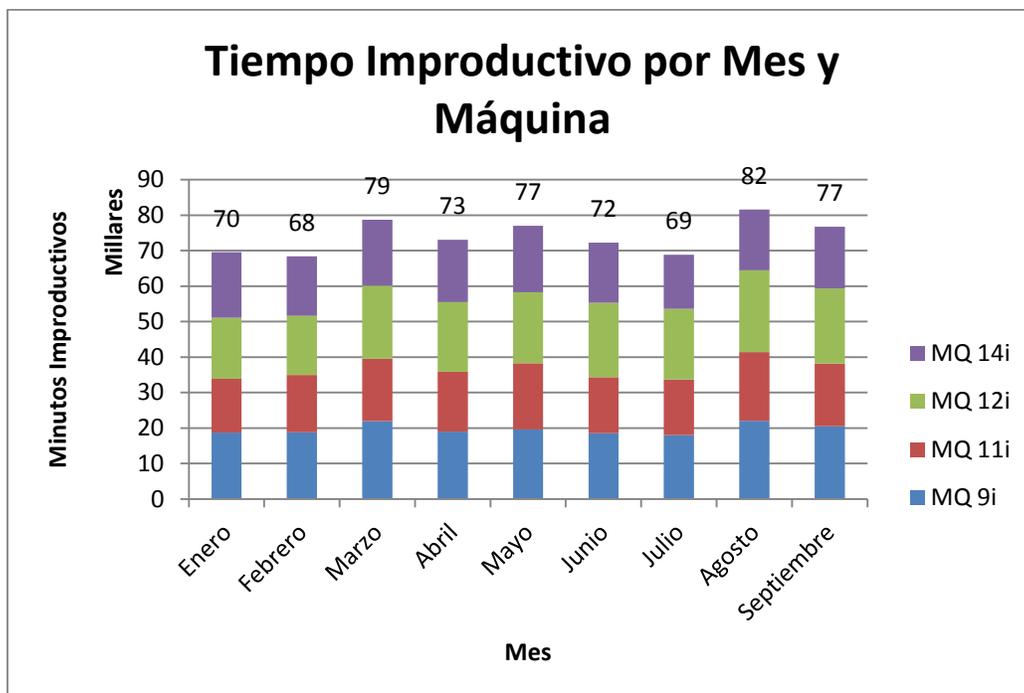


Figura 15. Tiempo improductivo por mes y máquina.

Aunque se ve un comportamiento estable a través del tiempo, también se destaca el hecho de que ninguna de las máquinas predomina en el reporte de tiempos, por el contrario mantienen una distribución uniforme en cada mes, lo cual es coherente con el resultado obtenido en la figura 14.

Con la intención de aprovechar al máximo toda la información disponible en el reporte de tiempos, en la siguiente tabla se presenta la información asociada con el responsable de los tiempos improductivos en máquina:

| Área Responsable | Tiempo Parada | % del total |
|--------------------------|----------------|----------------|
| Producción | 466.684 | 70,05% |
| Técnico – Administrativo | 59.798 | 8,98% |
| Tintas | 44.988 | 6,75% |
| Preprensa | 39.512 | 5,93% |
| Mantenimiento | 39.135 | 5,87% |
| Logística | 13.343 | 2,00% |
| Extrusión – Proveedor | 2.733 | 0,41% |
| Diseño | 15 | 0,00% |
| Total general | 666.207 | 100,00% |

Tabla 7. Tiempo improductivo reportado por área.

Estas causas se encuentran asociadas con los motivos descritos en la tabla 2, y de acuerdo a las responsabilidades competentes a cada área.



Figura 16. Tiempo improductivo por área responsable.

En este gráfico se observa una predominancia del área productiva sobre los tiempos muertos en las máquinas. Por tal razón, en la siguiente tabla se presentan los tiempos improductivos reportados para el periodo de Enero a Septiembre del 2012 desglosados por motivo y responsable. Las actividades a mejorar se observan en el siguiente análisis de Pareto:

| Descripción Motivo | Tiempo Parada | % | Responsable |
|------------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------|
| Cuadre por Cambio de Pedido | 198.494 | 29,79% | Producción |
| Limpieza de clisés | 62.482 | 9,38% | Producción |
| Espera por Aprobación | 55.981 | 8,40% | Técnico - Administrativo |
| Ajuste de Tonos | 38.965 | 5,85% | Tintas |
| Quitar Manchas | 38.052 | 5,71% | Producción |

| | | | |
|--|---------------|--------------|--------------------------|
| Cambio Rollo Madre | 34.216 | 5,14% | Producción |
| Tiempo No Reportado² | 28.926 | 4,34% | Producción |
| Daño Mecánico | 26.277 | 3,94% | Mantenimiento |
| Cambio de ániox o tintero | 24.101 | 3,62% | Producción |
| Limpieza de Tambor Central | 22.331 | 3,35% | Producción |
| Fallas de Montajes | 16.428 | 2,47% | Preprensa |
| Espera de Insumos | 15.272 | 2,29% | Producción |
| Cambio de cuchillas | 11.786 | 1,77% | Producción |
| Desregistro por montajes | 9.298 | 1,40% | Preprensa |
| Espera de Montajes Preprensa | 8.689 | 1,30% | Preprensa |
| Enredo de Película o Refile | 8.333 | 1,25% | Producción |
| Falta de Operario | 6.524 | 0,98% | Producción |
| Falta de Pedidos | 5.411 | 0,81% | Logística |
| Espera Tintas | 5.285 | 0,79% | Tintas |
| Ensayos o muestras | 4.811 | 0,72% | Técnico - Administrativo |
| Espera por Definir | 4.392 | 0,66% | Logística |
| Espera de Intervención Mantenimiento | 4.296 | 0,64% | Mantenimiento |
| Corte de Energía | 4.064 | 0,61% | Mantenimiento |
| Daño Eléctrico | 3.893 | 0,58% | Mantenimiento |
| enhebrado de máquina | 3.557 | 0,53% | Producción |
| Alistamiento de máquina | 3.428 | 0,51% | Producción |
| Cierre de Turno | 3.281 | 0,49% | Logística |
| Material Defectuoso | 2.793 | 0,42% | Extrusión - Proveedor |
| Exceso en el Cuadre | 2.721 | 0,41% | Producción |
| Colocar lotes | 2.308 | 0,35% | Preprensa |
| Defectos de Impresión | 1.941 | 0,29% | Producción |
| Daño en Clisés por Montajes | 1.451 | 0,22% | Preprensa |
| Espera por Autorización de Materiales | 1.322 | 0,20% | Técnico - Administrativo |
| Suspender por Error | 1.194 | 0,18% | Preprensa |
| Lavado y Cambio de Tinta | 738 | 0,11% | Tintas |
| Relacar Material | 498 | 0,07% | Producción |
| Cambio de Insumos | 471 | 0,07% | Producción |
| Core Colapsado | 468 | 0,07% | Logística |
| Daño Embobinador y desembobinador | 366 | 0,05% | Mantenimiento |
| Suspender Cuadre | 349 | 0,05% | Logística |
| Daño en Clisés en Máquina | 338 | 0,05% | Producción |
| Espera por Lavado de Insumos | 295 | 0,04% | Producción |
| Falta de Aire Comprimido | 239 | 0,04% | Mantenimiento |

² Paradas de máquina sin motivo asignado. Ver descripción en página 43.

| | | | |
|--------------------------|----------------|----------------|------------|
| Error en la Programación | 83 | 0,01% | Logística |
| Desfase de Horómetro | 61 | 0,01% | Producción |
| Total general | 666.207 | 100,00% | |

Tabla 8. Tiempo improductivo en el área de impresión reportado por motivos.

Así mismo, esta clasificación puede ser realizada para el periodo de Mayo a Julio del 2015, arrojando la siguiente información:

| Descripción del Motivo | Tiempo Reportado | % Tiempo Total |
|--|------------------|----------------|
| Cambio de Pedido | 1555,8 | 65,58% |
| Limpieza | 408,6 | 17,22% |
| Cambio de Componentes | 67,5 | 2,85% |
| Montaje Defectuoso / Corrección | 64,5 | 2,72% |
| Fallo Mecánico | 59,4 | 2,50% |
| Parada Administrativa | 53,9 | 2,27% |
| Ajuste Tonos Colores | 38,7 | 1,63% |
| Espera Aprobación Calidad | 31,1 | 1,31% |
| Defectos de Calidad | 27,7 | 1,17% |
| Fallo Electrónico | 16,7 | 0,70% |
| Materiales No Disponibles | 15,4 | 0,65% |
| Falta Montaje | 8,6 | 0,36% |
| Corte de Energía | 6,8 | 0,29% |
| Fallo Eléctrico | 5,8 | 0,24% |
| Materiales Defectuosos | 4,6 | 0,20% |
| Falta de Operario | 2,4 | 0,10% |
| Desarrollo Productos | 2,1 | 0,09% |
| Error en la Programación | 1,1 | 0,05% |
| Falta de Colores / Tintas | 0,9 | 0,04% |
| Falta Insumos / Herramientas | 0,7 | 0,03% |
| Especificaciones | 0,2 | 0,01% |
| Fallo Servicios Aire Agua Gas | 0,1 | 0,00% |
| Total general | 2372,3 | 100,00% |

Tabla 9. Tiempos improductivos por motivo año 2015.

Al observar la correspondencia de los motivos presentada en la tabla 3, se puede evidenciar que en los dos periodos de tiempo (2012 y 2015) se presenta una segregación similar en los motivos de alto impacto dentro del total de tiempos improductivos del área y el análisis de Pareto permite la selección de dichos causales para la formulación de la mejora.

En la descripción de motivos se evidencia que algunas de las causas de tiempos improductivos son actividades propias del cuadro o que así mismo son generadas o derivadas del cuadro mismo, por lo que a continuación se presenta una propuesta de agrupación para ampliar el análisis.

| Motivo | Responsable |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Suspender Cuadre | Logística |
| Desregistro por montajes | Preprensa |
| Espera de Montajes Preprensa | Preprensa |
| Fallas de Montajes | Preprensa |
| Suspender por Error | Preprensa |
| Alistamiento de máquina | Producción |
| Cambio de Insumos | Producción |
| Cuadre por Cambio de Pedido | Producción |
| Enhebrado de máquina | Producción |
| Espera de Insumos | Producción |
| Espera por Aprobación | Producción |
| Espera por Lavado de Insumos | Producción |
| Exceso en el Cuadre | Producción |
| Limpieza de Tambor Central | Producción |
| Quitar Manchas | Producción |
| Ensayos o muestras | Técnico – Administrativo |
| Espera por Aprobación | Técnico – Administrativo |
| Espera por Autorización de Materiales | Técnico – Administrativo |
| Ajuste de Tonos | Tintas |
| Espera Tintas | Tintas |

Tabla 10. Motivos asociados al cuadro de máquina en el proceso de impresión.

Con esta información, es evidente que las actividades de cuadro están atribuidas en su mayoría al proceso productivo y bajo esta nueva agrupación, se presenta un nuevo consolidado sobre los tiempos improductivos quedando de la siguiente manera:

| Descripción del Motivo | Tiempo Reportado | % Tiempo Total |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Actividad de Cuadre | 426.943 | 64,09% |
| Limpieza de clisés | 62.482 | 9,38% |
| Cambio Rollo Madre | 34.216 | 5,14% |
| Tiempo No Reportado | 28.926 | 4,34% |
| Daño Mecánico | 26.277 | 3,94% |

| | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|
| Cambio de ánilox o tintero | 24.101 | 3,62% |
| Cambio de cuchillas | 11.786 | 1,77% |
| Enredo de Película o Refile | 8.333 | 1,25% |
| Falta de Operario | 6.524 | 0,98% |
| Falta de Pedidos | 5.411 | 0,81% |
| Espera por Definir | 4.392 | 0,66% |
| Espera de Intervención Mantenimiento | 4.296 | 0,64% |
| Corte de Energía | 4.064 | 0,61% |
| Daño Eléctrico | 3.893 | 0,58% |
| Cierre de Turno | 3.281 | 0,49% |
| Material Defectuoso | 2.793 | 0,42% |
| Colocar lotes | 2.308 | 0,35% |
| Defectos de Impresión | 1.941 | 0,29% |
| Daño en Clisés por Montajes | 1.451 | 0,22% |
| Lavado y Cambio de Tinta | 738 | 0,11% |
| Relacar Material | 498 | 0,07% |
| Core Colapsado | 468 | 0,07% |
| Daño Embobinador y desembobinador | 366 | 0,05% |
| Daño en Clisés en Máquina | 338 | 0,05% |
| Falta de Aire Comprimido | 239 | 0,04% |
| Error en la Programación | 83 | 0,01% |
| Desfase de Horómetro | 61 | 0,01% |
| Total general | 666.207 | 100,00% |

Tabla 11. Tiempo improductivo agrupando actividades de cuadro.

Realizando una agrupación por motivo y área responsable se obtiene la siguiente clasificación:

| Responsable - Motivo | Tiempo Reportado | % Tiempo |
|-----------------------------|------------------|---------------|
| Producción | 466.684 | 70,05% |
| Actividad de Cuadro | 287.478 | 43,15% |
| Limpieza de clisés | 62.482 | 9,38% |
| Cambio Rollo Madre | 34.216 | 5,14% |
| Tiempo No Reportado | 28.926 | 4,34% |
| Cambio de ánilox o tintero | 24.101 | 3,62% |
| Cambio de cuchillas | 11.786 | 1,77% |
| Enredo de Película o Refile | 8.333 | 1,25% |
| Falta de Operario | 6.524 | 0,98% |
| Defectos de Impresión | 1.941 | 0,29% |

| | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|
| Relacar Material | 498 | 0,07% |
| Daño en Clisés en Máquina | 338 | 0,05% |
| Desfase de Horómetro | 61 | 0,01% |
| Técnico - Administrativo | 59.798 | 8,98% |
| Actividad de Cuadre | 59.258 | 8,89% |
| Espera por Definir | 540 | 0,08% |
| Tintas | 44.988 | 6,75% |
| Actividad de Cuadre | 44.250 | 6,64% |
| Lavado y Cambio de Tinta | 738 | 0,11% |
| Preprensa | 39.512 | 5,93% |
| Actividad de Cuadre | 35.608 | 5,34% |
| Colocar lotes | 2.308 | 0,35% |
| Daño en Clisés por Montajes | 1.451 | 0,22% |
| Espera por Definir | 145 | 0,02% |
| Mantenimiento | 39.135 | 5,87% |
| Daño Mecánico | 26.277 | 3,94% |
| Espera de Intervención Mantenimiento | 4.296 | 0,64% |
| Corte de Energía | 4.064 | 0,61% |
| Daño Eléctrico | 3.893 | 0,58% |
| Daño Embobinador y desembobinador | 366 | 0,05% |
| Falta de Aire Comprimido | 239 | 0,04% |
| Logística | 13.343 | 2,00% |
| Falta de Pedidos | 5.411 | 0,81% |
| Espera por Definir | 3.691 | 0,55% |
| Cierre de Turno | 3.281 | 0,49% |
| Core Colapsado | 468 | 0,07% |
| Actividad de Cuadre | 349 | 0,05% |
| Error en la Programación | 83 | 0,01% |
| Material Defectuoso | 60 | 0,01% |
| Extrusión - Proveedor | 2.733 | 0,41% |
| Material Defectuoso | 2.733 | 0,41% |
| Diseño | 15 | 0,00% |
| Espera por Definir | 15 | 0,00% |
| Total general | 666.207 | 100,00% |

Tabla 12. Tiempo improductivo agrupado por área responsable y motivo.

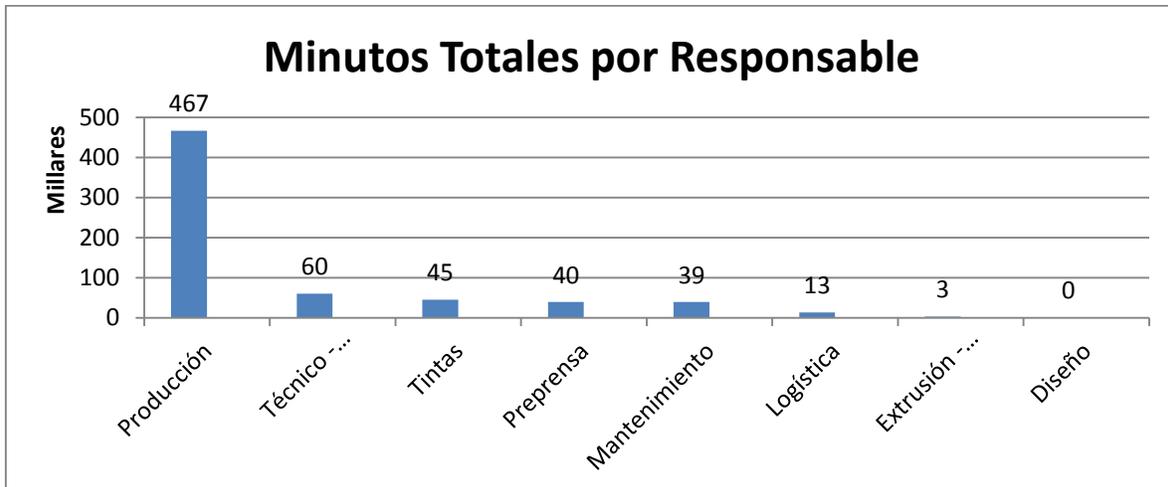


Figura 17. Tiempo improductivo total por responsable.

En esta clasificación se puede evidenciar que las actividades asociadas con el cuadro involucran diferentes proveedores internos que ya fueron presentados en la figura # 13. Sin embargo, las actividades que en este momento generan mayor impacto se encuentran bajo la responsabilidad de producción.

2.3 Aspectos Priorizados para el Mejoramiento

Evidentemente, algunos de los motivos asociados a la generación de tiempos improductivos corresponden a inconvenientes operativos o de calidad durante la producción y la otra parte corresponde a actividades propias del proceso.

A continuación se presenta una clasificación entre las actividades propias del proceso y los inconvenientes de calidad que generan tiempos improductivos:

| Actividades Propias del Proceso | % | Inconvenientes durante la Producción | % |
|------------------------------------|---------------|---------------------------------------|--------------|
| Cuadre por Cambio de Pedido | 29,79% | Limpieza de clisés | 9,38% |
| Espera por Aprobación | 8,40% | Quitar Manchas | 5,71% |
| Ajuste de Tonos | 5,85% | Tiempo No Reportado | 4,34% |
| Cambio Rollo Madre | 5,14% | Daño Mecánico | 3,94% |
| Ensayos o muestras | 0,72% | Cambio de ániox o tintero | 3,62% |
| Enhebrado de máquina | 0,53% | Limpieza de Tambor Central | 3,35% |
| Alistamiento de máquina | 0,51% | Fallas de Montajes | 2,47% |
| Cierre de Turno | 0,49% | Espera de Insumos | 2,29% |
| Colocar lotes | 0,35% | Cambio de cuchillas | 1,77% |
| Lavado y Cambio de Tinta | 0,11% | Desregistro por montajes | 1,40% |
| Cambio de Insumos | 0,07% | Espera de Montajes Prerensa | 1,30% |
| Desfase de Horómetro | 0,01% | Enredo de Película o Refile | 1,25% |
| | | Falta de Operario | 0,98% |
| | | Falta de Pedidos | 0,81% |
| | | Espera Tintas | 0,79% |
| | | Espera por Definir | 0,66% |
| | | Espera de Intervención Mantenimiento | 0,64% |
| | | Corte de Energía | 0,61% |
| | | Daño Eléctrico | 0,58% |
| | | Material Defectuoso | 0,42% |
| | | Exceso en el Cuadre | 0,41% |
| | | Defectos de Impresión | 0,29% |
| | | Daño en Clisés por Montajes | 0,22% |
| | | Espera por Autorización de Materiales | 0,20% |
| | | Suspender por Error | 0,18% |
| | | Relacar Material | 0,07% |
| | | Core Colapsado | 0,07% |
| | | Daño Embobinador y desembobinador | 0,05% |
| | | Suspender Cuadre | 0,05% |
| | | Daño en Clisés en Máquina | 0,05% |
| | | Espera por Lavado de Insumos | 0,04% |
| | | Falta de Aire Comprimido | 0,04% |
| | | Error en la Programación | 0,01% |
| TOTAL | 52% | TOTAL | 48% |

Tabla 13. Clasificación de motivos respecto a su origen.

Mediante esta clasificación se evidencia que cerca del 52% de los tiempos improductivos están asociados a actividades propias del proceso productivo. Sin embargo, este porcentaje está centralizado en los cuatro motivos resaltados en la tabla. Así mismo, el 48% de los tiempos improductivos están asociados a inconvenientes durante la producción, siendo siete los motivos de mayor impacto en este grupo.

Estas actividades resaltadas en la clasificación anterior, requieren una descripción detallada, la cual se presenta a continuación:

- Cuadre por Cambio de Pedido: Este motivo está asociado con todas las modificaciones y cambios relacionados con el cuadro del nuevo producto, especialmente los asociados al ajuste de la máquina impresora para la fabricación del nuevo pedido. Estos ajustes incluyen el cambio de insumos, el ajuste del registro en la máquina impresora, el ajuste de las características dimensionales del producto (ancho de refile), entre otros. El área de impresión cuenta con un procedimiento para el cuadro de máquina el cual se revisará posteriormente en la sección 3,1 de este documento.
- Espera por Aprobación: Este tiempo está asociado con la espera en el aval de la impresión por parte del encargado. Las aprobaciones contemplan la conformidad en el diseño y los tonos para proceder con la fabricación del pedido. En este proceso puede estar involucrado el cliente, el área de diseño o el supervisor de impresión, lo cual es definido previamente al momento de programar el material.
- Ajuste de Tonos: Uno de los aspectos más delicados en la aprobación de un pedido hace referencia a la igualación de tonos respecto a un estándar o a las indicaciones del cliente. Esta labor generalmente incluye la modificación de tintas para lograr las tonalidades esperadas en el diseño, este proceso es denominado *entonación* y se realiza por un especialista que mediante la mezcla de colores modifica la percepción del color en la impresión. Adicionalmente, otra manera de lograr estos ajustes es mediante el cambio en las condiciones de operación, específicamente los ániox para que se aumente o disminuya el aporte de tinta y de esta manera modificar la intensidad del tono en la impresión.
- Cambio de Rollo Madre: Los Rollos Madre son los materiales que llegan desde el proceso anterior a la impresión (Extrusión), generalmente estos rollos superan los 350 kg de peso, sin embargo, para los pedidos de impresión se debe realizar el consumo de varios rollos madre, por lo cual el cambio es requerido durante la producción. No obstante, la máquina impresora cuenta con sistemas de cambio automáticos de estos rollos, pero al momento en que se tomaron estos tiempos se había presentado el daño mecánico de una de las unidades de cambio automático lo cual obligó a realizar un procedimiento manual y afectó el indicador de tiempos improductivos. Este motivo es parte de los reportes de tiempo improductivo generados en la empresa, pero debido a que esta causa fue reportada y atendida oportunamente, para efectos de este proyecto, solamente se hace mención a la

corrección de este inconveniente mediante la intervención del área de mantenimiento.

- Limpieza de Clisés: Esta limpieza se realiza por acumulación de tinta en los clisés a lo largo de la producción. Dependiendo del diseño, los clisés pueden acumular más tinta en algunos puntos del relieve, lo cual afecta la calidad de impresión y genera un defecto de calidad denominado *embotamiento*. Con el objetivo de evitar estos inconvenientes en la calidad del producto, los clisés tienen que ser limpiados periódicamente para remover los excesos. En algunos casos, cuando la producción es larga, la limpieza se realiza de manera preventiva así no se haya evidenciado ningún defecto o falla.
- Quitar Manchas: Las manchas en la impresión pueden originarse por múltiples motivos asociados principalmente a la calidad de los insumos que ingresan al proceso productivo. Esta es una causa que obliga a parar la producción inmediatamente porque es generadora de defectos de calidad lo cual afectará el desperdicio reportado por el proceso. Por tal razón, cuando una mancha es evidenciada a través de las herramientas tecnológicas disponibles (cámaras de alta velocidad y resolución), se realiza la parada de máquina hasta corregir el origen de dicho inconveniente.
- Tiempo no Reportado: Este tiempo corresponde a paradas de máquina sin motivo asignado. En este motivo se encuentran aquellos tiempos improductivos que fueron generados durante la producción y que se evidencian mediante los reportes, pero que no fueron clasificados o asignados en ninguna de las causas por parte del operario.
- Daño Mecánico: Esta causa es atribuida al área de mantenimiento y constituye una parada por fallas en la confiabilidad del proceso de revisión de los equipos lo cual puede impedir el arranque de la máquina o puede generar la suspensión de la producción.
- Cambio de ániox o tintero: Durante la producción o el cuadro, se pueden detectar inconvenientes con los insumos, que pueden estar causando inconvenientes de calidad en el producto. El cambio de ániox se pueden requerir cuando debido a una insuficiencia en la limpieza de los mismos, el ániox no está entregando la cantidad de tinta esperada a los clisés y se encuentra *tapado*. Por otra parte, el cambio de un tintero puede requerirse por daño o falla en el armado de la unidad de tinta, lo cual genera fugas de tinta e inconvenientes de producción.

- Limpieza de Tambor Central: Es una situación puntual que se puede presentar y que no es muy frecuente, en la cual el tambor central se mancha de tinta y esta suciedad debe ser retirada para continuar con la fabricación del pedido. Esto puede ocurrir porque la película se revienta o se mueve, lo que ocasiona la impresión sobre la superficie del tambor. Sin embargo, cuando se presenta esta situación, es necesaria la detención de la máquina pues su corrección requiere la intervención directa en el tambor central de la máquina.
- Fallas de Montajes: Se reporta cuando algún clisé presenta defectos en su elaboración o en su montaje que impida su óptimo funcionamiento en la producción. Uno de los factores que puede afectar significativamente los tiempos es cuando los clisés no se encuentran adheridos de manera óptima a la manga y se despegan durante su manipulación o durante la producción. Esto, aparte de generar un impacto muy significativo en los tiempos, también ocasiona defectos de calidad que se traducen en desperdicio del proceso.

Así mismo, aunque no hagan parte de las causas priorizadas por el análisis de Pareto de los motivos que generan tiempos improductivos, puede existir un potencial de mejora en las siguientes causas:

- Ensayos o muestras: Los ensayos o muestras son una actividad que genera un impacto importante en los tiempos improductivos pues en algunos casos requiere un cuadro de la misma magnitud de un producto de línea, pero que por el hecho de ser una prueba la cantidad fabricada no es significativa como para mejorar los indicadores de productividad. Generalmente la empresa en estudio maneja un esquema de muestras con impresión de uno o dos colores, pero de todas maneras consume los recursos de la producción tales como máquinas, materiales y personal.
- Espera de Insumos: Corresponde al tiempo reportado por retrasos en el suministro de los insumos. Estos materiales pueden provenir del área de palanganas o logística.
- Desregistro por montajes: Corresponde a una falla proveniente del proceso de montaje, la cual impide registrar adecuadamente el diseño y ocasiona fallos de calidad. En los casos donde el problema es detectado, se debe realizar una corrección en el montaje y el tiempo consumido depende de la criticidad en la desviación.

- Espera de Montajes Preprensa: Es el tiempo reportado durante la espera de un montaje que todavía no se encuentra listo para la producción.
- Enredo de película o Refile: Esta situación puede ser originada por fallas en la calidad de los rollos madre lo cual genera la salida de las cuchillas y enredos en el sistema de embobinado de la máquina impresora.
- Espera Tintas: Este motivo hace referencia al retraso en el suministro de las tintas al área de impresión. La empresa de estudio usa diferentes líneas de tinta dependiendo del producto que se esté fabricando. El uso previsto del empaque determina el tipo de tinta a utilizar y cada diseño está asociado a unos colores de tinta para lograr la imagen deseada. Este insumo es crítico dentro de la fabricación del producto y existe un área encargada de suministrar las tintas al área productiva.
- Espera por Autorización de Materiales: Hace referencia a los tiempos improductivos ocasionados por falta de película para la producción. Esta situación puede presentarse por la revisión y validación del material por temas de calidad o por la reasignación de inventario inicialmente no contemplado para el pedido.

Con el panorama evidenciado en la sección anterior, se pretende generar acciones de mejora de acuerdo al origen del motivo, es decir, el análisis de las actividades propias del proceso mediante la metodología SMED y los inconvenientes de la producción mediante un análisis de causa raíz con una metodología de las 5M's combinada con los 5 porqués.

La metodología combinada entre las 5M's y los 5 porqués, es un esquema utilizado en la empresa de estudio para el análisis de algunos inconvenientes de calidad que ameritan un análisis detallado y estructurado de los factores de fondo que ocasionan los defectos.

3. Formulación de la Mejora

Tal como se mencionó en la sección anterior, los motivos de las demoras son clasificados en dos grandes grupos dependiendo de su origen.

3.1 Actividades Propias del Proceso

Como se evidenció en la sección anterior, la causa de mayor impacto en los tiempos improductivos reportados en el área corresponde a la actividad de cuadro. La empresa actualmente cuenta con un procedimiento estandarizado para la realización de estos cuadros o cambios en la máquina establecidos a través de la experiencia y la caracterización del proceso realizada con anterioridad. Sin embargo, este proyecto aborda estas actividades y pretende ofrecer una mejora en los procedimientos actualmente impartidos en el área, de acuerdo a la herramienta de análisis ofrecida por la metodología SMED.

3.1.1 ETAPA 0 Y 1: Definición de la operación actual

Como primera etapa del análisis, se presenta una identificación y una descripción de todas las actividades involucradas en el cuadro de un pedido. A medida que se va avanzando a lo largo de este capítulo se irán adicionando otros aspectos de análisis como quienes son los responsables y los tiempos de ejecución. En este punto todavía no hay una identificación entre actividades internas o externas, sino un panorama completo de las actividades involucradas en el cambio de producto. Entiéndase el cuadro como las actividades y el tiempo comprendido entre el último metro fabricado de un producto y el primer metro conforme del siguiente producto.

La siguiente tabla presenta la descripción de cada una de las actividades identificadas en el cambio de un pedido y aunque todavía no se realiza la clasificación de responsables, las actividades se tratan de presentar de acuerdo a una secuencia lógica:

| Actividad | Descripción |
|---|---|
| Recepción de la programación | De acuerdo con la estructura de la empresa, el área logística está encargada de establecer la programación de producción de acuerdo a las necesidades, prioridades y tiempos de entrega coordinados con el área comercial. Se establece un panorama de producción de mínimo 48 horas y esta programación es transmitida a la planta a través del sistema de información interno. Es responsabilidad del supervisor, validar que el área cuente con una programación clara y que además tenga un panorama de producción de acuerdo a las metas establecidas. |
| Revisión y validación de la información | Todos los productos de la empresa se encuentran creados y codificados en el sistema de información interno, en el cual se especifican todos los parámetros de calidad y producción para la fabricación del mismo. Previamente a que un producto entre a producción, está establecida una revisión de esta información por parte del supervisor para evitar inconsistencias en la información que será transmitida al operario de la máquina. |
| Solicitud de Insumos | El pre alistamiento incluye la solicitud de los insumos limpios como ollas, rachas, agitadores, flejes, para el cuadro del nuevo pedido. Esta solicitud es realizada con 30 minutos de antelación al inicio del cuadro para que el área de palanganas prepare los insumos correspondientes. Todos estos insumos hacen referencia a los elementos que van en contacto con la tinta y cuya limpieza es realizada en el área de palanganas. |
| Alistamiento de Tintas | Hace referencia al alistamiento de las tintas requeridas para la fabricación del pedido programado. El área de coloristas es el encargado de garantizar la disponibilidad y conformidad de las tintas requeridas. |
| Solicitud de Cores | El core es un tubo de cartón sobre el cual se enrolla o embobina el material. Para el área de impresión todos los cores utilizados son de cartón. Sin embargo, debido a la gran variedad de productos y de especificaciones, es necesario realizar con anterioridad la solicitud de los cores cortados a la medida. |

| | |
|--|--|
| Alistamiento de la película | La empresa cuenta con un amplio portafolio de películas flexibles utilizadas para la fabricación de los empaques. Cada producto tiene una película asignada de acuerdo a los requerimientos del empaque lo cual se define desde el desarrollo y creación del producto. Para que no se presenten retrasos en la fabricación del producto, es necesario que el área logística garantice la disponibilidad y el suministro de película en la máquina impresora. |
| Recepción del Montaje | Esta etapa se refiere a la recepción del montaje (clisés en las respectivas mangas) requeridos para la fabricación del próximo pedido programado en la máquina. La verificación incluye garantizar que se encuentren las mangas de todos los colores especificados en el diseño. En este punto todavía no se puede validar ningún aspecto adicional relacionado con la calidad del montaje, ya que eso solo puede evidenciarse con las herramientas tecnológicas de la máquina y cuando se empiezan a utilizar los clisés. |
| Alistamiento de ániox | El área de impresión debe garantizar la disponibilidad de todos los ániox requeridos para el pedido que entra a producción. En estos momentos cada máquina cuenta con la asignación de varios ániox de las diferentes lineaturas para la administración independiente de este recurso. |
| Cierre de la orden anterior | Hace referencia al procedimiento realizado en el sistema para la notificación de que la orden anterior ha finalizado. |
| Retirar las unidades del tintero (Despresar el diseño) | Es un procedimiento realizado en la máquina en la cual de manera automática todas las unidades de tinta son retiradas del tambor central para detener la impresión. Esta actividad es ejecutada por la máquina de forma automática cuando el operario acciona ese comando en la impresora. |
| Suspender el suministro de tinta a los tinteros | Esta actividad se refiere al apagado de las bombas que suministran la tinta a las raclas (cámaras de tinta) ubicadas en la máquina para poder realizar el procedimiento de limpieza y cambio de insumos correspondiente. |
| Retirar excedentes de tinta en la máquina | Esta actividad hace referencia a la extracción de las tintas sobrantes de la producción anterior para proceder con la limpieza y cambio de los insumos. Estos excedentes corresponden a las tintas que quedan depositadas en las ollas de la máquina, los cuales son retirados de forma manual. |

| | |
|---|--|
| Lavado de las unidades de tinta de la máquina | La máquina cuenta con un sistema para el lavado automático de las unidades de tinta. Este sistema realiza la inyección y recirculación de solvente de lavado para retirar los residuos de tinta presentes en las raclas, ánilox y clisés que estaban siendo utilizados en la fabricación del pedido anterior. |
| Desmontar las Mangas del diseño anterior | Retirar de la máquina las mangas y clisés utilizados para la fabricación del producto anterior. El número de unidades intervenidas de la máquina depende del número de colores que manejaba el diseño anterior y es un proceso manual realizado por el operario. |
| Montar las mangas del diseño nuevo | Así mismo como se retiran las mangas del producto anterior, es necesario ingresar a la máquina las mangas y clisés del pedido que se está cuadrando. La intervención de las unidades depende del número de colores que maneja el diseño del producto que entra a fabricación. |
| Desmontar los ánilox utilizados en el diseño anterior | Durante esta actividad, se retiran los ánilox utilizados en la fabricación del pedido anterior. Al igual que en el caso de las mangas, esta actividad requiere la intervención las unidades de la máquina de acuerdo al número de colores que manejaba el pedido anterior. |
| Montar los ánilox requeridos para el nuevo diseño | De acuerdo a las condiciones de fabricación establecidas en el diseño del producto, es necesario el ingreso a la máquina de los ánilox requeridos para la producción del nuevo pedido. La intervención incluye las unidades de la máquina especificadas de acuerdo al número de colores incluidos en el diseño del producto entrante. |
| Cambio de ollas | Se remplazan las ollas utilizadas en el pedido anterior por los insumos limpios que provee el área de palanganas. Este cambio se realiza de forma manual para las unidades que determine el nuevo pedido. |
| Cambio de Raclas o Rasquetas | Dependiendo de la condición de limpieza y el estado de las raclas (cámara de tinta) después del lavado automático realizado por la máquina, se puede determinar que solamente se realizará un cambio de rasquetas (flejes) para el siguiente pedido o el cambio de toda la racla. En ambos casos, se realiza el desmonte de la pieza o la unidad mediante un proceso manual y se sustituye por el insumo limpio proveniente de palanganas. |
| Cerrar unidades de tinteros. | Se realiza el cierre de todas las compuertas abiertas para el desarrollo de las actividades anteriores. |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Medición y ajuste de viscosidades | Mediante la adición de solvente o de más tinta se realiza un ajuste de la viscosidad inicial de las tintas para el arranque de la producción. Esta viscosidad puede ser diferente para cada color y es especificado de acuerdo a la condición de operación creada en el diseño del producto. |
| Purgar el sistema con la nueva tinta | Esta actividad es requerida debido a que el proceso de lavado automático de la máquina no garantiza la limpieza profunda de todos los componentes de la máquina y al realizar el ingreso de una nueva tinta se corre el riesgo de contaminación con trazas del color anterior. Por esta razón, el proceso de purga incluye el flujo de una buena cantidad de solvente a través del sistema y el inicio del bombeo de las nuevas tintas hacia la máquina para el llenado de las raclas y el arranque del sistema de recirculación. Este procedimiento se realiza de manera individual por cada unidad de tinta. |
| Verificación del enhebrado | Es una actividad que solamente incluye una inspección visual del enhebrado de la máquina. |
| Cambio de enhebrado | Esta actividad es necesaria cuando se va a cambiar el sentido de impresión de cara a dorso o viceversa. Cuando es necesario el cambio de enhebrado, no importa el número de colores del producto entrante o saliente, se debe realizar el proceso de lavado y cambio en todas las unidades de la máquina, ya que se presenta una modificación en el orden cromático del diseño. |
| Montar Material de cuadro | Debido a que el ajuste del pedido requiere el proceso de prensado y registro en el cual se consume material que luego será clasificado como desperdicio, durante este proceso de cuadro se utiliza película sobrante de un pedido anterior o material que no encaje dentro de la definición de productos de primera calidad mientras se realizan los ajustes pertinentes en la máquina. Este material solo se utiliza para el prensado y el registro del diseño, pues para el ajuste de tonos se utiliza el sustrato asignado al producto. |
| Verificar el centrado del material | Es un proceso de verificación en la posición donde está ubicado el rollo de película y la posición de los clisés, con el objetivo de que la impresión quede correctamente centrada en la película. Es una validación de medidas desde el borde de la máquina hasta la posición del material. |
| Cuadro de cores | En este punto se realiza el ingreso y ajuste de los cores en el eje embobinador de la máquina, para que el material se enrolle correctamente alrededor de estos cores. |

| | |
|---|---|
| Cambio de cuchillas de corte | Como se estableció en capítulos anteriores, la empresa de estudio realiza un proceso de corte directamente en la máquina impresora, por lo cual la máquina cuenta con el sistema de corte en línea. Esta etapa se refiere a la revisión y cambio de las cuchillas para garantizar el refilado perfecto del material. |
| Calibración de medida en las cuchillas de corte | Como se explicó en la actividad anterior, el proceso de corte en línea exige el ajuste de las cuchillas de corte de acuerdo a las especificaciones finales del material. Durante esta actividad se realiza el posicionamiento de las cuchillas de acuerdo a las medidas de ancho establecidas en el producto para obtener el corte deseado. |
| Prensar las unidades de la máquina | Es el acercamiento de las unidades al sustrato para garantizar que no se presenten vacíos en la impresión. En este proceso se establece la presión ejercida por cada color sobre el sustrato para que todas las mangas entren en contacto con la película y la impresión tenga la calidad óptima. Esta actividad requiere poner en marcha la máquina impresora. |
| Registro del diseño en la máquina impresora | Hace referencia al procedimiento en el cual se posicionan o alinean todos los clisés para que la impresión quede definida óptimamente. Cada color tiene un aporte específico en el diseño y mediante esta actividad se logra que cada una de las tintas imprima en el lugar indicado del diseño. Esta actividad requiere poner en marcha la máquina impresora. |
| Montar el Material requerido para la fabricación del Pedido | Ingreso al desembobinador el rollo de película asignado para el inicio de la producción. |
| Ajuste de Tonos | Incluye el ajuste o modificación de algunas de las condiciones de operación para igualar el patrón de color establecido en el producto. Estas modificaciones pueden incluir, viscosidades, tintas, ánilox, entre otras. |
| Aprobación del diseño | Es la actividad en la cual se establece la conformidad del producto para el arranque de la fabricación. Esta actividad incluye la validación de todas las especificaciones técnicas y gráficas del producto mediante la firma de la muestra generada del proceso de cuadro. |
| Ajuste de Condiciones de operación | Es cuando se ingresan a la máquina las condiciones de operación finales que dieron como resultado la aprobación del diseño. |
| Inicio del nuevo pedido | Es la notificación que se realiza en el sistema indicando el arranque del nuevo pedido. |

Tabla 14. Actividades de cuadro (cambio) en la máquina impresora.

Las actividades presentadas en la tabla anterior están bajo responsabilidad del área productiva y suponen un alistamiento previo por parte de las áreas que prestan servicios, suministran información o insumos a la producción de acuerdo a lo presentado en la figura # 13 de este documento.

Considerando la información correspondiente a las actividades propias del proceso, en la siguiente tabla se presenta la clasificación entre actividades internas y externas en el esquema actual de operación incluyendo los tiempos asignados para cada una de ellas establecidas en los procedimientos de operación estándar aplicados actualmente en el área de impresión de la empresa estudiada:

| Etapas del proceso | Actividad | Actividad Interna | Actividad Externa | Tiempo Estimado (min) |
|------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Pre alistamiento | Recepción de la programación | | X | 2 |
| | Revisión y validación de la información | | X | 10 |
| | Solicitud de Insumos | | X | 2 |
| | Alistamiento de Tintas | | X | 10 |
| | Solicitud de Cores | | X | 2 |
| | Alistamiento de la película | | X | 20 |
| | Recepción del Montaje (mangas y adaptadores) | | X | 5 |
| | Alistamiento de ánulox | | X | 5 |
| Ajuste de Máquina | Cierre de la orden anterior | X | | 2 |
| | Retirar las unidades del tintero (Despresar el diseño) | X | | 8 |
| | Suspender el suministro de tinta a los tinteros | X | | |
| | Retirar excedentes de tinta en la máquina | X | | |
| | Lavado de las unidades de tinta de la máquina | X | | 5 |
| | Desmontar las Mangas del diseño anterior | X | | 12 |
| | Montar las mangas del diseño nuevo | X | | |
| | Desmontar los ánulox utilizados en el diseño anterior | X | | 12 |
| | Montar los ánulox requeridos para el nuevo diseño | X | | |
| | Cambio de ollas | X | | 8 |
| | Cambio de Raclas o Rasquetas | X | | 24 |
| Cerrar unidades de tinteros. | X | | 2,5 | |

| | | | | |
|---------------------------|---|---|---|-----|
| | Medición y ajuste de viscosidades | X | | 8 |
| | Purgar el sistema con la nueva tinta | X | | 24 |
| | Verificación del enhebrado | X | | 0,5 |
| | Cambio de enhebrado | X | | 10 |
| | Montar Material de cuadro | X | | 5 |
| | Verificar el centrado del material | X | | 3 |
| | Cuadre de cores | X | | 2 |
| | Cambio de cuchillas de corte | X | | 3 |
| | Calibración de medida en las cuchillas de corte | X | | 2 |
| Procedimiento de Arranque | Prensar las unidades de la máquina | X | | 4 |
| | Registro del diseño en la máquina impresora | X | | 5 |
| | Montar el Material requerido para la fabricación del Pedido | X | | 5 |
| | Ajuste de Tonos | X | | 15 |
| | Aprobación del diseño | X | | 30 |
| | Ajuste de Condiciones de operación | | X | 5 |
| | Inicio del nuevo pedido | | X | 2 |

Tabla 15. Clasificación entre actividades internas o externas con el tiempo asignado en las PSO.

Cabe resaltar que los tiempos aquí presentados ya han sido establecidos con anterioridad por la empresa y son el resultado de estudios anteriores a este trabajo. Sin embargo, estos valores hacen referencia a un procedimiento ideal y en el cual se cuenta con un óptimo funcionamiento de todos los sistemas automáticos de la máquina.

Adicionalmente, en la tabla # 15 se realizó una agrupación de dichas actividades en tres grandes etapas del proceso. Esta clasificación hace referencia a tres diferentes momentos durante un cambio de pedido y donde las actividades que hacen parte de cada agrupación comparten el objetivo enmarcado en cada caso. Es decir, la etapa del proceso de pre alistamiento agrupa las actividades cuyo objetivo es garantizar que la información asociada con el nuevo producto sea coherente y que además los insumos y materias primas coincidan con las especificaciones ya previamente definidas. Adicionalmente, busca garantizar que todos los proveedores internos estén alineados con la producción del área y no se generen retrasos por falta de disponibilidad de los materiales requeridos para la fabricación del pedido.

Por otra parte, la etapa de ajuste de máquina, hace referencia a las actividades o intervenciones realizadas directamente en la máquina para iniciar la producción del nuevo pedido. Establece o agrupa aquellas actividades que hacen parte de las modificaciones para cambiar de la fabricación del material A al material B, garantizando las especificaciones del nuevo producto. En muchos casos, esta única etapa podría ser considerada como la totalidad del cambio o el proceso real del cuadro, sin embargo, volviendo a la definición inicial de cuadro en este punto todavía no se garantiza la fabricación del primer metro conforme del nuevo producto, simplemente se ha generado un cambio de matriz. Es por esta razón que este análisis incluye la tercera etapa, que se presenta como el procedimiento de arranque. Específicamente en este proceso de impresión flexográfica, el cambio de matriz o el ajuste de máquina no es el único requerimiento para la fabricación del siguiente pedido, es necesaria la ejecución de unas actividades que garantizarán la fabricación del nuevo producto de acuerdo a los estándares de calidad establecidos. Estas actividades son las que finalmente generan una diferenciación en el producto y cuya realización es obligatoria para garantizar la satisfacción del cliente.

Así mismo, como se mencionaba en la explicación detallada de las actividades, el tiempo total requerido para un cambio de producto depende claramente del número de colores utilizados en el diseño saliente y el número de colores requeridos en el diseño entrante, ya que los tiempos establecidos en la tabla # 15 contemplan el cambio en las 8 unidades de la máquina, pero este tiempo podría ser menor si se presenta alguna similitud entre los diseños involucrados, sin embargo la empresa en estudio tiene planteado un único procedimiento de cambio.

Este es uno de los propósitos de la tecnología CMYK, la cual realiza la composición de colores mediante el uso solamente de tintas cian, magenta, amarillo y negro, lo cual genera similitudes entre los diferentes diseños y facilita los cambios. No obstante, esta tecnología puede presentar algunas limitaciones en la sostenibilidad de los tonos a lo largo del pedido, por lo cual de acuerdo a la experiencia del área de diseño pueden incluirse colores especiales independientes.

En algunos casos, el conocimiento de la máquina y del proceso por parte del operario puede llevar a la mejora de algunos de estos tiempos aquí presentados, sin embargo para este

caso están establecidos contemplando un proceso normal en el que el uso de las herramientas y la aplicación de los procedimientos garantizan este resultado.

Como etapa siguiente, se presenta la clasificación de estas actividades de cuadro de acuerdo a los agentes responsables de su ejecución. Como se podrá observar en el siguiente cuadro, durante el proceso está contemplada la intervención de cuatro personas que se describen a continuación:

- Supervisor: Persona responsable de la producción, la calidad y el desempeño general del área durante cada turno de producción.
- Operario: Persona responsable de la máquina durante el turno de producción.
- Ayudante: Segunda persona a cargo de la máquina y apoyo del operario.
- Cuadrillero: Persona encargada del suministro y la limpieza de los insumos de las máquinas (ollas, raclas, flejes, etc.).

| Etapas del proceso | Actividad | Responsable |
|---------------------------|---|------------------------|
| Pre alistamiento | Recepción de la programación | Supervisor |
| | Revisión y validación de la información | Supervisor |
| | Solicitud de Insumos | Supervisor |
| | Alistamiento de Tintas | Supervisor |
| | Solicitud de Cores | Supervisor |
| | Alistamiento de la película | Logística |
| | Recepción del Montaje (mangas y adaptadores) | Supervisor |
| | Alistamiento de ániox | Ayudante |
| Ajuste de Máquina | Cierre de la orden anterior | Supervisor |
| | Retirar las unidades del tintero (Desprensar el diseño) | Operario |
| | Suspender el suministro de tinta a los tinteros | Operario |
| | Retirar excedentes de tinta en la máquina | Ayudante |
| | Lavado de las unidades de tinta de la máquina | Ayudante / Cuadrillero |
| | Desmontar las Mangas del diseño anterior | Operario |
| | Montar las mangas del diseño nuevo | Operario |
| | Desmontar los ániox utilizados en el diseño anterior | Operario |
| | Montar los ániox requeridos para el nuevo diseño | Operario |

| | | |
|---|---|------------------------------------|
| | Cambio de ollas | Ayudante / Cuadrillero |
| | Cambio de Raclas o Rasquetas | Ayudante / Cuadrillero |
| | Cerrar unidades de tinteros. | Ayudante / Cuadrillero |
| | Medición y ajuste de viscosidades | Ayudante |
| | Purgar el sistema con la nueva tinta | Ayudante |
| | Verificación del enhebrado | Operario |
| | Cambio de enhebrado | Operario |
| | Montar Material de cuadro | Ayudante |
| | Verificar el centrado del material | Ayudante |
| | Cuadre de cores | Operario |
| | Cambio de cuchillas de corte | Operario |
| | Calibración de medida en las cuchillas de corte | Operario |
| | Procedimiento de Arranque | Prensar las unidades de la máquina |
| Registro del diseño en la máquina impresora | | Operario |
| Montar el Material requerido para la fabricación del Pedido | | Ayudante |
| Ajuste de Tonos | | Operario |
| Aprobación del diseño | | Supervisor |
| Ajuste de Condiciones de operación | | Operario |
| Inicio del nuevo pedido | | Supervisor |

Tabla 16. Identificación de responsables por actividad.

En el caso de la aprobación del diseño esta es una actividad que determina el arranque del pedido y donde el responsable puede variar dependiendo de las siguientes condiciones:

- **Supervisor:** Diseños que ya han sido fabricados anteriormente por lo menos en una oportunidad y donde ya hay un estándar de color definido previamente.
- **Diseño:** Diseños que se fabrican por primera vez y donde hay unos parámetros claros de aprobación para el color o libertad por parte del cliente para la aprobación interna del nuevo producto.
- **Cliente:** Diseños que se fabrican por primera vez y donde se considera necesaria la aprobación directa del cliente por la criticidad del diseño en aspectos relacionados con el color. Para estos casos el cliente debe hacer presencia en la planta de producción a la hora establecida previamente por los responsables de la programación.

Así mismo, cualquiera que sea el responsable de la aprobación, este es definido con anterioridad durante la programación de las máquinas, para que al momento de ingresarse el pedido a producción, ya se tenga coordinado el personal responsable.

Finalmente, el área de impresión en la empresa de estudio establece los siguientes tiempos para la realización del cambio:

| | Actividad Inicial | Actividad Final | Tiempo establecido |
|--------------------------------|---|---|---------------------------|
| Cuadre con cambio de enhebrado | Retirar las unidades del tintero y suspender el suministro de tinta | Registro del diseño en la máquina impresora | 70 minutos |
| Cuadre sin cambio de enhebrado | | | 60 minutos |

Tabla 17. Tiempo establecido para el cuadre de la máquina en la empresa de estudio.

En la estandarización utilizada actualmente están contempladas las actividades asociadas principalmente al ajuste de máquina, sin embargo deja de lado las actividades posteriores, las cuales también hacen parte del proceso de cuadre pues en este punto todavía no ha iniciado la operación de la máquina, ni la fabricación del pedido.

3.1.2 ETAPA 2: Conversión de actividades internas en externas

Realmente dentro del análisis de las actividades de cuadre, son mínimas las actividades que por alguna razón pueden realizarse con la máquina produciendo, esto debido a que es necesaria su ejecución para llegar a la etapa de aprobación la cual define el arranque del pedido. Es decir, la realización previa de todas las actividades descritas en el procedimiento de cuadre son las que aseguran el éxito en la etapa de aprobación.

La aprobación debe entenderse como una etapa esencial para el arranque del pedido, y bajo ninguna circunstancia está autorizada la fabricación de un material que no haya cumplido este requisito.

Este es el principal limitante para la conversión de las actividades internas en externas. Sin embargo, dentro del mismo análisis, vemos que algunas de las actividades pueden ser ejecutadas durante la fabricación del pedido anterior, como es el caso de los pre

alistamientos (que ya están establecidos como una actividad externa) y las tareas descritas a continuación:

- **Cierre de la orden anterior:** Esta es una actividad que se realiza en un punto externo a la máquina y corresponde a la notificación a través del sistema de información de que ya ha finalizado su fabricación de la orden anterior. Es una actividad que puede ser realizada durante el rodaje de los últimos metros asociados a la orden que se va a notificar y el cual no demanda muchos recursos para su ejecución.
- **Montar material de cuadro:** El sistema desembobinador de la máquina impresora cuenta con un sistema de doble eje con rotación automática para garantizar un suministro continuo del sustrato. Este sistema permite que mientras se está consumiendo el material ingresado en el eje 1, se pueda realizar una intervención en el eje 2 sin afectar la operación de la máquina. Debido a esta tecnología, el rollo del material requerido para el cuadro del siguiente pedido puede ser ingresado a la máquina antes de finalizar la orden anterior.
- **Verificar centrado del material:** Esta actividad está asociada a la actividad descrita anteriormente y de la misma manera como se realiza el ingreso del material de cuadro, se puede realizar la verificación del centrado del material sin afectar la operación de la máquina ya que la intervención se realiza sobre el segundo eje que no está siendo usado en ese momento.
- **Cuadro de cores:** El sistema de embobinado tiene el mismo funcionamiento de doble eje con rotación automática para garantizar un funcionamiento continuo de la máquina. Por lo tanto, se puede realizar una intervención sobre el eje #2 sin afectar el embobinado que está ocurriendo por el eje # 1. De esta manera se propone realizar la ubicación de los cores previamente a la finalización del pedido anterior.

Al realizar un análisis sobre los puntos de intervención para realizar el cuadro de un pedido, se pueden identificar 10 puntos o zonas de intervención en lo que denominamos la máquina, que hace referencia al espacio y lugares donde es necesario ejecutar alguna de las actividades descritas en el procedimiento estándar de operación. Los puntos identificados se presentan a continuación:

| Punto de Intervención | Descripción |
|------------------------------|---|
| Unidades Frontales | Unidades de Tinta # 1 – 2 – 3 – 4 |
| Unidades Posteriores | Unidades de Tinta # 5 – 6 – 7 – 8 |
| Ollas | Ollas de tinta, bombas, sistema de lavado |
| Embobinador | Embobinador Rollos Hijos |
| Desembobinador | Desembobinador Rollo Madre |
| Panel de Control | Sistema de control de la máquina |
| Puerta Frontal | Acceso a los tinteros # 1 – 2 – 3 – 4 |
| Puerta Posterior | Acceso a los tinteros # 5 – 6 – 7 – 8 |
| Rodillos | Sistema de enhebrado de la máquina |
| Externo | Exterior a la máquina |

Tabla 18. Puntos de intervención en la máquina durante el cuadro.

En la siguiente tabla se presenta la asociación entre las actividades propias del cuadro y los puntos de intervención:

| Etapas del proceso | Actividad | Punto de Intervención |
|---------------------------|--|----------------------------------|
| Pre alistamiento | Recepción de la programación | Externo |
| | Revisión y validación de la información | Externo |
| | Solicitud de Insumos | Externo |
| | Alistamiento de Tintas | Externo |
| | Solicitud de Cores | Externo |
| | Alistamiento de la película | Externo |
| | Recepción del Montaje (mangas y adaptadores) | Externo |
| | Alistamiento de ániox | Externo |
| Ajuste de Máquina | Cierre de la orden anterior | Externo |
| | Retirar las unidades del tintero (Despresar el diseño) | Panel de control |
| | Suspender el suministro de tinta a los tinteros | Panel de control |
| | Retirar excedentes de tinta en la máquina | Ollas |
| | Lavado de las unidades de tinta de la máquina | Ollas |
| | Desmontar las Mangas del diseño anterior | Unidades frontales y posteriores |
| | Montar las mangas del diseño nuevo | Unidades frontales y posteriores |
| | Desmontar los ániox utilizados en el diseño anterior | Unidades frontales y posteriores |
| | Montar los ániox requeridos para el nuevo diseño | Unidades frontales y posteriores |
| | Cambio de ollas | Ollas |
| | Cambio de Raclas o Rasquetas | Puertas frontales y Posteriores |

| | | |
|---------------------------|---|---------------------------------|
| | Cerrar unidades de tinteros. | Puertas frontales y Posteriores |
| | Medición y ajuste de viscosidades | Ollas |
| | Purgar el sistema con la nueva tinta | Ollas - Panel de control |
| | Verificación del enhebrado | Rodillos |
| | Cambio de enhebrado | Rodillos |
| | Montar Material de cuadro | Desembobinador |
| | Verificar el centrado del material | Desembobinador |
| | Cuadre de cores | Embobinador |
| | Cambio de cuchillas de corte | Embobinador |
| | Calibración de medida en las cuchillas de corte | Embobinador |
| Procedimiento de Arranque | Prensar las unidades de la máquina | Panel de control |
| | Registro del diseño en la máquina impresora | Panel de control |
| | Montar el Material requerido para la fabricación del Pedido | Embobinador |
| | Ajuste de Tonos | Ollas |
| | Aprobación del diseño | Externo |
| | Ajuste de Condiciones de operación | Panel de control |
| | Inicio del nuevo pedido | Externo |

Tabla 19. Puntos de intervención por cada actividad programada en el cuadro.

Después de contar con esta información, se puede realizar una consolidación de la información relacionada con las actividades externas del proceso de cuadro. La información se presenta en la tabla # 20.

| Etapas del proceso | Actividad | Tiempo Estimado (min) | Punto de Intervención | Responsable |
|---------------------------|--|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Pre alistamiento | Recepción de la programación | 2 | Externo | Supervisor |
| | Revisión y validación de la información | 10 | Externo | Supervisor |
| | Solicitud de Insumos | 2 | Externo | Supervisor |
| | Alistamiento de Tintas | 10 | Externo | Supervisor |
| | Solicitud de Cores | 2 | Externo | Supervisor |
| | Alistamiento de la película | 20 | Externo | Logística |
| | Recepción del Montaje (mangas y adaptadores) | 5 | Externo | Supervisor |
| | Alistamiento de ánulox | 5 | Externo | Ayudante |

| | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|---|------------------|------------|
| Ajuste de Máquina | Cierre de la orden anterior | 2 | Externo | Supervisor |
| | Montar Material de cuadro | 5 | Desembobinador | Ayudante |
| | Verificar el centrado del material | 3 | Desembobinador | Ayudante |
| | Cuadre de cores | 2 | Embobinador | Operario |
| Procedimiento de Arranque | Ajuste de Condiciones de operación | 5 | Panel de control | Operario |
| | Inicio del nuevo pedido | 2 | Externo | Supervisor |

Tabla 20. Clasificación de actividades externas.

Como se puede ver en esta información consolidada, la gran mayoría de las acciones que pueden catalogarse como externas corresponden a actividades cuya intervención no se realiza en la máquina, como es el caso del pre alistamiento. Sin embargo debido a recursos tecnológicos, es posible la intervención de algunos puntos de la máquina sin afectar su operación como es el caso del desembobinador y el bobinador.

Sin embargo, si no contamos con las limitaciones tecnológicas del proceso actual, se podría proponer la ejecución de algunas actividades como externas. Es el caso del ajuste de las cuchillas de corte, cuya intervención de cambio, ajuste y calibración podría realizarse de manera externa si se contara con un sistema intercambiable y no fijo en la máquina. Sin embargo, la mayoría de los puntos de intervención son funcionales en la máquina y cuya intervención requiere necesariamente la detención de la producción.

3.1.3 ETAPA 3: Racionalización y optimización de las actividades del cambio

Después de la “conversión” o clasificación de actividades realizada en la etapa anterior, se realizará una revisión de las actividades internas en el proceso de cambio. Para iniciar esta etapa, en la siguiente tabla se presenta un consolidado de la información asociada a estas actividades:

| Etapa del proceso | Actividad | Tiempo Estimado (min) | Punto de Intervención | Responsable |
|---|---|-----------------------|----------------------------------|------------------------|
| Ajuste de Máquina | Retirar las unidades del tintero (Despresar el diseño) | 8 | Panel de control | Operario |
| | Suspender el suministro de tinta a los tinteros | | Panel de control | Operario |
| | Retirar excedentes de tinta en la máquina | | Ollas | Ayudante |
| | Lavado de las unidades de tinta de la máquina | 5 | Ollas | Ayudante / Cuadrillero |
| | Desmontar las Mangas del diseño anterior | 12 | Unidades frontales y posteriores | Operario |
| | Montar las mangas del diseño nuevo | | Unidades frontales y posteriores | Operario |
| | Desmontar los ániox utilizados en el diseño anterior | 12 | Unidades frontales y posteriores | Operario |
| | Montar los ániox requeridos para el nuevo diseño | | Unidades frontales y posteriores | Operario |
| | Cambio de ollas | 8 | Ollas | Ayudante / Cuadrillero |
| | Cambio de Raclas o Rasquetas | 24 | Puertas frontales y Posteriores | Ayudante / Cuadrillero |
| | Cerrar unidades de tinteros. | 2,5 | Puertas frontales y Posteriores | Ayudante / Cuadrillero |
| | Medición y ajuste de viscosidades | 8 | Ollas | Ayudante |
| | Purgar el sistema con la nueva tinta | 24 | Ollas - Panel de control | Ayudante |
| | Verificación del enhebrado | 0,5 | Rodillos | Operario |
| | Cambio de enhebrado | 10 | Rodillos | Operario |
| | Cambio de cuchillas de corte | 3 | Embobinador | Operario |
| Calibración de medida en las cuchillas de corte | 2 | Embobinador | Operario | |
| Procedimiento de Arranque | Prensar las unidades de la máquina | 4 | Panel de control | Operario |
| | Registro del diseño en la máquina impresora | 5 | Panel de control | Operario |
| | Montar el Material requerido para la fabricación del Pedido | 5 | Embobinador | Ayudante |
| | Ajuste de Tonos | 15 | Ollas | Operario |
| | Aprobación del diseño | 30 | Externo | Supervisor* |

Tabla 21. Clasificación de actividades internas.

Por otra parte, para realizar el análisis de las actividades internas se deben considerar algunas restricciones que tiene el proceso por medidas de seguridad, temas procedimentales o limitaciones en los sistemas de la máquina inclusive si se está haciendo referencia a puntos de intervención diferentes. A continuación se presentan estas restricciones:

- Como se mencionaba anteriormente, la aprobación del diseño es la etapa esencial para dar vía libre a la fabricación del pedido y debe ser la última actividad a realizar entre las actividades internas. Todas las actividades ejecutadas durante las etapas previas tienen el propósito de garantizar el resultado satisfactorio en esta actividad.
- Las actividades de lavado de las unidades de tinta de la máquina no admiten intervenciones en las unidades frontales o posteriores ni en las puertas frontales o posteriores.
- Para realizar el preense y ajuste de registro se requiere haber finalizado el proceso de purga de la tinta en todas las unidades y poner en marcha la máquina, así que esta actividad no admite intervenciones en las unidades frontales o posteriores ni en las puertas frontales o posteriores.
- Antes de desmontar las mangas y los ánilox del diseño anterior, se debe realizar el lavado de las unidades de tinta de la máquina. Esto con el objetivo de evitar derrames y deterioro de los insumos o la máquina.
- El proceso de purga de las tintas permite realizar de forma paralela la intervención sobre las unidades frontales y posteriores solamente para el cambio de mangas. Es decir, no admite la intervención para el cambio de ánilox simultáneamente.

Como se ha podido evidenciar a lo largo de este capítulo, el proceso de cuadro involucra muchas variables tanto de la máquina, los productos y el procedimiento mismo de la empresa de estudio. Dentro del análisis realizado, se presentará una propuesta que de alguna manera ofrezca una aproximación considerando estas variaciones sin llegar a complejizar el proceso actual. Sin embargo, el proceso estandarizado manejado actualmente presenta un espectro muy general dentro de lo encontrado en un cambio de la máquina. Para ofrecer un esquema que de alguna manera se aproxime más a las múltiples situaciones evidenciadas se consideran dos variables de alta influencia en el cambio del pedido, las cuales son el cambio de enhebrado y el número de tintas a cambiar para el siguiente pedido.

Estos dos aspectos mencionados permiten la construcción de un diagrama de decisión que genera tres rutas probables para el procedimiento de cambio. El diagrama se presenta a continuación:

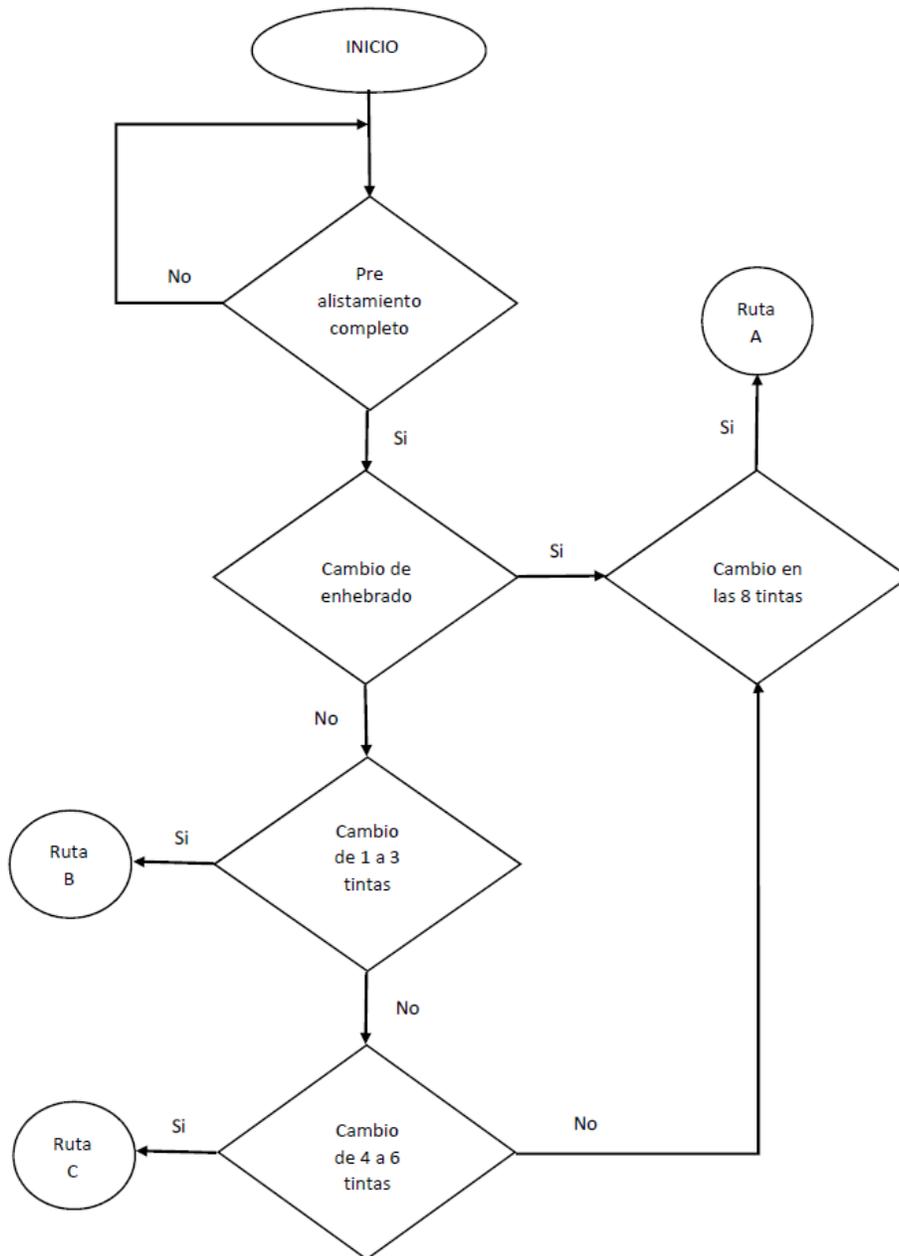


Figura 18. Diagrama de decisión diseñado para el proceso de cuadro.

Este proceso de decisión nos lleva a tres rutas posibles identificadas por A, B y C, que corresponderían a procedimientos diferentes para el proceso de cuadro considerando las condiciones particulares de cada caso. La siguiente tabla presenta de una manera concreta las características del cambio en cada caso.

| | Decisión | Enfoque | Características |
|--------|---|---|--|
| Ruta A | El cambio en el enhebrado de la máquina | El cambio en el enhebrado de la máquina exige una modificación en la trayectoria de la película y el cambio en todas las 8 unidades de la máquina debido a la modificación del orden cromático de las tintas. Adicionalmente, esta ruta sería el esquema a aplicar cuando se realice un cambio en la totalidad de las tintas así no haya cambio de enhebrado. | Se contemplan los tiempos completos para la limpieza, cambio y modificación de los insumos en las 8 unidades de tinta. |
| Ruta B | Cambio en solamente 1 a 3 tintas | Esta ruta está propuesta para aquellos diseños entrantes que conservan la policromía CMYK y donde solamente se realiza modificación de tintas especiales. | Se disminuyen los tiempos asociados a la purga y cambio de insumos solo para un máximo de 3 unidades implicadas en el cambio |
| Ruta C | Cambio de 4 a 6 tintas | En este esquema se incluyen aquellos cuadros que pueden presentar cambio en el orden cromático o los tinteros de la tecnología CMYK y que incluyen colores especiales, "primer" o adhesivos especiales. | Se disminuyen los tiempos asociados a purga y cambio de insumos solo para un máximo de 6 unidades implicadas en el cambio |

Tabla 22. Clasificación de las rutas de cuadro establecidos dentro de la propuesta de mejora.

A partir de estas tres rutas se pretende clasificar y estandarizar el cuadro de los pedidos para las máquinas impresoras, sin llegar a ampliar demasiado las variables de decisión lo cual puede llegar a dificultar la implementación y ejecución en el proceso operativo.

De acuerdo a esta clasificación, se generaron las tres rutas de cuadro considerando las restricciones de operación mencionadas anteriormente, las modificaciones en tiempo mencionadas para cada caso y el personal disponible en este proceso. Las actividades

fueron asignadas de manera secuencial o paralela de acuerdo a la disponibilidad de recursos en el área, el resultado se presenta en un esquema Hombre – Máquina para cada una de las situaciones definidas en el diagrama de decisión presentado en la figura # 18.

Para esta representación se usa una matriz que se compone de tres aspectos principales; en primer lugar se presenta el tiempo asociado a cada actividad, es decir el tiempo total consumido por cada participante en realizar dicha actividad. Luego se presenta el tiempo acumulado en el proceso, que corresponde a la sumatoria de los tiempos consumidos en cada una de las actividades ejecutadas hasta ese momento y tercero se menciona la actividad asociada a esos tiempos. Esta información es presentada de manera simultánea para los diferentes actores involucrados en el cuadro de la máquina y la secuencia está construida de acuerdo a las restricciones contempladas en el diseño de estos procesos. Esta matriz debe ser entendida como una línea de tiempo que se desarrolla a medida que se desciende a través de las actividades allí presentadas.

Los esquemas desarrollados contemplan todas las actividades clasificadas como internas dentro del análisis realizado a través de la metodología SMED. La ejecución de algunas actividades puede variar de responsable en las distintas rutas dependiendo de la ocupación que puedan tener los diferentes actores involucrados, sin dejar de lado la especialidad que maneja cada uno de los cargos. Las tablas #23, #24 y #25 presentan estas matrices para cada una de las rutas ofrecidas por el diagrama de decisión, y la tabla #26 presenta la información consolidada de las mejoras previstas con este nuevo esquema de cambio en las máquinas.

| Tiempo | Acumulado | Operario | Tiempo | Acumulado | Ayudante | Tiempo | Acumulado | Cuadrillero |
|--------|-----------|--|--------|-----------|--|--------|-----------|---|
| 1 | 1 | Retirar las unidades del tintero y suspender el suministro de tinta | | | | | | |
| 10 | 11 | Verificación y cambio de Enhebrado | 4 | 4 | Retirar excedentes de tinta de la MQ (Ollas 1 a 4) | 4 | 4 | Retirar el Excedente de tinta de la MQ (Ollas 5 a 8) |
| | | | 3 | 7 | Cambio de Cuchillas de Corte | 5 | 9 | Lavado de las Unidades de Tinta de la Mq (Sistema automático) |
| | | | 2 | 9 | Calibración de la medida en las cuchillas de Corte | | | |
| 12 | 23 | Desmontar anilox del diseño anterior y montar anilox del nuevo diseño (Unidades frontales y posteriores) | 4 | 13 | Cambio de Ollas (Ollas 1 a 4) | 4 | 13 | Cambio de Ollas (Ollas 5 a 8) |
| | | | 12 | 25 | Cambio de raclas o rasquetas (Puerta Frontal) | 12 | 25 | Cambio de raclas o rasquetas (Puerta posterior) |
| 12 | 35 | Desmontar mangas del diseño anterior y subir mangas del nuevo diseño (Unidades frontales y posteriores) | 1 | 26 | Cerrar puerta Frontal | 1 | 26 | Cerrar puerta posterior |
| | | | 12 | 38 | Purgar sistema con la nueva tinta | 12 | 38 | Purgar sistema con la nueva tinta |
| 5 | 40 | Montar el material requerido para la fabricación del pedido | | | | | | |
| 4 | 44 | Prensar las unidades de la máquina | 8 | 46 | Medición y ajuste de viscosidades | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 5 | 49 | Registro del diseño en la máquina impresora | | | | | | |
| 15 | 64 | Ajuste de Tonos | 15 | 61 | Ajuste de Tonos | | | |
| 30 | 94 | Aprobación | 30 | 91 | Aprobación | | | |

Tabla 23. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta A.

| Tiempo | Acumulado | Operario | Tiempo | Acumulado | Ayudante | Tiempo | Acumulado | Cuadrillero |
|--------|-----------|---|--------|-----------|---|--------|-----------|---|
| 1 | 1 | Retirar las unidades del tintero y suspender el suministro de tinta | | | | | | |
| 3 | 4 | Cambio de Cuchillas de Corte | 5 | 5 | Lavado de las Unidades de Tinta de la Mq (Sistema automático) | 4 | 4 | Retirar excedentes de tinta de la MQ (Unidades en cambio) |
| 2 | 6 | Calibración de la medida en las cuchillas de Corte | | | | | | |
| 12 | 18 | Cambio de Anilox y Mangas de las unidades frontales | 12 | 17 | Cambio de Anilox y Mangas de las unidades posteriores | 12 | 16 | Cambio de raclas o rasquetas (Unidades en Cambio) |
| 5 | 23 | Montar el material requerido para la fabricación del pedido | 2 | 19 | Cambio de Ollas (Unidades en Cambio) | 2 | 18 | Cambio de Ollas (Unidades en Cambio) |
| | | | 5 | 24 | Purgar Sistema con la nueva tinta | 5 | 23 | Purgar Sistema con la nueva tinta |
| 2 | 25 | Cerrar puerta frontal y posterior | | | | | | |
| 4 | 29 | Prensar las unidades de la máquina | 8 | 32 | Medición y ajuste de viscosidades | | | |
| 5 | 34 | Registro del diseño en la máquina impresora | | | | | | |
| 15 | 49 | Ajuste de Tonos | 15 | 47 | Ajuste de Tonos | | | |
| 30 | 79 | Aprobación | 30 | 77 | Aprobación | | | |

Tabla 24. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta B.

| Tiempo | Acumulado | Operario | Tiempo | Acumulado | Ayudante | Tiempo | Acumulado | Cuadrillero |
|--------|-----------|--|--------|-----------|---|--------|-----------|---|
| 1 | 1 | Retirar las unidades del tintero y suspender el suministro de tinta | | | | | | |
| 3 | 4 | Cambio de Cuchillas de Corte | 5 | 5 | Lavado de las Unidades de Tinta de la Mq (Sistema automático) | 6 | 6 | Retirar el Excedente de tinta de la MQ (Unidades en Cambio) |
| 2 | 6 | Calibración de la medida en las cuchillas de Corte | | | | | | |
| 12 | 18 | Desmontar anilox del diseño anterior y montar anilox del nuevo diseño (Unidades frontales y posteriores) | 3 | 8 | Cambio de Ollas (Unidades en Cambio) | 3 | | Cambio de Ollas (Unidades en Cambio) |
| | | | 9 | 17 | Cambio de raclas o rasquetas (Unidades en Cambio) | 9 | | Cambio de raclas o rasquetas (Unidades en Cambio) |
| 12 | 30 | Desmontar mangas del diseño anterior y subir mangas del nuevo diseño (Unidades frontales y posteriores) | 9 | 26 | Purgar sistema con la nueva tinta | 9 | 33 | Purgar sistema con la nueva tinta |
| | | | 5 | 31 | Montar el material requerido para la fabricación del pedido | | | |
| 2 | 32 | Cerrar puerta frontal y posterior | | | | | | |
| 4 | 36 | Prensar las unidades de la máquina | 8 | 39 | Medición y ajuste de viscosidades | | | |
| 5 | 41 | Registro del diseño en la máquina impresora | | | | | | |
| 15 | 56 | Ajuste de Tonos | 15 | 54 | Ajuste de Tonos | | | |
| 30 | 86 | Aprobación | 30 | 84 | Aprobación | | | |

Tabla 25. Diagrama Hombre - Máquina. Ruta C.

En estos diagramas, se generó un esquema completo que contempla las actividades de arranque de máquina que no son consideradas en el modelo actual utilizado en la empresa de estudio, pero que de igual manera hacen parte de las actividades internas del cuadro en el proceso de cambio.

Sin embargo, para realizar un comparativo directo del efecto de la mejora, se contemplaron los tiempos demandados solamente en las actividades contabilizadas en el esquema actual, dando como resultado la siguiente situación:

| | Actividad inicial | Actividad Final | Tiempo estimado actualmente | Nuevo tiempo estimado | % mejora |
|--------|---|---|------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Ruta A | Retirar las unidades del tintero y suspender el suministro de tinta | Registro del Diseño en la máquina impresora | 70 minutos | 49 minutos | 30% |
| Ruta B | | | 60 minutos | 34 minutos | 43% |
| Ruta C | | | 60 minutos | 41 minutos | 32% |

Tabla 26. Comparativo de la mejora respecto al estándar anterior.

Estos nuevos esquemas de cuadro, ofrecen una reducción por encima del 30 % en tiempo respecto a los estándares establecidos actualmente en los procedimientos del área. Sin embargo, estos tiempos tienen como premisa la total confiabilidad de la máquina y un pre alistamiento perfecto respecto a insumos e información.

Adicional al proceso de reestructuración que se generó en el procedimiento de cuadro, se realizó el análisis de algunas actividades críticas cuyo impacto es significativo en los tiempos.

La actividad de aprobación está establecida idealmente para ser ejecutada en 30 minutos, pero en algunos casos, dependiendo de la criticidad del diseño esta puede tomar un tiempo superior. Durante el análisis de esta actividad se han identificado algunos aspectos críticos, los cuales se presentan a continuación:

- Manejo de colores especiales: La política actual del área de diseño establece el uso de la tecnología CMYK mediante la cual se realiza la composición para elaborar

cualquier color parametrizado en el espectro visible. Sin embargo, en algunos casos se pueden presentar dificultades para garantizar la sostenibilidad de estos tonos a lo largo de los pedidos³. Por esta razón, el área de diseño puede, de manera independiente, incluir colores especiales para la impresión de cierto diseño. Estos colores son tintas que no corresponden a ninguno de los colores establecidos en la tecnología CMYK (Cian, Magenta, Amarillo, Negro) y que se definen de acuerdo a un pantone⁴ o un parámetro de color estandarizado. Estas tintas deben ser preparadas con anterioridad, pero en algunas aprobaciones es necesario o se solicita realizar alguna modificación sobre el tono de la tinta para satisfacer algún requerimiento de último minuto del cliente. Esta es una situación que aunque no es generalmente usada para todos los casos, ha sido causal de altos tiempos reportados en la aprobación.

- Ajuste de condiciones de impresión: Uno de los estándares de color utilizados como guía para la aprobación de diseños nuevos es la Sherpa. Esta es una impresión digital sobre un papel plastificado que reproduce el diseño previamente a la producción y que garantiza una fidelidad del 90% respecto a lo que se puede obtener en la máquina. Esta es la herramienta utilizada por el área de diseño para la aprobación de colores y la cual replica previamente el resultado esperado de acuerdo a las condiciones de impresión establecidas. Sin embargo, como se dice anteriormente, la fidelidad de esta prueba de color está garantizada solo en un 90% debido principalmente a las limitaciones tecnológicas del proceso de diseño e impresión, por lo que en algunos casos se hace necesario el ajuste de las condiciones de impresión para garantizar el resultado esperado. Las condiciones que se pueden ajustar durante la aprobación son: Viscosidad de las tintas, lineatura de los ániox y en algunos casos se realiza un cambio de la tinta.
- Falta de claridad en los parámetros de aprobación: Como las aprobaciones de nuevos diseños determinan el estándar de color para una marca o un nuevo producto, esta es una decisión delicada. Por esta razón la persona elegida para realizar la aprobación debe ser idónea y contar con la claridad en los parámetros

³ Este es un parámetro técnico y del know how del área de diseño de la empresa, el cual no hace parte del alcance de este trabajo.

⁴ Marca registrada por PANTONE INC. y hace referencia a un sistema de identificación, comparación y comunicación del color para las artes gráficas.

establecidos en el diseño del producto y en los estándares de la marca. Esta es una situación que en todos los casos no es ideal y puede ser que por parte de los clientes o del diseñador se generen dudas o modificaciones de último minuto en las aprobaciones, lo cual acarrea cambios en las condiciones y puede generar tiempo improductivo atribuido a la aprobación. Cabe señalar que durante la aprobación solamente pueden ser atendidas las solicitudes de modificación que afecten las condiciones de impresión y si la solicitud se sale de estos límites de intervención, el diseño no puede ser fabricado y es necesario reprogramar una nueva fecha de aprobación para el momento en el cual ya se hayan realizado las correcciones.

Adicionalmente, se realizó una revisión sobre la disponibilidad de insumos para optimizar la actividad de cambio de raclas o rasquetas. Esta es una actividad que como se puede ver en los estándares de cuadro generados requiere de un tiempo significativo para ser ejecutada. La limitación para agilizar esta actividad está relacionada con los insumos disponibles para el cambio de estas partes, ya que en un procedimiento óptimo, se debería realizar el cambio de toda la racla, lo cual sería más rápido y eficiente, sin embargo estos insumos se encuentran limitados a un número determinado por máquina.

Otro aspecto que demanda una gran cantidad de tiempo en el proceso de cambio es lo relacionado a las purgas y las limpiezas en los sistemas de tinta. Es importante resaltar que pese a que estas actividades consumen un buen porcentaje de tiempo y recursos, su ejecución adecuada es la garantía para evitar contaminación de tintas y posteriores reprocesos en el cambio. La contaminación de una tinta por un mal procedimiento de lavado y arrastre de trazas que permanezcan en la máquina genera un perjuicio en la efectividad del cambio, pues se debe realizar nuevamente la limpieza y adicionalmente la tinta queda inutilizable.

3.2 Inconvenientes Durante la Producción (ACR)

Como los inconvenientes de tiempos improductivos en el área de impresión no solo están asociados a los cambios de producto o las actividades propias del proceso, es necesario hacer una revisión de aquellos aspectos reportados dentro del análisis de línea base que hacen parte del análisis de Pareto, pero que al mismo tiempo son considerados inconvenientes durante la producción. Los motivos clasificados dentro de esta categoría

generan retrasos que en cierta medida pueden ser injustificados dentro de la operación y cuyos motivos no han sido analizados mediante una metodología que permita atacar la causa raíz. Es por esta razón que este capítulo pretende realizar una identificación sobre esas causas y los responsables asociados que de alguna manera puedan intervenir para solucionar dichos inconvenientes.

El análisis de causa raíz se refiere a un conjunto de herramientas que permiten llegar al origen de una determinada falla o problema, con la intención de generar acciones que impidan que se presente de nuevo. Estas herramientas se derivan de la metodología TPM principalmente y soportan los procesos de mejora continua.

Dentro del grupo de herramientas que componen este tipo de análisis se encuentran los diagramas de espina de pescado, los 5 por qué, análisis de barrera y Kepner-Tregoe, entre otros. Para este caso se usará una metodología de análisis utilizada en la empresa de estudio, la cual realiza una integración entre el análisis de los 5 por qué con la metodología de 5 M's (Máquina, Método, Mano de Obra, Medio Ambiente, Materia Prima).

Los motivos seleccionados para este análisis surgen del estudio realizado en el capítulo 2 y cuyo impacto en los tiempos improductivos hace parte de lo priorizado del análisis Pareto. Los motivos seleccionados y la agrupación propuesta para el análisis de causa raíz es:

- ✓ Limpieza de clisés y porosidad
- ✓ Quitar manchas
- ✓ Tiempo no reportado
- ✓ Daño o fallo mecánico
- ✓ Cambio de ániox o tintero (Cambio de componentes)
- ✓ Limpieza de tambor central
- ✓ Falla en montajes (Montaje defectuoso / corrección)

A continuación se presenta el análisis de causa raíz para estos motivos, de acuerdo a la metodología mencionada anteriormente:

| Limpieza de clisés y porosidad | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| Impacto: Afecta la calidad del producto y el tiempo de corrección implica parada de máquina. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | | | | | |
| Método | La cinta utilizada para los montajes puede ser inadecuada | Existen diferentes tipos de cintas dependiendo la dureza requerida. | Se debe estandarizar el uso de la cinta dependiendo de la trama de la plancha. | La policromía y los sólidos requieren diferentes durezas en la plancha | |
| | Sobre presión en las mangas | Para mejorar la intensidad del color | Al aplicar mayor presión aumenta el tamaño del punto en la impresión | Aumenta el área de contacto del clisé con la película | El clisé recibe y entrega una mayor cantidad de tinta pero se deteriora |
| | Deterioro en las planchas | No se está realizando el control adecuado de la vida útil | No hay un protocolo establecido para el control de la vida útil de las planchas | | |
| Mano de Obra | Deterioro prematuro en las planchas | Ejecución de un mal procedimiento de limpieza del clisé | Uso de herramientas inadecuadas | Premura en la ejecución de la tarea | |
| | | | | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Desgaste del clisé | El clisé se desgastó durante la fabricación del pedido | Se cumplió el tiempo de vida útil del fotopolímero | El espesor de la plancha se redujo hasta el mínimo permitido | El uso del clisé es frecuente |
| | | Desgaste prematuro del clisé | Baja calidad del fotopolímero | Bajo tiempo de curado durante la fabricación | Incumplimiento de los protocolos de fabricación de clisés |
| | Baja Viscosidad en las tintas utilizadas | El diseño lo requiere para lograr la definición esperada | El tamaño del punto en las policromías es muy pequeño | Permite una mayor definición pero impregna más el punto en cada contacto con el ániox | El punto alcanza a ingresar más en las celdas del ániox |

Tabla 27. Análisis Causa Raíz (ACR) para el motivo de Limpieza y porosidad.

| Quitar Manchas | | | | | |
|--|---|--|---|--|--|
| Impacto: Afecta la calidad del producto y el tiempo de corrección implica parada de máquina. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | Hay una gran descarga de tinta | Inconvenientes con la cámara de Tinta | La rasqueta no está alineada | No se validó la sujeción al momento de armar la unidad de tinta | Falta de Capacitación del operario |
| | Golpes en el ánulo | Maltrato en la manipulación | El traslado y la manipulación se realiza de forma manual | No se cuenta con implementos adecuados para la manipulación y almacenamiento de los ánulos | |
| | Suciedad en el tambor central o en los clisés | Un adhesivo (cinta) se adhiere a la superficie | Durante el cambio de rollo madre se liberó un excedente de cinta | Para conservar la máquina enhebrada es necesario realizar pegues entre los rollos madre | Es la manera de dar continuidad a la producción |
| | Suciedad en los clisés | Un grumo de tinta se adhiere al clisé | En los bordes de la cámara de tinta o en las rasquetas se presenta una acumulación de tinta | En pedidos largos, No hay una limpieza periódica de los excesos de tinta | Implica Tiempo Improductivo |
| Método | | | | | |
| Mano de Obra | | | | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Levantamiento de clisés | Falta de adhesión del clisé a la manga | Deformación del clisé | Desgaste del clisé | Se cumplió el tiempo de vida útil del fotopolímero |
| | | | Al iniciar la producción los solventes utilizados hincharon los clisés | El montaje no se realizó de una manera adecuada | No se validó la adhesión del clisé a la manga |

Tabla 28. Análisis Causa Raíz (ACR) para las manchas durante la impresión.

| Tiempo No Reportado | | | | | |
|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------|
| Impacto: Desconocimiento del motivo real asociado al tiempo improductivo del área. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | | | | | |
| Método | | | | | |
| Mano de Obra | El operario de la máquina no asocia el tiempo a la causa correcta | El operario no lo considera relevante | No conoce la importancia del reporte | No se ha hecho la retroalimentación necesaria | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | | | | | |

Tabla 29. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo no reportado.

| Daño o fallo mecánico | | | | | |
|----------------------------|---|--|---|--|--|
| Impacto: Parada de Máquina | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | Hay desgaste en alguna pieza de la máquina | Durante el mantenimiento preventivo no se evidenció | El protocolo no contempla la revisión de esta pieza durante el mantenimiento preventivo | Es una pieza que no requiere atención periódica | No es una falla frecuente |
| | | No hay repuestos para esa pieza | Solo se solicita bajo la evidencia de un daño | Es una pieza muy costosa y no se tiene disponible en inventario | Se debe fortalecer el programa de mantenimiento predictivo |
| Método | Se realiza algún procedimiento inapropiado durante la operación de la máquina | Desarrollo de procedimientos inadecuados por parte del operario | Facilidad en la ejecución de las labores sin considerar consecuencias | Desconocimiento de los procedimientos estandarizados | Falta de capacitación en la ejecución de los procedimientos estandarizados |
| | El mantenimiento preventivo no es efectivo. | No están programados la revisión de piezas fundamentales de la máquina | El tiempo programado para el mantenimiento no es suficiente | La revisión requiere el desmonte y la calibración de varios sistemas | |
| Mano de Obra | | | | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | | | | | |

Tabla 30. Análisis Causa Raíz (ACR) para los daños mecánicos.

| Cambio de Componentes (ánilox o tintero) | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|
| Impacto: Afecta la calidad del producto y el tiempo de corrección implica parada de máquina. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | Hay una gran descarga de tinta | Inconvenientes con la cámara de Tinta | La rasqueta no está alineada | No se validó la sujeción al momento de armar la unidad de tinta | Falta de Capacitación del operario |
| | Golpes en el ánilox | Maltrato en la manipulación | El traslado y la manipulación se realiza de forma manual | No se cuenta con implementos adecuados para la manipulación de los ánilox | El espacio disponible para el almacenamiento y traslado de los ánilox es escaso |
| | El ánilox requiere una limpieza | Suciedad o taponamiento en el ánilox | El porcentaje de sólidos en las tintas afecta las celdas del ánilox | Al evaporarse el solvente de las tintas los sólidos van quedando adheridos al ánilox | El proceso de limpieza es deficiente o la frecuencia no es adecuada |
| Método | Se requiere un cambio de ánilox en la aprobación | El ánilox asignado en las condiciones de impresión no es el adecuado | No ofrece la tonalidad requerida por el diseño | La asignación se realiza mediante un cálculo teórico | Es una limitación tecnológica del proceso flexográfico |
| Mano de Obra | | | | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Suciedad o taponamiento en el ánilox | Limpieza deficiente | La limpieza regularmente se realiza de manera manual, la limpieza especializada no es frecuente | El proceso de limpieza especializada es costoso y demorado. | Se necesita definir un protocolo para la limpieza especializada de los ánilox |
| | Cambio de Tintero por contaminación | Se presentó una contaminación entre líneas de tinta o colores | La tinta Ingresada a la máquina no es de las mismas características de la que se estaba utilizando | Falta de validación por parte de los responsables | |

Tabla 31. Análisis Causa Raíz (ACR) para el cambio de componentes.

| Limpieza del Tambor Central | | | | | |
|--|---|--|---|--|--|
| Impacto: Afecta la calidad del producto y el tiempo de corrección implica parada de máquina. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | La película entra desalineada al tambor central y la impresión cae por fuera de la película | Falla en el sistema de alineación de la máquina impresora | No ofrece una reacción oportuna a la variación de ancho del rollo madre | Fallas en el mantenimiento del dispositivo | |
| | | | | | |
| Método | Un adhesivo (cinta) se adhiere a la superficie | Durante el cambio de rollo madre se liberó un excedente de cinta | Para conservar la máquina enhebrada es necesario realizar pegues entre los rollos madre | Es la manera de dar continuidad a la producción | |
| | | | | | |
| Mano de Obra | | | | | |
| | | | | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| | | | | | |
| Materia Prima | La película entra desalineada al tambor central y la impresión cae por fuera de la película | Hay variación del ancho en el rollo madre | La variación es tan significativa que no alcanza a ser corregida por el sistema de alineación de la máquina impresora | El material fue producido sin refile y esto afecta la calidad del embobinado | El refile genera un aumento en el indicador de desperdicio del área de extrusión |
| | El material se revienta y la impresión queda en el tambor central | El material no ofrece la resistencia esperada | La tensión de la máquina impresora puede ser excesiva | No se cumple con las condiciones de impresión recomendadas y estandarizadas para el material | Incumplimiento en los procedimientos estandarizados del área |

Tabla 32. Análisis Causa Raíz (ACR) para limpieza de tambor central.

| Fallas en montajes o desregistro | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
| Impacto: Afecta la calidad del producto y el tiempo de corrección implica parada de máquina. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | Se debe garantizar la calidad de las mangas | Para que todos los colores presenten la misma excentricidad | Se pudo haber presentado un deterioro en las mangas | Por prácticas inadecuadas de manipulación. | No se divulgan apropiadamente las prácticas de manipulación para las mangas. |
| | Las desviaciones normales del proceso no son absorbidas por el montaje | La máquina, las planchas, las cintas y las mangas tienen una variación normal | El trapping en el diseño no es suficiente para mitigar la desviación. | Desde diseño no se está generando el trapping adecuado. | Desconocimiento de los problemas que se están generando en el registro del diseño. |
| | La máquina para realizar el montaje está descalibrada | El mantenimiento no ha sido efectivo | La máquina es muy especializada y el personal de mantenimiento no está capacitado | No se ha realizado la capacitación correspondiente | |
| Método | Se puede estar presentando un deterioro excesivo de las planchas | El procedimiento de limpieza no es el adecuado | El uso de solventes en exceso afecta el espesor y la dureza de las planchas. | La concentración del solvente no es adecuada de acuerdo a la recomendación del proveedor. | |
| | El proceso de montaje es manual y no se logra la precisión requerida | Las herramientas disponibles no son óptimas para ese nivel de precisión | Se requiere una mayor resolución en las cámaras o instrumentos | Para minimizar la desviación del procedimiento realizado manualmente | |
| Mano de Obra | Se realizó un procedimiento inadecuado durante el montaje | Desconocimiento por parte del operario respecto a las prácticas operativas | Inexperiencia en el cargo | Falta de capacitación y experiencia en las prácticas operativas | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Falta de Adhesión entre el fotopolímero y la manga | Baja adherencia de la cinta adhesiva | El montaje se realizó en un corto tiempo | En la programación del área no estaba contemplada la realización de este montaje | El producto se programó urgentemente |
| | Un clisé presenta una falla que impide la producción | La definición del mismo es inadecuada | Baja calidad del fotopolímero | Bajo tiempo de curado durante la fabricación | Incumplimiento de los protocolos de fabricación de clisés |
| | El diseño a imprimir presenta un error | El diseño está diferente a lo solicitado por el cliente | No se validó la información de ingreso | El área encargada omitió la validación del diseño | Incumplimiento de los protocolos en el área de diseño |

Tabla 33. Análisis Causa Raíz (ACR) para las fallas en montajes y desregistro.

Como se presenta en el análisis realizado, el impacto más comúnmente generado por todos estos inconvenientes está asociado con defectos de calidad. El tiempo improductivo es una implicación indirecta sobre estos motivos pero que en el caso de este proyecto constituye el factor de estudio. El tiempo improductivo no es directamente generado por la falla, sino que es generado por la corrección a estos inconvenientes. Es por esta razón que el análisis de causa raíz se vuelve tan importante para lograr mitigar con acciones preventivas las consecuencias de calidad y así mismo las consecuencias en productividad.

Adicionalmente, como resultado de este ejercicio, se puede evidenciar que en su mayoría las causas de estos inconvenientes están asociadas a factores de las áreas productivas que constituyen los proveedores internos de impresión. Por esta razón es necesaria la integración de estas áreas compartiendo el objetivo de optimización establecido en el proceso de impresión, pues implica la colaboración y la mejora en estas divisiones de servicio. Entre estos inconvenientes generales evidenciados hay aspectos claros que se deben fortalecer tales como la efectividad y estandarización de los procesos desarrollados por estas fuentes de bienes o servicios y la capacitación en torno a ellos. Como caso particular, se hace referencia en múltiples ocasiones al proceso de montajes, en el cual se preparan los clisés para ser introducidos al proceso de impresión. Este definitivamente es un proceso crítico dentro de la cadena de suministro y debe ser confiable para garantizar la efectividad del área respecto a las metas de producción y calidad.

Así mismo no se puede desconocer el impacto que genera un buen servicio de mantenimiento para garantizar la confiabilidad de la máquina y así mismo de la producción. Esta función desarrollada por esta área funcional es necesario reforzarla mediante el diseño de un programa de mantenimiento preventivo y predictivo que sea creado de forma conjunta entre los directamente afectados y los proveedores del servicio. Esto con el objetivo de aprovechar no solo la experiencia del usuario en el direccionamiento de dicho plan sino para que se genere una apropiación de esta actividad por parte de todos los interesados y no se convierta en un obstáculo para la producción sino en una oportunidad para la mejora.

Al evidenciar la efectividad de este proceso de análisis, se realiza la inclusión de otros dos motivos cuya conclusión en este proceso puede ser de gran aporte para la generación de acciones efectivas en la mejora de los tiempos improductivos. Uno de los motivos

involucrados hace parte de las actividades propias del proceso y es el ajuste de tonos ya que como se pudo evidenciar en el análisis SMED realizado previamente es una actividad del procedimiento de arranque cuyo tiempo de ejecución está estimado en 15 minutos y que de acuerdo a los reportes de tiempo improductivo obtenidos en el área, el tiempo requerido en realidad puede ser mayor. Por otra parte el otro motivo incluido en el análisis corresponde a la espera por insumos, el cual hace parte de una actividad contemplada en el pre alistamiento del cuadro y que puede aportar información importante para ser considerada dentro de las acciones de mejora.

A continuación se presentan las matrices correspondientes a estos análisis adicionales:

| Ajuste de Tono | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
| Impacto: Requiere su ejecución para continuar con la etapa de aprobación y el tiempo de ajuste implica tiempo improductivo. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | El ániox no entrega la cantidad de tinta prevista | Se presenta una reducción en la capacidad de entrega de las celdas | El proceso de limpieza es deficiente o la frecuencia no es adecuada | Los mecanismos de control no están establecidos | |
| | Se requiere una verificación integral de la máquina | Pueden haber componentes descalibrados | No fueron incluidos en la revisión periódica de la máquina o no fue detectada su desviación | No se ha realizado la verificación general de la máquina mediante un finger print | No se ha determinado una frecuencia específica para la realización del finger print |
| Método | Puede presentarse una variación en la intensidad de las tintas | Corresponde a diferentes lotes de fabricación | Fallas en la estandarización del proceso de fabricación de las tintas | Requiere una intervención más detallada en el control de las variables del proceso. | |
| Mano de Obra | Se requiere un mayor apoyo por parte del colorista en el momento del ajuste de tono | El conocimiento del colorista es muy valioso para agilizar esta actividad | La experiencia del colorista es muy valiosa para soportar decisiones relacionadas con la tinta | | |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Puede presentarse una variación en la intensidad de las tintas | Corresponde a diferentes lotes de fabricación | El chip base puede tener diferente intensidad de color | Porque las variaciones no son detectadas en la recepción de la materia prima | Las medidas de control no son suficientes para garantizar la homogeneidad de los insumos |
| | | | | | |

Tabla 34. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo improductivo por ajuste de tonos.

| Espera de Insumos | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|
| Impacto: Tiempo improductivo durante el cuadro del pedido. | | | | | |
| | 1° Por Qué | 2° Por Qué | 3° Por Qué | 4° Por Qué | 5° Por Qué |
| Máquina | | | | | |
| Método | La solicitud de insumos es tardía | La notificación del cambio fue tardía | La comunicación entre las áreas se realiza de una manera informal | Falta de un procedimiento definido para la solicitud de insumos | |
| Mano de Obra | Falta de capacitación del personal del área de palanganas | Inexperiencia en el cargo | El escalafón manejado por el área de impresión indica que el ingreso del personal es por palanganas | El cargo requiere competencias y habilidades que no están explícitas en la descripción y que por lo tanto no se exigen al ingreso | Se realiza una labor operativa que no representa un riesgo para la seguridad del personal |
| Medio Ambiente | | | | | |
| Materia Prima | Los insumos no son suficientes para atender la demanda del área | No se cuenta con insumos limpios al momento del cuadro | Los procedimientos del área de palanganas son demorados | Se deben desarmar y lavar manualmente todas las piezas impregnadas de tinta | Para evitar la contaminación por el uso de piezas sucias |
| | No se han entregado los cores requeridos para la producción | El área logística no realizó el alistamiento de los mismos | La persona encargada no es suficiente para atender la demanda de toda la planta | Algunos cores requieren ser cortados a la medida y exigen más tiempo de alistamiento | El corte de los cores se realiza en una máquina con baja automatización |
| | No se han entregado las tintas requeridas para la producción | El área de coloristas no realizó el alistamiento de las tintas | La fabricación del producto no estaba contemplada en la programación | El área logística recibió el requerimiento de manera tardía | El área comercial notificó el requerimiento de manera tardía |

Tabla 35. Análisis Causa Raíz (ACR) para el tiempo de espera por insumos.

Finalmente, mediante este análisis surge una gran conclusión relacionada con la confiabilidad de los procesos que proveen la materia prima, los insumos o los servicios al área de impresión y donde se deben aplicar en algunos casos medidas inmediatas para la mitigación del impacto generado sobre los tiempos improductivos. Así mismo, todas las acciones de mejora resultantes de este proceso de análisis deben ser proyectadas con una continuidad a largo plazo, e incluso algunas cuyo alcance es superior deben ser contempladas y diseñadas como un proyecto integral de mejora. Esto no excluye la responsabilidad del área de impresión respecto a los indicadores de tiempo improductivo y la mejora sin duda debe ser dirigida, coordinada y controlada por esta área, que es la directamente afectada.

Por otra parte, se hace necesaria la inclusión de todas las áreas involucradas directa o indirectamente con estas acciones y preferiblemente en todos los niveles organizacionales que cada una contemple para lograr un compromiso y una apropiación en la implementación de estas acciones de mejora. La comunicación de los objetivos y planes establecidos para lograrlos, constituyen un principio para garantizar la efectividad en la implementación de un proyecto de mejora de esta magnitud.

Las acciones originadas de este análisis con sus indicadores y responsables son presentadas en el protocolo de implementación que se presenta a continuación.

3.3 Protocolo de implementación

Para la implementación de este proyecto de mejora se recomienda aplicar las siguientes fases:

3.3.1 FASE 1. Erradicación o minimización de impactos por inconvenientes de producción.

En primera medida se recomienda la erradicación o minimización de impactos por inconvenientes de producción porque no solo generan un impacto en los resultados de los indicadores, sino que también representan una herramienta para fomentar y motivar un interés por parte del personal en la atención de este inconveniente. Adicionalmente, la implementación de los cambios a través de la metodología SMED debe estar soportada en la confiabilidad por parte de los procesos estandarizados ofrecidos por los proveedores internos.

Para presentar las acciones de mejora asociadas a esta etapa de implementación, se realizó la planeación mediante la metodología HOSHIN KANRI en la cual se esquematizan todos los aspectos involucrados para la ejecución de estas acciones, partiendo del objetivo estratégico de la mejora en los tiempos improductivos del área. Para consultar los principios de esta metodología de planeación estratégica se puede consultar el **Anexo A** de este documento. Esta metodología contempla la elaboración de la Matriz X, que constituye la herramienta fundamental para organizar toda la información involucrada con los objetivos estratégicos. A continuación se presenta la matriz X elaborada para este proyecto:

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|---|---|
| X | X | X | X | Capacitación sobre el impacto de este proyecto para la reducción de los tiempos improductivos | X | X | X | X | | | | | X |
| | X | | | Apoyo en las herramientas de diseño (trapping) para minimizar las desviaciones en el proceso de montajes | X | | | | | X | | X | |
| | X | | | Verificación de las excentricidades reportadas por todas las mangas del área | X | | | | | X | | | |
| | X | | | Adquisición de mangas tipo premium | X | | | | | X | | | X |
| | X | | | Cambio en el sistema de almacenamiento de las mangas para evitar deterioro | X | | | | | X | | | X |
| | X | | | Capacitación sobre la limpieza adecuada de los clises (solventes y procedimiento) | | | | X | | | | | X |
| | X | | | Uso de tramas avanzadas en el diseño de acuerdo a la recomendación del proveedor | X | | X | | | | | X | |
| | X | | | Estandarización en el uso de las cintas o los acolchados para los montajes | X | | X | | | X | | | |
| | X | | | Desarrollo de un protocolo para el control y remplazo de planchas por deterioro | X | | X | | | X | | | |
| | X | | | Uso de una nueva cinta para reforzar la zona de los empates de los clisés sobre las mangas | X | | X | | | X | | | |
| | X | | | Arreglo del sistema de extracción de solvente durante el proceso de fabricación de planchas | X | | X | | | X | | | |
| | | X | X | Desarrollo de un programa controlado para la limpieza de los ániox | | | | | X | | | | X |
| | | X | X | Uso del fingerprint como herramienta periódica para la estandarización del proceso | | | | | X | | | | X |
| | | X | | Desarrollo de un nuevo procedimiento para la aprobación de pedidos | | | | | X | | | | X |
| X | | | | Fortalecimiento del programa de mantenimiento preventivo y predictivo en el área de impresión y montajes | | X | | | | | | X | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Aumentar la confiabilidad del mantenimiento realizado en las máquinas impresoras</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Garantizar la calidad requerida en los montajes suministrados a Impresión</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Agilizar el proceso de aprobación</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Agilizar el procedimiento de ajuste de color</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; margin: 10px 0;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Objetivos a Corto Plazo</div> <div style="text-align: center;"> <p>Acciones de mejora</p> <p>Metas</p> <p>Objetivo Estratégico</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Metas</div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Fallas en montajes = 0</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Tiempos improductivos generados por el área de mantenimiento < 1%</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Reducción en un 50% de los tiempos improductivos generados por limpieza y porosidad</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Reducción en un 50% de los tiempos por ajuste de tonos y aprobaciones</div> </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>RESPONSABLES</p> <p>Área de montajes</p> <p>Departamento de mantenimiento</p> <p>Departamento de diseño</p> <p>Área de impresión</p> </div> | | | | | | | | | | | | | |
| X | X | X | X | Reducir los tiempos improductivos asociados a los inconvenientes de producción identificados en el área de impresión | | | | | | | | | |

Tabla 36. Matriz X - Resultado planeación estratégica Hoshin Kanri

Como se evidencia en la matriz X, mediante esta metodología se pretende desglosar el objetivo estratégico (largo plazo) en objetivos a corto plazo que luego se convertirán en acciones de mejora. Así mismo, estas acciones tienen que estar acotadas bajo una meta cuantificable que permita realizar un seguimiento y control de la efectividad de dichas medidas.

Como resultado de este ejercicio se generan múltiples actividades algunas de las cuales pueden ser ejecutadas de manera inmediata. No obstante, en otros casos, estas actividades pueden llegar a ser de gran alcance y necesitan la planeación de un proyecto de gran magnitud. Tal es el caso del programa de mantenimiento preventivo y predictivo considerado para aumentar la confiabilidad y funcionalidad de la máquina impresora. Este programa debe ser establecido poniendo sobre la mesa aspectos que van más allá del alcance de este proyecto como es el caso de los presupuestos destinados para este fin, además de que su estructura no puede limitarse únicamente a esta área productiva sino que debe ser coherente con todos los procesos de la organización.

3.3.2 FASE 2. Implementación de cambios SMED.

Después de ganar terreno en lo relacionado a la confiabilidad de los procesos ejecutados en las áreas de proveeduría interna, se puede aplicar la mejora en lo relacionado al cuadro de pedido de acuerdo a lo obtenido en el capítulo 3,1 de este documento. Para esta fase de implementación se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el procedimiento eficiente de cambio se hace fundamental la correcta y oportuna ejecución de las actividades asociadas con el pre alistamiento, por tal razón es fundamental concientizar y capacitar al personal respecto a la correcta revisión y verificación de todos los elementos asociados con el pre alistamiento del cuadro.
- Se debe garantizar la disponibilidad de insumos y herramientas óptimas para el trabajo operativo durante el cambio y es posible que en algunos casos, se deba realizar una inversión por parte de la empresa en caso de querer lograr una mejora de mayor impacto a la presentada en este trabajo. El protocolo presentado se ajusta

a los recursos actuales que tiene el área, pero la mejora podría llegar a ser más significativa con desarrollo tecnológico e inversión por parte de la empresa de estudio. Sin embargo, la reducción propuesta en este protocolo supera las expectativas iniciales asociadas a este proyecto.

- La capacitación es un aspecto primordial en la correcta implementación de los nuevos procedimientos de cuadro, pues según lo expuesto en los diagrama hombre-máquina generados al final de la sección 3,1 algunas actividades pueden quedar programadas para ejecución por parte de un cargo u otro. Además la capacitación no debería ser enfocada solamente a un campo técnico para la correcta ejecución de las actividades, sino que también debería incluir la divulgación y concientización del personal involucrado en el cambio para propiciar la mejora. En varios casos hay situaciones evidenciadas en los ejercicios de observación donde el tiempo no hace parte de la preocupación directa del personal operativo y mientras se cumpla con los tiempos establecidos previamente “la situación está bajo control”, pese a que la operación podría ser efectuada de una manera más eficiente y en un tiempo considerablemente menor.

Para este proceso de implementación no es conveniente especificar tiempos de ejecución en las tareas propuestas ya que su aplicación depende en gran medida de los procesos internos de la organización y la disponibilidad de recursos contemplados para la implementación de esta mejora.

4. Conclusiones y Recomendaciones

El protocolo desarrollado a lo largo de este proyecto, constituye el primer paso en la implementación de una cultura organizacional enfocada en la mejora continua de sus procesos, y donde en este caso particular, la aplicación de la metodología SMED ofrece un nuevo estándar de cuadro en la máquina que permite la reducción hasta del 43% en los tiempos improductivos reportados en el área de impresión de la empresa estudiada. Es importante resaltar que aunque la metodología SMED constituye el pilar de este proyecto, el uso de otras herramientas de análisis complementarias fueron las que permitieron lograr un panorama completo del objeto de estudio y las que permitieron profundizar en aspectos que habrían quedado excluidos del planteamiento inicial.

Este proyecto es pionero en la empresa estudiada y busca ofrecer ventajas operacionales frente a un mercado tan competitivo como el evidenciado en el entorno nacional. Es importante que esta empresa, que se caracteriza por su posición de liderazgo en el país, se mantenga en un estado constante de observación y evaluación de sus procesos internos para ir un paso adelante en la búsqueda de la diferenciación.

Durante el desarrollo de este proyecto surgieron tres grandes factores de modificación y mejora; el primero está relacionado con la estandarización del proceso, el segundo con la planeación de la operación y finalmente no se puede dejar de lado el aspecto motivacional del factor humano.

Primero, en la medida en que se logren estandarizar las condiciones de operación y prevalezca el uso de la tecnología CMYK frente a los colores especiales, el proceso de cambio tendrá un menor impacto en los tiempos improductivos del área. Por esta razón se debe seguir trabajando desde la etapa de diseño en el fomento de dicha tecnología y en la medida de lo posible en la desaparición del uso de las tintas con colores especiales.

Segundo, el pre alistamiento se convierte en una de las labores más importantes para garantizar una operación adecuada en el cambio. Esta etapa concluye todo el proceso de planeación realizado con anterioridad y en el cual se consolida la información e insumos provenientes de múltiples fuentes. No se debe escatimar en el trabajo de concientización y capacitación relacionado con el pre alistamiento y se recomienda poner en práctica herramientas de control para garantizar la correcta ejecución de esta etapa.

Y finalmente, para una implementación efectiva de la propuesta de mejora ofrecida en este proyecto, se recomienda la generación de un programa de incentivos para el personal involucrado. Generalmente los cambios en los modelos mentales requieren un fuerte trabajo de concientización y acompañamiento al personal en todos los niveles organizacionales, sin embargo no se puede desconocer el hecho de que en algunos niveles más que en otros el fomento o la motivación puede ser promovida con incentivos económicos o reconocimientos simbólicos de otra índole. Este puede constituir un punto clave para vencer las barreras y la resistencia al cambio comúnmente presentada durante la generación de cambios en las prácticas y rutinas ya establecidas.

Vale la pena resaltar la gran labor realizada por el personal directivo del área de impresión, respecto al control de información en el proceso y manejo de indicadores. Como se ha dicho anteriormente este trabajo hace parte de un objetivo estratégico para la optimización de los procesos productivos de la empresa y mediante un correcto manejo de la información es viable realizar un diagnóstico como el presentado en este proyecto y aprovechar las innumerables oportunidades de mejora.

Bibliografía

- [1] Allahverdi, A., & Soroush, H. M. (2008). *The significance of reducing setup times/setup costs*. European Journal of Operational Research, 187(3), 978-984. doi:10.1016/j.ejor.2006.09.010
- [2] Arrieta Juan Gregorio ; Muñoz, J. D.; S. E. A.; S. G. S. (2011). *Aplicación Lean Manufacturing en la Industria Colombiana. Revisión de Literatura en Tesis y Proyectos de Grado. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011)*, Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellin, Colombia.
- [3] Bruszies, C. J. (2012). *Notas de Clase – Gerencia Estratégica Contemporanea*. Universidad Nacional de Colombia, Capítulo: The Strategic Management process, Diapositivas 58-68.
- [4] Cakmakci, M. (2009). *Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 41(1/2), 168-179.
- [5] Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011). *A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives*. International Journal of Production Research, 49(14), 4397-4413. doi:10.1080/00207543.2010.548409
- [6] Hernandez-Matias, J., Vizan, A., Hidalgo, A., & Rios, J. (2006). *Evaluation of techniques for manufacturing process analysis*. Journal of Intelligent Manufacturing, 17(5), 571-583. Springer Netherlands. doi:10.1007/s10845-006-0025-1
- [7] Hicks, B J. (2007). *Lean information management: Understanding and eliminating waste*. International Journal of Information Management, 27(4), 233-249. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001
- [8] Hicks, B. J., & Matthews, J. (2010). *The barriers to realising sustainable process improvement: A root cause analysis of paradigms for manufacturing systems*

- improvement*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 23(7), 585-602. doi:10.1080/0951192X.2010.485754
- [9] Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). *Adapting lean manufacturing principles to the textile industry*. Production Planning & Control, 22(3), 237-247. doi:10.1080/09537287.2010.498577
- [10] JT, B. (2007). *Design rules for implementing the Toyota Production System*. International Journal of Production Research, 45(16), 3639-3664. doi:10.1080/00207540701223469
- [11] KING, P. L. (2009). *SMED IN THE PROCESS INDUSTRIES*. Industrial Engineer: IE, 41(9), 30-35. Institute of Industrial Engineers. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=43817518&lang=es&site=ehost-live>
- [12] Kusar, J., Berlec, T., Zefran, F., & Starbek, M. (2010). *Reduction of machine setup time*. Journal of Mechanical Engineering, 56, 833-845. Retrieved from <http://ojs.sv-jme.eu/index.php/sv-jme/article/download/162/149>
- [13] McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). *A critical evaluation of Shingo's "SMED" (Single Minute Exchange of Die) methodology*. International Journal of Production Research, 38(11), 2377-2395. doi:10.1080/00207540050031823
- [14] McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). *Changeover improvement: A maintenance perspective*. International Journal of Production Economics, 73(2), 153-163. doi:10.1016/S0925-5273(00)00170-5
- [15] Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Chemical Engineering Research and Design, 83(6), 662-673. doi:10.1205/cherd.04351
- [16] Meredith, J., Grove, A., Walley, P., Young, F., & Macintyre, M. (2011). *Are we operating effectively? A lean analysis of operating theatre changeovers*. Operations Management Research, 4(3), 89-98. Springer New York. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/s12063-011-0054-6>
- [17] Murillo Alfonso Boris Ernesto; Meza Gallardo, N. F. (2003). *Diseño y evaluación de un procedimiento de cambio rápido de herramientas (molde-troquel) en una termoformadora de vasos plásticos desechables*. Universidad Nacional de Colombia.

- [18] Paredes Rodriguez, F. (2007). *Preparación rápida de máquinas: El sistema SMED*. Lean Manufacturing Center.
- [19] Perinić, M., & Ikonić, M. (2009). *Die casting process assessment using single minute exchange of dies (SMED) method*. Metalurgija, 48(3), 199-202. Retrieved from http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=56090
- [20] Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*.
- [21] Shingo, S. (1996). *Quick Changeover for Operators: The SMED System*.
- [22] Strickland, B. (1997). *Quick Changeover for Operators: The SMED System: Productivity Press Development Team 1996* Productivity Press, 77 pp. Journal of Manufacturing Systems, 16(3), 233-234. doi:10.1016/S0278-6125(97)88894-2
- [23] Sugai Miguel; Ian McIntosh, R.; N. O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gestão & Produção, V. 14, p. 323 - 335.
- [24] Ulutas, B. (2011). *An application of SMED Methodology*. World Academy of Science, Engineering & Technology, 79, 100-103. Retrieved from <http://www.sinab.unal.edu.co:2109/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=65462118&lang=es&site=ehost-live>
- [25] Whitcher, B. J., & Butterworth R. (1997). *Hoshin Kanri: A preliminary overview*. Total Quality Management, V. 8, p.319 - 323.
- [26] Whitcher, B. J. (2003). Policy management of strategy (hoshin Kanri). Strategic Change. V. 12, p. 83 – 94. doi:10.1002/jsc.617

5.Anexos

A. ANEXO: Planeación estratégica - Metodología HOSHIN KANRI

La metodología HOSHIN KANRI fue creada en Japón hacia la década de 1960 como una herramienta para la planeación, implementación y revisión de los objetivos estratégicos definidos en una organización. Este concepto fue posteriormente introducido a la audiencia occidental en el año 1991 por Yoji Akao, y considera una política de colaboración e integración en todos los niveles de la organización, liderada por los niveles superiores para el logro de los objetivos estratégicos. [Whitcher 1997] [Whitcher 2003]

La metodología HOSHIN KANRI se fundamenta en los principios de la filosofía TQM (Total Quality Management) y también usa el ciclo PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), pero mediante una variación donde el ciclo inicia con la actividad de verificación [Whitcher 1997]. Mediante el uso de esta herramienta, se generan objetivos, se seleccionan puntos de control y se enlazan con actividades de control diario que están alineadas con la estrategia organizacional. [Bruszies 2012]

La disciplina está diseñada para ayudar a una organización en los siguientes aspectos: [Bruszies 2012]

- ✓ Enfoque en un objetivo común.
- ✓ Comunicar los objetivos a los líderes y al resto de la organización.
- ✓ Involucrar a todos los líderes en el proceso de planeación para el alcance de los objetivos.
- ✓ Mantener el compromiso de los participantes en la búsqueda del objetivo común.

Las etapas en la implementación de la metodología podrían resumirse de la siguiente manera [Bruszies 2012] [Whitcher 1997]:

- 1) Formulación de los objetivos principales
- 2) Formulación de planes de acción a corto plazo para atender las prioridades estratégicas, en todos los niveles de la organización. Despliegue de las políticas hacia la organización.
- 3) Administración de la rutina diaria especialmente en los niveles operacionales.
- 4) Revisión de políticas y estrategias en toda la organización como herramienta de retroalimentación.