



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE REDISEÑO DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO DE LA  
LÍNEA L200 DEL DEPARTAMENTO CONVERSIÓN ROLLOS DE SOFTYS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

**JOSÉ IGNACIO BENAVIDES BUNNEY**

PROFESOR GUÍA:  
**DANIEL VARELA LÓPEZ**

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
**JAIME ZÚÑIGA CASTRO**  
**NICOLÁS CISTERNAS GONZÁLEZ**

SANTIAGO DE CHILE  
2020

## **RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR**

**AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial

**POR:** José Ignacio Benavides Bunney

**FECHA:** 18/05/2020

**PROFESOR GUÍA:** Daniel Varela

### **PROPUESTA DE REDISEÑO DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO DE LA LÍNEA L200 DEL DEPARTAMENTO CONVERSIÓN ROLLOS DE SOFTYS**

Softys es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos tissue, la cual pertenece a Empresas CMPC, posee dos plantas a nivel nacional, en particular la planta ubicada en Talagante posee dos departamentos de producción, Conversión Doblados y Conversión Rollos, este último consta entre sus líneas de producción con la línea L200, siendo esta la que registra la mayor cantidad de productos distintos producidos mes a mes.

En promedio, a principios de 2019 la línea L200 poseía una eficiencia de activo mensual promedio de 52,66%, esta se evalúa como disponibilidad en tiempo para la producción, la cual se encuentra por debajo del 60% de eficiencia de activo que especifican como nivel mínimo los fabricantes de las máquinas de la línea, lo que equivale en términos monetarios a alrededor de USD 51,000 de producción que podría estar disponible para la venta. Adicionalmente la línea L200 posee quiebres de stock en promedio de 65,8 toneladas mensualmente, lo que equivale a pérdidas de USD 26,000.

Analizando las posibles causas al problema se decide trabajar con el proceso de cambio de formato, el cual se refiere a la regulación de ciertas máquinas para la producción de otro producto, esto debido a que este proceso significa pérdidas de entre un 3% y 5% mensualmente, además se vincula fuertemente con el tamaño de lotes de producción y la disponibilidad necesaria para lograr una flexibilidad ante las necesidades de los clientes, lo que repercute en los quiebres de stock.

Para ello, se decide realizar una propuesta de rediseño del proceso de cambio de formato mediante las metodologías Lean y SMED que permita disminuir los tiempos de cambio de formato, eliminando y transformando tareas sin valor, aplicándolas sobre la unidad que permita un mayor impacto, siendo escogida la unidad empaquetadora debido a que esta corresponde al cuello de botella del proceso el 85% de las veces, mientras que en la duración acumulada hace un 74% del total, demorando en promedio alrededor de 2 horas por cada cambio de formato.

La propuesta de rediseño se implementó una vez, teniendo un mayor control del proceso y realizando un reordenamiento de las tareas de este, lo que permitió la disminución del tiempo del proceso analizado sobre un 50%. Esto permitirá ingresos adicionales de más de 60 mil dólares anuales debido a un aumento de la producción.

Se estima un VAN de USD 167,453 a 3 años considerando una tasa de descuento interna del 12%, por lo que se considera rentable su implementación.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a mis padres por todo el sacrificio que han hecho para brindarme las oportunidades que he tenido, por todos los valores y formación que me han inculcado y también por todo el cariño y palabras de apoyo que junto a mis hermanos me dieron en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mis amigos de la Universidad, Pancho, Wally, Simón y Vicho, gracias por todos esos momentos de risa, estudios, juntas, consejos y también palabras en el transcurso de esta etapa de mi vida, espero que sigan siendo muchos más, les deseo lo mejor cabros.

A toda la gente de Softys que me ayudó en el desarrollo de este trabajo, Luis, Claudio, Don Víctor, Matías y todos los que colaboraron de alguna u otra forma brindándome sus conocimientos y experiencia.

Por último, agradecer a mis profesores Rocío, Daniel y Roberto por todos los consejos y guías para poder elaborar este trabajo de buena manera.

## Tabla de contenido

Índice de Figuras .....	iv
Índice de Ecuaciones .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Esquemas BPMN .....	v
Índice de Anexos .....	v
<b>1. Caracterización General de la Organización .....</b>	<b>1</b>
1.1. La compañía y su rubro.....	1
1.2. Misión.....	1
1.3. Organigrama .....	2
1.4. Productos .....	2
1.5. Clientes .....	3
1.6. Dimensión de actividad realizada.....	3
1.7. Ventaja competitiva .....	3
1.8. Mercado, marco institucional y actores relevantes.....	4
1.9. Tendencias del mercado .....	4
1.10. Desempeño organizacional.....	5
<b>2. Justificación del tema .....</b>	<b>6</b>
2.1. Información del área de la organización: Principales funciones.....	6
2.2. Organigrama .....	6
2.3. Número y características de profesionales .....	6
2.4. Producto o servicio que entregan a los clientes del área .....	7
2.5. Solicitante del trabajo de título .....	7
2.6. Beneficiarios del trabajo de título .....	7
2.7. Identificación del problema: Efectos, causas, cifras e indicadores.....	8
2.8. Hipótesis .....	18
2.9. Análisis de hipótesis.....	19
2.10. Alternativas de solución .....	20
2.11. Propuesta de valor .....	20
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>21</b>
3.1. Objetivo general .....	21
3.2. Objetivos específicos .....	21
<b>4. Marco conceptual .....</b>	<b>21</b>
4.1. Rediseño de procesos.....	21
<b>5. Metodología.....</b>	<b>22</b>
5.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	22
5.2. Metodología Lean .....	23
5.3. Metodología SMED .....	24
5.4. Metodología Six Sigma .....	25
5.5. Análisis de metodologías y elección.....	26
<b>6. Resultados esperados y Alcances .....</b>	<b>26</b>
6.1. Resultados esperados.....	26
6.2. Alcances.....	26
<b>7. Desarrollo del trabajo de título .....</b>	<b>28</b>

7.1.	Proceso general de producción.....	28
7.2.	Equipos involucrados en el proceso de cambio de formato .....	29
7.3.	Selección de equipo .....	29
7.4.	Empaquetadora CMW-425.....	32
<b>8.</b>	<b>Proceso de cambio de formato.....</b>	<b>34</b>
<b>9.</b>	<b>Análisis del proceso de cambio de formato .....</b>	<b>39</b>
<b>10.</b>	<b>Rediseño.....</b>	<b>40</b>
10.1.	Estandarización proceso de cambio de formato .....	42
<b>11.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>47</b>
<b>12.</b>	<b>Evaluación económica .....</b>	<b>48</b>
<b>13.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>51</b>
<b>14.</b>	<b>Recomendaciones finales .....</b>	<b>52</b>
<b>15.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>53</b>
<b>16.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>54</b>

## Índice de Figuras

Figura 1:	Organigrama Empresas CMPC S.A. ....	2
Figura 2:	Organigrama Softys Planta Talagante. ....	2
Figura 3:	Marcas Softys Chile. ....	2
Figura 4:	Ventas Softys período 2016-2018.....	5
Figura 5:	Organigrama Departamento Conversión Rollos.....	6
Figura 8:	Layout línea de producción L200. ....	8
Figura 6:	Ejemplo cálculo eficiencia de activo. ....	14
Figura 7:	Proceso productivo Softys.....	28
Figura 9:	Análisis de Pareto entre la cantidad de cambios y tipo de cambio, período julio 2018 - julio 2019.....	30
Figura 10:	Análisis de Pareto entre la duración acumulada de los cambios de formato y tipo de cambio, período julio 2018 - julio 2019. ....	31
Figura 11:	Empaquetadora CMW-425.....	32
Figura 12:	Proceso productivo Empaquetadora CMW-425. ....	33
Figura 13:	Porcentaje de tiempo utilizado en traslados y actividades externas durante cambios de formato.....	39
Figura 14:	Estaciones de trabajo, Empaquetadora CMW 425 .....	41
Figura 15:	Duración promedio cambios de formato.....	48

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1:	Eficiencia. ....	10
Ecuación 2:	Eficiencia de Turno. ....	10
Ecuación 3:	Eficiencia de Día.....	10
Ecuación 4:	Eficiencia de Mes.....	10
Ecuación 5:	Eficiencia de Mes en el área.....	11
Ecuación 6:	Ejemplo cálculo Eficiencia de Activo.....	14

Ecuación 7: Cálculo Producción máxima teórica mensual promedio, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019. ....	16
Ecuación 8: Cálculo producción disponible para venta mensual promedio producida por pérdidas de eficiencia de activo, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019. ....	17
Ecuación 9: Cálculo producción disponible para venta mensual promedio producida por pérdidas de eficiencia de activo según especificaciones de fabricantes, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019. ....	17

## Índice de Tablas

Tabla 1: Eficiencia activo período enero-abril 2019.....	14
Tabla 2: Pérdidas de eficiencia de activo período enero-marzo de 2019.....	15
Tabla 3: Pérdidas de eficiencia de activo período abril-mayo de 2019. ....	16
Tabla 4: Tareas de cambio de formato con sus respectivos tiempos estimados.....	38
Tabla 5: Evaluación económica.....	50

## Índice de Esquemas BPMN

Esquema BPMN 1: Cambio de configuración de formato. ....	35
Esquema BPMN 2: Cambio grupo de alimentación. ....	35
Esquema BPMN 3: Cambio conjunto de plegadores. ....	36
Esquema BPMN 4: Cambio formaciones trineo de arrastre. ....	37
Esquema BPMN 5: Cambio de polietileno. ....	37
Esquema BPMN 6: Actividades externas, cambio de magnitud pequeña. ....	42
Esquema BPMN 7: Actividades externas, cambio de magnitud mediana. ....	43
Esquema BPMN 8: Actividades externas, cambio de magnitud grande.....	43
Esquema BPMN 9: Actividades internas, inicio de cambio de formato. ....	44
Esquema BPMN 10: Actividades internas, modificación de conjunto de alimentación...	44
Esquema BPMN 11: Actividades internas, cambio de polietileno. ....	45
Esquema BPMN 12: Actividades internas, cambio de plegadores lado entrada rollos. .	45
Esquema BPMN 13: Actividades internas, cambio de plegadores lado polietileno. ....	46
Esquema BPMN 14: Actividades internas, modificaciones trineo de arrastre. ....	46
Esquema BPMN 15: Actividades internas, regulaciones finales. ....	47

## Índice de Anexos

Anexo A. Cambios de formato.....	54
Anexo B. Rediseño.....	71

## **1. Caracterización General de la Organización**

### **1.1. La compañía y su rubro**

Empresas CMPC S.A. corresponde a una compañía de origen nacional que hoy en día posee un alcance global, esta tiene por objetivo la producción y comercialización de madera, celulosa, productos de embalaje, productos sanitarios, de fuera del hogar y de papel tissue. Para llevar a cabo cada uno de estos objetivos, Empresas CMPC S.A. tiene más de 17 mil trabajadores directos, los cuales conforman sus 3 áreas de negocio, CMPC Celulosa, CMPC Packaging y Softys, las cuales se encuentran distribuidas en 8 países de Latinoamérica y hacen llegar sus productos a un total de 45 países. [1]

CMPC Celulosa corresponde al área de negocio dedicada al rubro de producir y comercializar celulosa y productos de madera, además de gestionar el patrimonio forestal de CMPC teniendo operaciones en Argentina, Brasil y Chile con más de 1.100.000 hectáreas. CMPC Packaging corresponde al área de negocio dedicada al rubro de producir y comercializar papeles de embalaje, tales como cartulinas, papeles para corrugar y de uso industrial, cajas de cartón corrugado, esquineros, sacos industriales, caños, bandejas de pulpa moldeada y papeles de impresión, teniendo presencia en Argentina, Chile, México y Perú. Softys corresponde al área de negocio dedicada al rubro de la producción y comercialización de papel tissue, productos sanitarios y fuera del hogar, teniendo presencia en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Uruguay, en esta área de negocios es donde se desarrolla el tema de memoria, específicamente en la planta Talagante, la cual corresponde a una de las dos plantas de producción presentes en Chile.

### **1.2. Misión**

La misión [3] declarada por Empresas CMPC S.A. es: producir y comercializar, a partir de plantaciones desarrolladas por el hombre, maderas, celulosa, papeles, productos de embalaje y productos tissue de manera sostenible en el tiempo, con calidad superior y competitiva, que agregue valor a sus accionistas y clientes, y creando oportunidades de desarrollo para sus trabajadores y comunidades locales.

Por otra parte, los valores que propone Empresas CMPC S.A., y que imparte en cada una de sus áreas de negocios son:

- “Respeto por las personas”: se promueve el respeto por aquellos con los que se interactúa, valorando el buen trato, la franqueza, la lealtad, la confianza y la buena fe, además de velar por la integridad y salud de las demás personas.
- “Cuidado por el medio ambiente”: se promueve el desarrollo sustentable, cuidando el medioambiente y los recursos naturales para no afectar las próximas generaciones.
- “Cumplimiento estricto por las normas legales”: se respetan las regulaciones legales, cumpliendo estrictamente la legislación vigente en todos los aspectos involucrados en el desarrollo de los negocios.

- “Lealtad al competir”: se valora el desarrollo de la libre competencia, ya que favorece el desarrollo de más y mejores productos y servicios, a menor costo para los consumidores.
- “Consideración por las necesidades de los vecinos”: consiste en establecer una relación de colaboración y confianza con los vecinos, con el fin de maximizar los beneficios sociales de las operaciones.

### 1.3. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de Empresas CMPC S.A.:

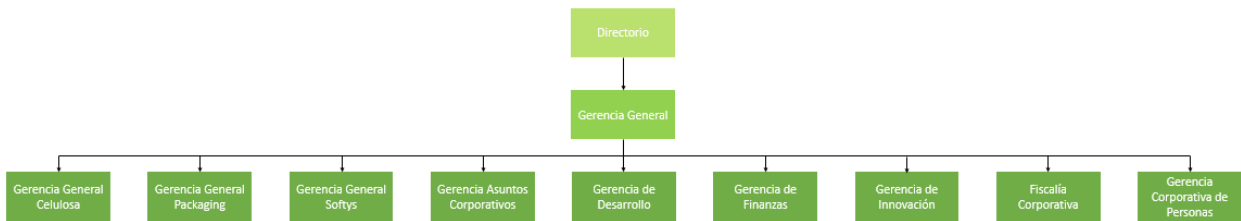


Figura 1: Organigrama Empresas CMPC S.A.

Por su parte la planta de Softys Talagante presenta el siguiente organigrama:

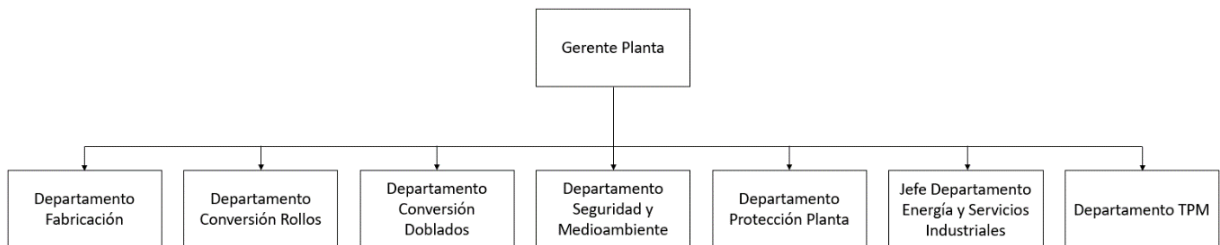


Figura 2: Organigrama Softys Planta Talagante.

### 1.4. Productos

Softys tiene 25 marcas de productos tissue, distribuidas en 3 tipos: tissue, para las tareas de higiene y limpieza de la familia en el hogar; personal care, que entregan cuidado, protección y autonomía para las personas en su vida diaria; y fuera del hogar, entregando higiene y limpieza para todo tipo de negocio o industria. Las marcas que desarrolla en Chile se muestran a continuación: [4]



Figura 3: Marcas Softys Chile.



## **1.5. Clientes**

Los clientes de la compañía corresponden principalmente a empresas, las cuales buscan higiene y limpieza para sus trabajadores, y cadenas de retail, las cuales a su vez poseen el acceso para poder llevar el producto final al consumidor habitual, entre ellos, el cliente más importante corresponde a Walmart, el cual genera más de un 10% de los ingresos de Softys. [1]

## **1.6. Dimensión de actividad realizada**

Empresas CMPC S.A. tiene un alcance sobre 45 países, pero solo en 8 posee procesos industriales, Softys se encuentra presente en cada uno de ellos, teniendo 2 plantas en Argentina, 4 en Brasil, 2 en Chile, 2 en Colombia, 1 en Ecuador, 3 en México, 2 en Perú y 1 en Uruguay [1]. En particular en Chile posee una planta ubicada en Puente Alto, Región Metropolitana y otra ubicada en Camino Isla de Maipo, Talagante teniendo una capacidad de producción de 159.000 toneladas entre ambas. [3]

Softys concentra alrededor de un 30% de las ventas de Empresas CMPC S.A. alcanzando los USD 1,974 millones en ventas durante el año 2018, lo que corresponde a 620.000 toneladas de papel tissue y 5.497 millones de unidades de productos sanitarios, de estas, alrededor de un 20% corresponden a ventas en Chile, alcanzando un 71% de participación de mercado. [2]

## **1.7. Ventaja competitiva**

Las ventajas competitivas que presenta Softys se relacionan con sus procesos operacionales, la vinculación con las personas y el desarrollo de productos para satisfacer las diversas necesidades de la población.

Con respecto a las ventajas operacionales, Softys ha seguido de manera cercana las necesidades y avances tecnológicos del mercado en el que se desenvuelve, es así como uno de sus pilares es la automatización [1], la cual le permite mecanizar algunas etapas de sus procesos productivos, ganando eficiencia, mejoras en sus tiempos de producción y la posibilidad de producir en grandes cantidades para finalmente abordar de mejor manera las demandas de nuevos clientes y mejoras en el sector papelerero.

Con respecto a su relación con las personas y el medioambiente, el foco de recursos humanos es desarrollar talentos y destrezas en sus trabajadores para poder ir a la vanguardia de nuevos conocimientos y lograr adaptarse a los cambios tecnológicos que el mercado necesita.

Por último, un pilar fundamental de Empresas CMPC S.A., en el cual se encuentra inmersa su área de negocios Softys corresponde a la innovación, tanto de procesos, para mejorar su eficiencia, como de productos para poder ampliar su oferta y poder satisfacer las diversas necesidades de la población.

## **1.8. Mercado, marco institucional y actores relevantes**

Softys al ser un área de negocios de Empresas CMPC S.A. está sujeta a la ley de sociedades anónimas N° 18.046, por otra parte pertenece al rubro de la fabricación y comercialización de productos de papel tissue, el cual se encuentra en el sector industrial papelerero e incluye la fabricación de pasta de madera, envases, papel, cartón y artículos fabricados a partir de los dos últimos elementos mencionados, entre ellos se encuentra el papel tissue, del cual durante el año 2018 se registró la venta de alrededor de 230.000 toneladas, producidos principalmente por las siguientes empresas, las cuales concentran alrededor de un 85% del mercado del papel tissue en Chile: Softys, Kimberly-Clark Corp y Essity, las dos últimas corresponden a empresas extranjeras, la primera de origen estadounidense y la segunda de origen sueco, las cuales individualmente poseen alrededor de un 7% del mercado del papel tissue en Chile, haciendo a Softys la empresa líder de este mercado a nivel nacional. Como principales clientes se encuentran grandes cadenas de retail, las cuales tienen acceso al consumidor final.

Por otra parte, el órgano regulador del sector industrial papelerero corresponde a la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), la cual tiene como principal función velar por la transparencia en los mercados que supervisa.

## **1.9. Tendencias del mercado**

Hoy en día el sector industrial papelerero además de buscar producir en grandes volúmenes a los menores costos posibles, debido a su alta demanda siempre tiene en consideración el cuidado por el medioambiente, tratando de reducir sus residuos, reciclando, cuidando los recursos que utiliza y teniendo en cuenta la comunidad que los rodea. En ese sentido Softys y Empresas CMPC S.A. últimamente han buscado la automatización y el respeto por el medio ambiente en sus procesos operacionales, no solo logrando una mejora en costos y eficiencia, sino también la utilización tanto de residuos como productos reciclados, por otra parte, un pilar fundamental es el cuidado por su patrimonio forestal, utilizándolo de manera adecuada y también buscando su preservación a futuro, esto no solo le permite cuidar el medio ambiente sino también relacionarse con la comunidad que rodea a cada una de sus plantas de producción.

## 1.10. Desempeño organizacional

Softys, al ser parte de una empresa que cuenta con casi 100 años de historia, se encuentra en una etapa de madurez, sin embargo, año a año trata de seguir expandiéndose a nuevos mercados y captando nuevas demandas que le permitan generar mayores ingresos, esto se puede ver reflejado en el gráfico n° 1. Desde 2016 a 2018, las ventas totales de Softys se encuentran entre los USD 1,800 millones y los USD 2,000 millones, teniendo un aumento de alrededor de 10% en estos años.

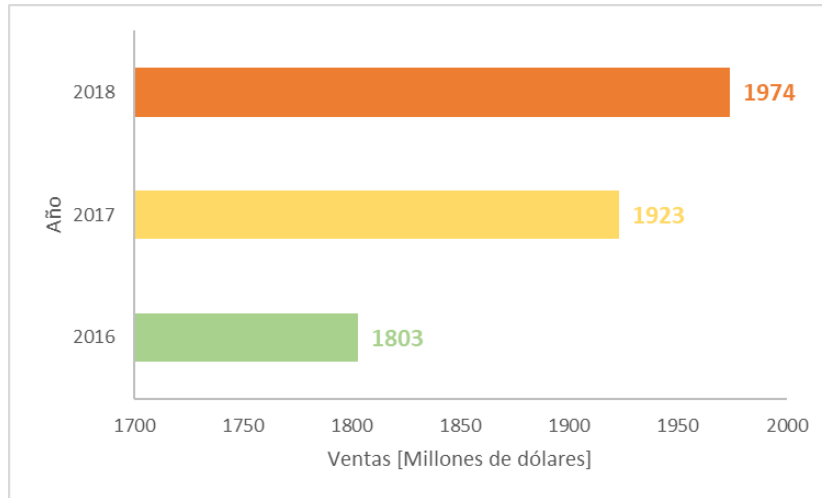


Figura 4: Ventas Softys período 2016-2018.

## 2. Justificación del tema

### 2.1. Información del área de la organización: Principales funciones

El departamento donde el autor desarrolla el trabajo de memoria corresponde al departamento Conversión Rollos de la planta Softys Talagante. El departamento se encarga directamente de la realización de pruebas de nuevos productos y la producción de productos finales tales como papel higiénico y toalla nova, esto se realiza a través de un total 10 líneas de producción, en las cuales se trabaja de manera continua en 3 turnos de 8 horas cada uno día a día, para lograr esto, tiene relación directa con el departamento TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total), el cual se encarga de implementar mejoras continuamente en la planta en cada uno de los distintos departamentos que esta posee; y con 3 áreas: el área de Programación y Control de Operaciones (PCO), la cual se encarga de la planificación operativa y la programación y balance de las líneas de producción; el área de mantenciones, ya que se debe considerar la factibilidad técnica al momento de tener las líneas de producción operativas; y el área de paletizado, el cual se encarga de paletizar los productos finales para su posterior almacenamiento y distribución.

### 2.2. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama del Departamento Conversión Rollos:

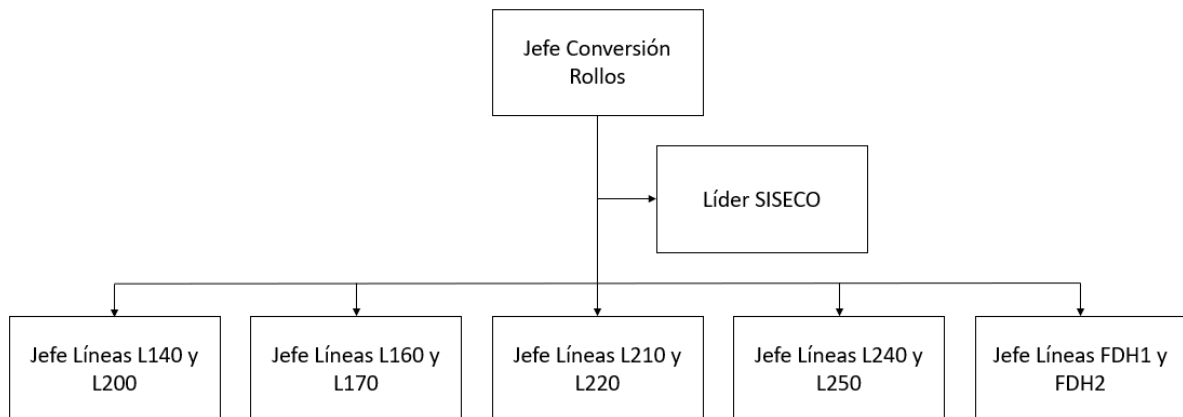


Figura 5: Organigrama Departamento Conversión Rollos.

### 2.3. Número y características de profesionales

Como se observa en el organigrama anterior, el departamento está compuesto por 5 jefes de línea, que tienen como misión principal liderar los recursos humanos y técnicos asignados a dos líneas de producción cada uno, cumpliendo con normas de calidad, costos, tiempo, seguridad laboral y productividad; 1 líder SISECO<sup>1</sup>, el cual se encarga netamente de la seguridad del departamento y por último el jefe del departamento, el cual se encarga de la gestión del departamento.

<sup>1</sup> Sistema de Seguridad Corporativo, que establece requisito para un sistema de gestión de seguridad.

## **2.4. Producto o servicio que entregan a los clientes del área**

El principal servicio otorgado por el área es la producción de stock de productos finales tales como papel higiénico y toalla nova para satisfacer los requerimientos del área de Programación y Control de Operaciones (PCO) manteniendo funcionales las líneas de producción la mayor parte del tiempo posible, a niveles aceptables de eficiencia.

## **2.5. Solicitante del trabajo de título**

El solicitante del trabajo de título corresponde a Luis Espinoza, Coordinador TPM del departamento TPM de la planta Softys Talagante, quien solicitó estudiar el proceso del cambio de formato de la línea de producción L200, el cual corresponde a la regulación de las unidades de una línea de producción debido a un cambio de SKU, con el objetivo de implementar una mejora que signifique una reducción de los tiempos que lleva a cabo este proceso, ya que hoy en día, este genera una pérdida de eficiencia de los activos del 5% en la línea, lo que a su vez en ocasiones provoca el no llegar a la eficiencia meta propuesta y tener quiebres de stock.

## **2.6. Beneficiarios del trabajo de título**

El beneficiario directo del trabajo de título corresponde al departamento Conversión Rollos. En caso de obtener los resultados esperados, vale decir aumentar la eficiencia, también se verían beneficiadas las áreas de Planeación y Control de Operaciones (PCO) y Ventas, ya que significaría una reducción en tiempos de los cambios entre SKU's en la línea de producción, permitiendo producir una mayor cantidad de toneladas satisfaciendo de mejor manera los requerimientos de los clientes.

## 2.7. Identificación del problema: Efectos, causas, cifras e indicadores

Como se señaló anteriormente el trabajo de memoria fue solicitado con el objetivo de aumentar la eficiencia de los activos de la línea de producción L200 del departamento Conversión Rollos, esta opera de lunes a sábado con 3 turnos diarios, de 8 horas cada uno, su estructura se muestra a continuación:

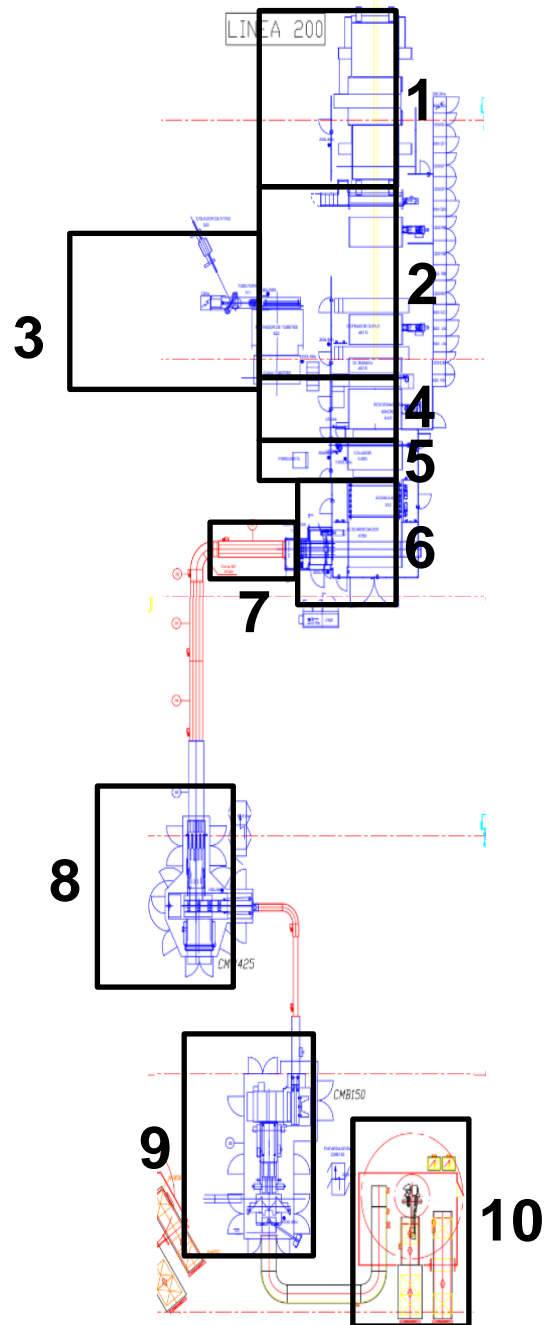


Figura 6: Layout línea de producción L200.

El rol de cada una de las unidades de la figura 8 se describe a continuación:

- **1.- Desenrolladores:** Encargados de iniciar el proceso productivo, reciben la materia prima conocida como Jumbo, la cual corresponde a una bobina de papel de grandes dimensiones, alrededor de 2 metros de diámetro y 3 metros de alto que es desenrollada para poder llevar el papel hacia los demás equipos de la línea. Existen dos desenrolladores, los cuales trabajan en conjunto en caso de que los productos realizados sean de doble hoja.
- **2.- Unidad de Gofrado y Laminado:** Una vez recibida la o las hojas de papel de los desenrolladores, la Unidad de Gofrado se encarga mediante rodillos de gofrado imprimir a presión un diseño y textura a las hojas para luego pasar a la Unidad de Laminado que se encarga de pegar las hojas de papel que tendrá el producto final.
- **3.- Tubera:** Esta unidad trabaja de manera paralela a las ya descritas, se encarga de fabricar tubos de cartón para poder enrollar el papel en ellos.
- **4.- Rebobinadora:** Unidad encargada de enrollar el papel proveniente de la Unidad de Gofrado y Laminado en los tubos provenientes de la Tubera, generando un rollo denominado log. Según lo requiera el producto final en esta unidad se regula compacidad y metraje de los rollos.
- **5.- Sellador de colete:** Unidad encargada de sellar el tramo final de cada uno de los logs para evitar un posible desarme.
- **6.- Acumulador de logs:** Unidad encargada de recibir los logs y transportarlos de manera ascendente y descendente con el objetivo de disminuir su velocidad con respecto a las unidades posteriores.
- **7.- Guillotina:** Unidad encargada de cortar cada uno de los logs según las características que se requieran, obteniendo el producto final con sus características especificadas.
- **8.- Empaquetadora:** Unidad encargada de empaquetar los rollos en polietileno según el formato que se requiera, este empaque es el que se encuentra en el retail.
- **9.- Ensacadora:** Unidad encargada de envolver una cierta cantidad de paquetes definida por su tamaño en polietileno, obteniendo lo que se denomina bulto, lo cual facilita el traslado y distribución de los empaques.
- **10.- Robot Paletizador:** Unidad final de la línea de producción encargada de paletizar los bultos en bases de madera de acuerdo con una cierta cantidad de mosaicos predefinidos, con el objetivo de facilitar el traslado y distribución de los bultos.

La eficiencia productiva de la línea de producción se refiere al aprovechamiento real de la capacidad productiva de los activos y se define como el cociente entre la producción real y una producción máxima teórica PMT.

La producción real de una línea de producción se define como los productos aptos para ser vendidos, es decir la producción bruta menos todos los rechazos que sean generados por cualquier departamento, y que sean validados por el área de Calidad de la empresa. En el departamento Conversión Rollos, corresponde al conteo de automático de producción en bultos<sup>2</sup> de todos los SKU registrados en SAP multiplicados cada uno por su peso bruto indicado en su especificación técnica, dando como resultado finalmente toneladas por mes.

La producción máxima teórica se calcula considerando para cada SKU el valor de velocidad indicada por los fabricantes de cada una de las máquinas de una línea de producción que primero se alcance, es decir la menor velocidad o aquella que corresponda al cuello de botella principal.

Luego el cálculo de eficiencias se realiza de la siguiente forma:

- Cálculo eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real\ vendible}{Producción\ máxima\ teórica}$$

*Ecuación 1: Eficiencia.*

- Cálculo de eficiencia de turno en una línea

$$Eficiencia\ de\ Turno = \frac{\sum Producción\ real\ vendible_{SKU_s}}{\sum Producción\ máxima\ teórica_{SKU_s}}$$

*Ecuación 2: Eficiencia de Turno.*

- Cálculo de eficiencia de día

$$Eficiencia\ de\ Día = \frac{\sum Producción\ real\ vendible_{Turnos}}{\sum Producción\ máxima\ teórica_{Turnos}}$$

*Ecuación 3: Eficiencia de Día.*

- Cálculo de eficiencia de mes

$$Eficiencia\ de\ Mes = \frac{\sum Producción\ real\ vendible_{Día}}{\sum Producción\ máxima\ teórica_{Día}}$$

*Ecuación 4: Eficiencia de Mes.*

---

<sup>2</sup> Corresponde a la agrupación de cierta cantidad de productos terminados. En general un cliente compra una cierta cantidad de bultos y no directamente el producto terminado.



- Cálculo de eficiencia de mes en el área (en este caso, total Conversión Rollos)

$$\text{Eficiencia de Mes en el área} = \frac{\sum \text{Producción real vendible en todas las líneas}_{\text{Día}}}{\sum \text{Producción máxima teórica en todas las líneas}_{\text{Día}}}$$

*Ecuación 5: Eficiencia de Mes en el área.*

El tiempo considerado para el cálculo de la PMT se define como el tiempo de operación programado para producir o de carga durante el período en cuestión. Se descuenta tiempo programado ocioso determinado por PCO por razones exclusivas de demanda comercial y también cualquier actividad tales como limpieza, mantenimiento, capacitaciones o reuniones fuera del tiempo de carga, en caso de que estas se realicen durante este, afectan la PMT y por lo tanto las eficiencias.

Por otra parte, para la identificación en detalle de la eficiencia de la línea de producción en función de su tiempo de operación neto se utiliza la eficiencia de activo, para la cual es necesario realizar un levantamiento de todas las pérdidas que signifiquen una disminución de la disponibilidad en tiempo para la operación durante el proceso productivo, las cuales hasta fines del mes de marzo de 2019 estas se clasificaban de la siguiente forma:

- Pérdida por avería de equipos: Se refiere a pérdidas provocadas por paradas no programadas debido a fallas en los equipos, necesitando obligatoriamente mantenimientos correctivos de urgencia.
- Pérdida por paradas normales: Se refiere a pérdidas provocadas por paradas debido a cambios de insumos, aseo y capacitaciones en la línea de producción.
- Pérdida por paradas programadas: Se refiere a pérdidas provocadas por paradas por mantenimientos, inspecciones o servicios programados o periódicos.
- Pérdidas por fallas de proceso: Se refiere a pérdidas provocadas por el detenimiento de la línea debido a defectos en insumos, trancones y regulaciones de las unidades de la línea de producción.
- Pérdida por factor humano: Se refiere a pérdidas provocadas por ausencias previstas o no que provocan el paro de la línea de producción.
- Pérdida por calidad: Se refiere a pérdidas provocadas por producción rechazada por autocontrol o área Calidad.
- Pérdida externa: Se refiere a pérdidas provocadas por paradas por falta de suministro de energía eléctrica, vapor, agua, gas y abastecimiento por causas internas o externas a la planta, pero externas a la línea de producción.
- Pérdidas por velocidad: Se refiere a pérdidas ocurridas en aquellas ocasiones en las cuales se opera a una menor velocidad que la establecida debido anomalías de proceso como falta de habilidades, falta de centerline, falta de dotación,

problemas de calidad de insumos, pruebas de productos, curvas de aprendizaje y regulaciones que no provoquen el detenimiento de la línea.

- Pérdida no identificada: Se refiere a pérdidas de las que se desconoce su origen.

Una vez concluido el mes de marzo, la planta comenzó a utilizar la filosofía TPM (Total Productive Maintenance), la cual busca asegurar la disponibilidad de los equipos eliminando todas las posibles pérdidas asociadas a paros, calidad y costos en los procesos productivos, debido a esto, las pérdidas se lograron clasificar de manera más detallada (según la causa que las producen) como se muestra a continuación:

- P1 – Parada por mantenimiento planeado y programado: Detenimiento de la línea de producción debido a mantenimientos o inspecciones programados o periódicos.
- P2 – Paradas por reformas de ingeniería: Detenimiento de la línea de producción debido a cambios de equipos mayores no asimilables a mantenimientos y que tienen un efecto directo sobre la capacidad de la línea.
- P3 – Paradas por cambio en la demanda de producto, adicionales sobre el tiempo de carga definido para esa línea al principio del mes: Detenimiento de la línea de producción debido a cambios en la demanda, por ejemplo, bajas ventas que ocasionen que la línea deba detenerse más de lo planeado.
- P4 – Paradas por limpieza: Detenimiento de la línea de producción debido a limpieza, programado o no.
- P5 – Paradas por pruebas de producto: Detenimiento de la línea de producción para pruebas industriales de producto o químicos.
- P6 – Paradas por falta de abastecimiento de insumos en la línea o máquina: Detenimiento de la línea de producción debido a la falta de insumos.
- P7 – Paradas por cambio o fallas imprevistas de vestimentas: Detenimiento de la línea de producción debido al cambios de vestimentas, estos se refieren a todos aquellos consumibles de operación cuya duración está prevista para la producción, por ejemplo, cuchillas de precorte.
- P8 – Pérdidas de producción normales: Detenimiento de la línea de producción debido al cambio de producto, de unidades gofradora y de insumos, también considera aseos en las unidades mencionadas.
- P9 – Paradas por falta de alimentación de energía eléctrica, vapor, gas, etc/abastecimiento por causa externa a la planta: Detenimiento de la línea de producción por falta de suministro de energía eléctrica, vapor, gas o cualquier abastecimiento, ya sea provocado interna o externamente a la planta, pero externo a la línea de producción.

- P10 – Paradas por falta de dotación: Detenimiento de la línea de producción debido a ausencias previstas o no de los operarios de esta.
- P11 – Paradas por fallas de equipos: Detenimiento de la línea de producción debido a todo mantenimiento correctivo de emergencia no programado normalmente.
- P12 – Paradas por problemas de calidad de insumos/materia prima: Detenimiento de la línea de producción debido a calidad de insumos.
- P13 – Paradas por fallas de procesos: Detenimiento de la línea de producción debido a errores de operación, habilidades de los operadores, regulaciones inadecuadas, falta de centerline o aplicación inadecuada, trancones, aseo de vestimentas por contaminaciones, permeabilidad inadecuada, método equivocado, y acondicionamiento operativo de equipos.
- P14 – Pérdidas de rendimiento por falla de procesos: Disminución de la velocidad de la línea de producción debido a falta de habilidades, falta de centerline, falta de dotación, problemas de calidad de insumos, pruebas de productos, curvas de aprendizaje de equipos nuevos, falta de condición básica u otras anomalías de proceso.
- P15 – Tiempo de pérdida en el que se produjo producción rechazada: Equivalencia entre la producción final rechazada por autocontrol o por área Calidad y el tiempo necesario para producirla.
- P16 – Tiempo de pérdida en el que se reprocesa y recupera producción antes fabricada: Tiempo utilizado de la línea de producción para la recuperación de producción anterior defectuosa, implicando la pérdida de la capacidad de producir producción nueva vendible.
- P17 – Setup: Pérdida por realizar ajustes en una unidad de la línea de producción durante una campaña de producción, es decir no al realizar cambios debido a cambios de SKU.
- P18 – Pérdidas por tiempos de paradas no programadas: Tiempo utilizado en paradas de línea no programadas.
- P19 – Pérdidas de velocidad: Se refiere a las pérdidas involucradas al tener una producción menor a la establecida en términos de bultos/minuto, es decir si la línea está programada para producir 10 bultos/minuto pero en realidad se producen 8 bultos/minuto se tiene una pérdida en velocidad, la cual se traduce en tiempo y por lo tanto eficiencia.
- P20 – Falta de información: Pérdida no identificada.

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo de la eficiencia de activos, previamente identificados factores de eficiencia y pérdidas:

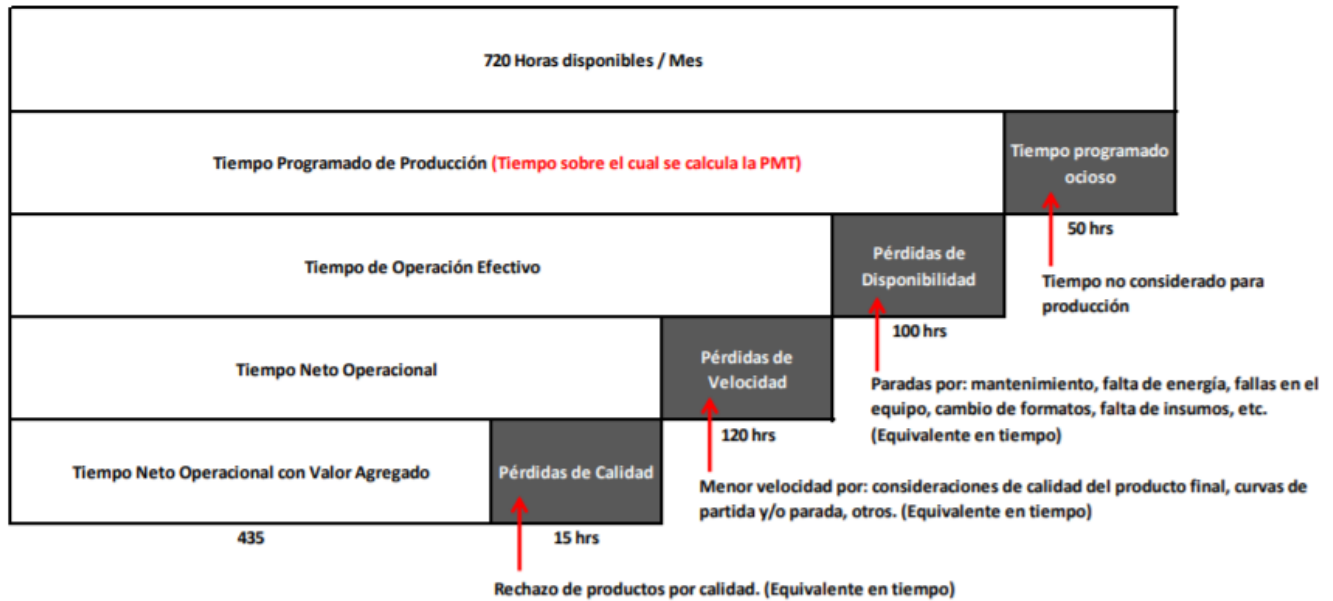


Figura 7: Ejemplo cálculo eficiencia de activo.

*Horas disponibles = 720 horas*

*Tiempo neto operacional con valor agregado = 435 horas*

*Tiempo programado ocioso = 50 horas*

$$\text{Eficiencia de Activo} = \frac{\text{Tiempo neto operacional con valor agregado}}{\text{Horas disponibles} - \text{Tiempo ocioso}}$$

$$\text{Eficiencia de Activo} = \frac{435 \text{ horas}}{(720 - 50) \text{ horas}} = 64.9\%$$

*Ecuación 6: Ejemplo cálculo Eficiencia de Activo.*

Para poder estudiar el problema desde el punto de vista de la disponibilidad en tiempo de operación, a continuación, se analizará la eficiencia de activo junto a las pérdidas mencionadas anteriormente.

La producción total en toneladas y eficiencia del activo obtenida para los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2019 de la línea de producción L200 se muestran en la tabla 1:

	Mes					Promedio
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
<b>Producción total [TON]</b>	980,1	895,7	897,5	891,6	975,8	<b>928,14</b>
<b>Eficiencia</b>	51,58%	50,23%	51,16%	56,34%	53,98%	<b>52,66%</b>

Tabla 1: Eficiencia activo período enero-abril 2019.

Las pérdidas correspondientes para los meses de enero, febrero y marzo de 2019 para la línea de producción L200, antes de la implementación de la filosofía TPM se muestran en la tabla 2:

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	
<b>Pérdida</b>	<b>% Pérd. Ef.</b>	<b>% Pérd. Ef.</b>	<b>% Pérd. Ef.</b>	<b>Promedio</b>
Avería de Equipos	2,33%	4,44%	9,06%	5,28%
Parada Normal	12,80%	11,32%	10,33%	11,48%
Paro Programado	3,13%	4,92%	7,14%	5,06%
Fallo de Proceso	10,71%	11,42%	10,55%	10,89%
Pérdida por Factor Humano	2,08%	0,40%	0,78%	1,09%
Pérdida por Calidad	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pérdida Externo	0,75%	0,52%	1,46%	0,91%
Pérdida por Velocidad	12,02%	13,97%	7,26%	11,08%
No identificado	4,60%	2,78%	2,26%	3,21%
<b>Total general</b>	<b>48,42%</b>	<b>49,77%</b>	<b>48,84%</b>	<b>49,01%</b>

*Tabla 2: Pérdidas de eficiencia de activo período enero-marzo de 2019.*

De igual manera, pero para los meses de abril y mayo, las pérdidas de la línea de producción L200, una vez implementada la filosofía TPM se muestran en la tabla 3:

	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	
<b>Pérdida</b>	<b>% Pérd. Ef.</b>	<b>% Pérd. Ef.</b>	<b>Promedio</b>
P01.Mant. Planeado	1,03%	2,07%	1,55%
P02.Reformas de Ing.	0,11%	0,00%	0,06%
P03.Cambios de Demanda	0,19%	0,00%	0,09%
P04.Limpieza	0,26%	0,00%	0,13%
P05.Prueba de Productos	0,00%	0,63%	0,32%
P06.Abast. de Insumos	0,05%	0,01%	0,03%
P07.Cambio de Vestimenta	3,42%	0,23%	1,83%
P08.Perd. Prod. Normales	9,10%	10,45%	9,78%
P09.Causa Externa	0,36%	0,50%	0,43%
P10.Falta de Dotación	0,93%	0,61%	0,77%
P11.Falla de Equipo	4,12%	3,18%	3,65%
P12.Calidad Insumos/MP	3,44%	3,48%	3,46%
P13.Fallas de Proceso	8,33%	6,93%	7,63%
P14.Rend. Falla de Proc.	0,42%	0,27%	0,35%
P15.Producción Rechazada	0,10%	0,00%	0,05%
P16.Reproceso/Recup	0,00%	0,04%	0,02%
P17.Setup	0,00%	2,88%	1,44%
P18.No Programado	1,19%	1,05%	1,12%
P19.Pérdida de Velocidad	10,59%	12,08%	11,34%
P20.Falta de Información	0,00%	1,61%	0,81%
<b>Total general</b>	<b>43,66%</b>	<b>46,02%</b>	<b>44,84%</b>

*Tabla 3: Pérdidas de eficiencia de activo período abril-mayo de 2019.*

Tomando las pérdidas de eficiencia de activo entre los meses de enero y mayo de 2019 para la línea de producción L200, en promedio se tiene una pérdida de eficiencia de activo mensual de 47,14%. Tomando en cuenta las toneladas de producción mensual en promedio de la línea de producción L200 comprendida entre los meses de enero y mayo de 2019, luego para estimar las pérdidas económicas netamente por la pérdida de eficiencia de activo, en primer lugar, se calcula la producción máxima teórica PMTP de la siguiente manera:

$$PMTP = \frac{\text{Producción total promedio}}{\text{Eficiencia promedio}} = \frac{928,14}{52,66\%} = 1762,58 \text{ Toneladas}$$

*Ecuación 7: Cálculo Producción máxima teórica mensual promedio, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019.*

Luego, considerando que el margen de una tonelada de producto final de papel tissue para el departamento Conversión Rollos corresponde a USD 400, se puede

obtener el valor monetario debido a las pérdidas, el cual correspondería a producción disponible para la venta mensual promedio PM:

$$PM = MTR * PMTP * PEF = 400 * 1762,58 * 47,14\% = USD 332,352$$

*Ecuación 8: Cálculo producción disponible para venta mensual promedio producida por pérdidas de eficiencia de activo, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019.*

Donde MTR corresponde al margen por tonelada del departamento Conversión Rollos y PEF corresponde a la pérdida de eficiencia de activo mensual promedio.

Por otra parte, es necesario mencionar que, según las especificaciones de los fabricantes de las distintas unidades de la línea de producción, esta debería funcionar como mínimo a un 60% de eficiencia de activo, considerando la diferencia entre esta última con la que se tiene hoy en día, el valor monetario de la producción disponible para la venta mensual a la que se podría llegar y que no se tiene debido a las pérdidas corresponde como mínimo a:

$$PM = MTR * PMTP * DPEF = 400 * 1762,58 * 7,34\% = USD 51,763$$

*Ecuación 9: Cálculo producción disponible para venta mensual promedio producida por pérdidas de eficiencia de activo según especificaciones de fabricantes, línea de producción L200, período enero 2019 – mayo 2019.*

Donde DPEF corresponde a la diferencia entre la eficiencia de activo mensual promedio y la eficiencia de activo establecida según las especificaciones de los fabricantes.

Por lo tanto, por concepto de eficiencia de activo, se tiene como mínimo una pérdida de USD 51,763 mensualmente, que corresponde a producción que podría estar disponible para la venta en caso de ser producida, adicionalmente la pérdida de eficiencia de activo involucra una pérdida de disponibilidad a la hora de producir los distintos productos de la línea lo cual se puede ver reflejado en posibles quiebres de stock. Considerando los productos producidos por la línea de producción L200 en cada mes, desde enero a mayo de 2019 se registran en promedio mensualmente un total de 65,8 toneladas por concepto de quiebres de stock, lo que equivale a 3,74% de eficiencia de activos y realizando un cálculo similar al anterior, su equivalencia en pérdida económica corresponde a USD 26,368.

## 2.8. Hipótesis

Dada la problemática planteada anteriormente, se proponen las siguientes hipótesis que puedan explicarla:

**Hipótesis n°1:** Unidades de la línea de producción no operan a los niveles establecidos.

Esta hipótesis considera que ciertas unidades de la línea de producción operan a una velocidad menor a la establecida, perjudicando a la línea en conjunto, lo que provoca una producción de bultos por minuto menor a la programada.

**Hipótesis n°2:** Se producen fallas en las distintas máquinas de la línea de producción.

Esta hipótesis considera que durante la marcha las máquinas fallan, interrumpiendo la producción.

**Hipótesis n°3:** Experiencia del personal insuficiente para los procesos de producción.

Esta hipótesis considera que los operarios no tienen la experiencia necesaria para realizar los distintos procesos involucrados en la producción.

**Hipótesis n°4:** Asignación no óptima del personal.

Esta hipótesis considera que para los distintos procesos llevados a cabo durante la producción se está asignando una cantidad inadecuada de operarios, ya sea con una menor o mayor dotación de la ideal.

**Hipótesis n°5:** Defectos de insumos utilizados en el proceso de producción.

Esta hipótesis considera que se están utilizando insumos que recurrentemente poseen defectos, perjudicando el proceso.

**Hipótesis n°6:** Exceso de tiempo en tareas normales del proceso de producción.

Esta hipótesis considera que las tareas normales, ya sea de aseo; cierres y arranques de línea o cambios de materias primas toman un tiempo excesivo.

**Hipótesis n°7:** Procesos vinculados directamente a lo que es producción ocurren de manera ineficiente.

Esta hipótesis considera que procesos como, cambio de formato; cambio de insumos o retiro de obstáculos se realizan de manera ineficiente.



## 2.9. Análisis de hipótesis

**Hipótesis n°1:** Unidades de la línea de producción no operan a los niveles establecidos.

No se descarta, debido a que hoy en día sí se produce una cantidad menor a la establecida previamente, sin embargo, para poder analizar en detalle dónde se encuentran las deficiencias, es necesario un software del fabricante de las máquinas involucradas en la línea de producción, lo que hace infactible su estudio.

**Hipótesis n°2:** Se producen fallas en las distintas máquinas de la línea de producción.

No se descarta debido a que las pérdidas de eficiencia son de alrededor de un 4%, siendo esta la cuarta mayor pérdida de eficiencia de activo de la línea de producción.

**Hipótesis n°3:** Experiencia del personal insuficiente para los procesos de producción.

No se descarta debido a que, si bien todo el personal debe recibir capacitaciones al momento de insertarse en el proceso productivo por primera vez, puede que ciertas pérdidas de eficiencia de activo se vean vinculadas a la experiencia del personal y las diferencias que posean cada uno de los turnos de operación.

**Hipótesis n°4:** Asignación no óptima del personal.

Si bien las líneas de producción tienen bastantes procesos automatizados, la labor humana cobra fuerza al realizar cambios de materia prima, cambios de insumos, cambios de formato y al evitar obstrucciones; para cada uno de estos se puede observar en la línea de producción que se tienen las personas necesarias, salvo para el proceso de cambio de formato donde la realización de procesos en paralelo no se está aprovechando, por lo tanto, la hipótesis no se descarta.

**Hipótesis n°5:** Defectos de insumos utilizados en el proceso de producción.

Observando a qué se deben estos defectos, se identificó la utilización de insumos no originales y también daños en algunos de ellos, provenientes de la bodega de insumos, en total las pérdidas de eficiencia relacionadas significan no más allá de un 3%, por otra parte, su análisis y solución serían triviales para un trabajo de título, por lo que se descarta su estudio.

**Hipótesis n°6:** Exceso de tiempo en tareas normales del proceso de producción.

No se descarta debido a que cada uno de los procesos relacionados a tareas normales significan pérdidas cercanas al 3% de eficiencia, sin embargo, procesos como arranque y cierre de línea están ligados a condiciones de sindicato, haciendo infactible del estudio de la hipótesis.

**Hipótesis n°7:** Procesos vinculados directamente a lo que es producción ocurren de manera ineficiente.

Al analizar los procesos relacionados, se logró identificar que el que mayor pérdida conlleva es el de cambio de formato, teniendo pérdidas de eficiencia de activo alrededor de 5% mensualmente, por otra parte, la línea L200 tiene la factibilidad técnica para producir la mayor variedad de SKU's del departamento, por lo que corresponde a la línea con mayor número de cambios de formato, sin embargo al ser este un proceso transversal para el departamento, es decir que se debe realizar en todas las líneas de producción, cualquier mejora que se realice es escalable a nivel de departamento.

Por otra parte, la velocidad de los cambios de formato influye en los quiebres de stock de la empresa debido a la disponibilidad que se logra al tener una mayor flexibilidad en cuanto a las necesidades de los clientes.

### **2.10. Alternativas de solución**

De las hipótesis no descartadas o factibles a estudiar, es decir las hipótesis 2; 3; 4 y 7, por alcance, definición del trabajo y tiempo para este, se decide abordar las hipótesis 3; 4 y 7, para esto, en primer lugar, será necesario levantar el proceso del cambio de formato en detalle para los distintos SKU que se realicen y cuantificarlo en tiempo y asignación de personal. En base a lo anterior se prevé un rediseño al proceso de cambios de formato, esto con el objetivo de hacerlo más eficiente y también abordar tanto la asignación óptima y experiencia del personal involucrado al proceso.

### **2.11. Propuesta de valor**

Documentación estandarizada de todos los procesos relacionados al cambio de formato.

Un rediseño del proceso de cambio de formato que permita solucionar aquellas deficiencias que posee hoy en día.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Como objetivo general se propone implementar un rediseño para el proceso de cambio de formato de línea de producción L200 del departamento Conversión Rollos de Softys Talagante, el cual permita aumentar la eficiencia de esta.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Levantar el proceso de cambio de formato.
- Analizar el proceso, su dotación, tiempos e insumos involucrados en este.
- Elaborar una propuesta de mejora.
- Analizar nuevamente el proceso, incluyendo la propuesta de mejora.
- Cuantificar resultados en términos de producción y eficiencia de la línea.

### **4. Marco conceptual**

#### **4.1. Rediseño de procesos**

El rediseño de procesos es un concepto de gestión que toma fuerza a mediados de los 80's y 90's, como medio para contrarrestar ciclos de desarrollo de productos lentos; errores de cumplimiento de pedidos muy altos y niveles de inventario fuera de sincronía con la demanda por parte de los clientes, esto con el objetivo tomar ventaja analizando los procesos y tecnologías propias de cada empresa de la época. [5]

En general el rediseño de procesos busca que las empresas analicen sus procesos y los recursos que tienen ya implementados o de posible acceso, con el objetivo de desarrollar la visión declarada por cada una de ellas, además de los objetivos de cada uno de sus procesos de manera integrada agregando valor al producto final entregado al cliente.

Según Michael Hammer para poder rediseñar los procesos ya establecidos en las empresas existen ciertos principios, los cuales tienen como punto en común el agregar valor a los resultados por sobre a las tareas, lo cual debe estar directamente vinculado a una estrategia de mejora continua por parte de las empresas que busquen mejores resultados. [6]

Con el desarrollo de nuevas tecnologías y tendencias de los años posteriores, el rediseño de procesos se fue adaptando cada vez más según los requerimientos del mercado, es debido a esto que surge la disciplina BPM (Business Process Management), la cual está orientada a los procesos de negocios, pero realizando un enfoque integrado entre procesos, personas y tecnologías de información. BPM está fuertemente ligada con la mejora continua al interior de las empresas apoyándose en las tecnologías de información para mitigar pérdidas e ineficiencias existentes en ellas. [7]

## 5. Metodología

Como se mencionó anteriormente la empresa utiliza la filosofía TPM, por lo que el trabajo a realizar se verá de alguna u otra forma influenciado por esta, lo que hace relevante su análisis inicialmente para luego pasar al análisis de metodologías vinculadas al rediseño de procesos comprendido en la solución al problema planteado.

### 5.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Filosofía desarrollada a partir del concepto de “mantenimiento preventivo”, la cual nace en Japón posterior a la finalización de la Segunda Guerra Mundial debido a la búsqueda de la reconstrucción del país, en la cual Walter Andrew Shewhart y William Edwards Deming, expertos estadounidenses en control estadístico, mostraron a los japoneses como controlar la calidad de los productos fabricados mediante análisis estadísticos. [13]

TPM busca la eliminación de pérdidas buscando la máxima eficiencia, máxima vida útil y mejora continua de un sistema de producción orientando acciones desde la alta dirección hasta operadores en torno a esto. A diferencia del mantenimiento tradicional donde hay personas que se dedican a “producir” y otras a “reparar”, TPM busca que todos se involucren en el cuidado y mantenimiento preventivo del sistema de producción, lo que hace a los operarios del sistema de producción tomar un rol de gran importancia, ya que ellos trabajan y conviven con las máquinas día a día por lo que conocen de buena manera el funcionamiento de estas.

La filosofía TPM se basa en 8 pilares que sirven para la construcción de un sistema de producción ordenado:

- Mejora enfocada: su propósito es involucrar a distintas áreas para que intervengan en el proceso productivo con el objetivo de maximizar eficiencia de los equipos y procesos, eliminando pérdidas.
- Mantenimiento autónomo: su propósito es involucrar al operador de un sistema de producción en actividades de mantenimiento y cuidado de las distintas máquinas que participan en este.
- Mantenimiento programado: su propósito es mantener el sistema y proceso productivo en condiciones óptimas mediante actividades sistemáticas y metódicas con el fin de evitar paradas imprevistas.
- Mantenimiento de calidad: su propósito es mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad de sus características controlando los insumos y condiciones del sistema de producción involucrados en la calidad del producto.
- Prevención del mantenimiento: su propósito es el análisis del comportamiento de la maquinaria en cuanto a fallas y reparaciones con el fin de identificar mejoras en el diseño a fin de evitar nuevas fallas.

- Mantenimiento de áreas de soporte: su propósito es que las mejoras también sean traspasadas a la gerencia de los departamentos administrativos y que no solo sean de conocimiento por parte del área de producción.
- Polivalencia y desarrollo de actividades: su propósito es que el personal tenga la habilidad de interpretar y actuar con el fin de un correcto funcionamiento de los procesos, entre estas habilidades se encuentran, identificar y detectar problemas; comprender funcionamiento del sistema de producción; entender la relación entre los equipos y la calidad del producto; analizar y resolver problemas de funcionamiento del sistema de producción; conservación y traspaso de conocimientos; y cooperación y trabajo con áreas vinculadas a procesos industriales.

## **5.2. Metodología Lean**

Esta metodología nace posterior a la Segunda Guerra Mundial debido a la influencia estadounidense de la automotriz Ford y el control estadístico de procesos diseñado por Walter Andrew Shewhart y William Edwards Deming, entre otros sobre las industrias japonesas enfrentadas a un escenario post guerra. Tiene sus inicios en la metodología Just in Time (JIT) desarrollada por Toyota como Toyota Production System (TPS), la cual era utilizada bajo el criterio de solo producir lo que los clientes necesitan, siendo esta mejorada y por otra parte influenciada posteriormente de alguna manera por la filosofía TPM hasta llegar a ser Lean Manufacturing. [13]

Su objetivo principal es el entregar una mayor satisfacción a los clientes utilizando el menor número de recursos posibles y eliminando los desperdicios que no aportan valor. Los desperdicios considerados son los siguientes [8]:

- Movimiento: relacionado con el desplazamiento de máquinas y personas.
- Sobreproducción: ocurre cuando se produce más de lo que el cliente ha solicitado.
- Espera: períodos de inactividad que no generan valor, pero si un costo en el precio final de los productos.
- Transporte: ocurre cuando existe un movimiento innecesario y continuo de materiales.
- Sobreprocesado: ocurre cuando existen procesos innecesarios en la elaboración del producto final.
- Corrección: ocurre cuando existe la necesidad de corregir un producto defectuoso.
- Inventario: ocurre en el almacenaje de los productos, ya que además de utilizar espacio requieren cuidados para evitar daños y obsolescencia.

Por otra parte, la metodología Lean cuenta con cinco puntos clave:

- Definir el valor en función de la solución que busca el cliente.
- Determinar cadena de valor eliminando desperdicios.
- Crear un flujo dinámico en el que siempre se aporte valor.
- Generar pull del cliente, cuyo pilar sea la demanda real y no un valor arbitrario.
- Mejora continua para la excelencia.

Los cinco puntos clave anteriores tienen como objetivo la búsqueda de la eliminación de los desperdicios mencionados anteriormente; reducción de costos; reducir riesgos; reducción de plazos de ejecución y tareas que no aportan valor; trabajo en equipo y el aumento de la satisfacción de los clientes.

### **5.3. Metodología SMED**

La metodología SMED del acrónimo en lengua inglesa Single Minute Exchange of Die es parte de las herramientas de la metodología Lean, la cual surge en el año 1950 gracias a Shigeo Shingo, ingeniero mecánico japonés, partícipe de Toyota Production System (TPS) desarrollada por Toyota, el cual realizando un estudio de mejora de eficiencia para Mazda con la necesidad de eliminar cuellos de botella, estableció un procedimiento de preparación externa previo a un proceso, elevando la eficiencia y eliminando el cuello de botella en cuestión. Posteriormente desarrolló la metodología y la aplicó al sistema de producción de Toyota. [14]

El objetivo de la metodología SMED es optimizar los tiempos de regulación de máquinas entre productos distintos. La realización de esta metodología consta de 7 pasos [9]:

- Preparación previa: se refiere primero a conocer tanto las máquinas, como los procesos involucrados, tanto con su desempeño actual como con información histórica y por último formar un equipo adecuado para la realización de modificaciones sobre el proceso.
- Analizar el proceso sobre el que se implementará SMED: se refiere a identificar cada una de las tareas realizadas en el proceso analizado, desde que se produce la última pieza de un producto hasta que se produce la primera pieza del siguiente producto.
- Separar lo interno de lo externo: se refiere a identificar todas las tareas internas y externas involucradas en el proceso. Una tarea interna se refiere a una en la que las máquinas deben encontrarse totalmente detenidas para su realización, mientras que una tarea externa se refiere a una en la que las máquinas pueden encontrarse en marcha durante su realización.

- Organizar las tareas externas: se refiere a planificar cada una de las actividades externas con el objetivo de que todas ellas se cumplan previamente al detenimiento de las máquinas.
- Convertir lo interno en externo: se refiere a identificar tareas internas que posiblemente puedan ser convertidas en tareas externas generando un plan de acción para su transformación.
- Reducir tiempos de las tareas internas: se refiere a plantear ideas de mejora que permitan reducir los tiempos de tareas internas junto a un plan de acción para que esto se lleve a cabo.
- Realizar seguimiento: se refiere a realizar seguimiento sobre el rediseño implementado, esto con el objetivo tanto de corregir errores como de iterar nuevamente para poder reducir aún más los tiempos de regulaciones de máquinas entre productos distintos.

Los pasos descritos tienen por objetivo reducir los tiempos de regulaciones de máquinas entre productos distintos aumentando la fiabilidad de estos, incrementar la eficiencia de los activos de producción y reducir lotes de stock en proceso.

#### **5.4. Metodología Six Sigma**

Six Sigma es parte de las herramientas de la metodología Lean, la cual fue creada en la década de los 80 en Motorola, consiste en una metodología de mejora de procesos centrada en la reducción de variabilidad, teniendo como resultados la reducción o eliminación de defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de la metodología Six Sigma es llegar a 3,4 defectos por millón de eventos o resultados, entendiéndose por defecto, cualquier condición que impida cumplir los requisitos del cliente. Consta de cinco etapas [10]:

- Definir: se refiere a la identificación de un problema, los objetivos y alcances en torno a este.
- Medir: se refiere a la cuantificación del problema.
- Analizar: se refiere a la identificación de la raíz del problema junto a espacios de mejora a partir de la información recopilada anteriormente.
- Mejorar: se refiere a la implementación y verificación de la solución encontrada.
- Controlar: se refiere observación e iteración sobre la solución implementada, permitiendo nuevos espacios de mejora.

## **5.5. Análisis de metodologías y elección**

Softys, en particular la planta en la cual se realiza el trabajo de título implementa tanto la filosofía TPM como la metodología Lean en sus actividades y procesos, teniendo como uno de sus principales pilares la mejora continua y la disposición al cambio, eliminando actividades que no aporten valor a sus clientes.

La metodología SMED por una parte se relaciona tanto con la filosofía TPM al involucrar de mejor manera a los operadores en los procedimientos a realizar en las líneas de operación, como con la metodología Lean al buscar espacios de mejora enfocados en el cliente eliminando aquellas tareas que no aporten valor sobre el proceso productivo, por otra parte está fuertemente ligada a las hipótesis que se planean abordar, teniendo como principal foco la reducción de los tiempos del proceso de cambio de formato, mientras que la metodología Six Sigma es abordada de cierta forma en los pasos a realizar de la metodología SMED.

Por lo tanto, considerando los lineamientos actuales que posee la empresa, junto a las características del problema a estudiar se estima pertinente el uso de las metodologías Lean y SMED en conjunto, con el objetivo de rediseñar el proceso de cambio de formato estudiando en detalle cada uno de sus componentes eliminando a la vez aquellos que no generen valor en el proceso.

## **6. Resultados esperados y Alcances**

### **6.1. Resultados esperados**

Documentación del proceso de cambio de formato tanto en su situación actual como de la propuesta de rediseño a implementar.

Análisis de la situación actual, cuantificando dotación, tiempos e insumos involucrados.

Reducción de los tiempos del proceso de cambio de formato llevados a cabo en la línea L200 en alrededor de un 50%.

### **6.2. Alcances**

No se contempla el análisis del proceso en otras líneas de producción y tampoco sobre la gestión de producción llevada a cabo por el área de Planificación y Control de Operaciones.

El rediseño del proceso de cambio de formato constará con un análisis tanto de la dotación como de las tareas que tengan una oportunidad de mejora siempre y cuando exista la factibilidad, ya sea por temas técnicos o restricciones de la empresa.

No se contempla el trabajo con fabricantes de las máquinas a estudiar, sin embargo, si con personal del área de mantención que pueda aportar valor al análisis de estas.



Se contempla la implementación como mínimo de un trabajo piloto sobre el proceso del cambio de formato en la línea L200.

El trabajo de título está contemplado para realizarse dentro de las fechas establecidas por el Departamento de Ingeniería Industrial, teniendo como fecha límite, el final del curso IN6909, semestre primavera 2019.

## 7. Desarrollo del trabajo de título

### 7.1. Proceso general de producción

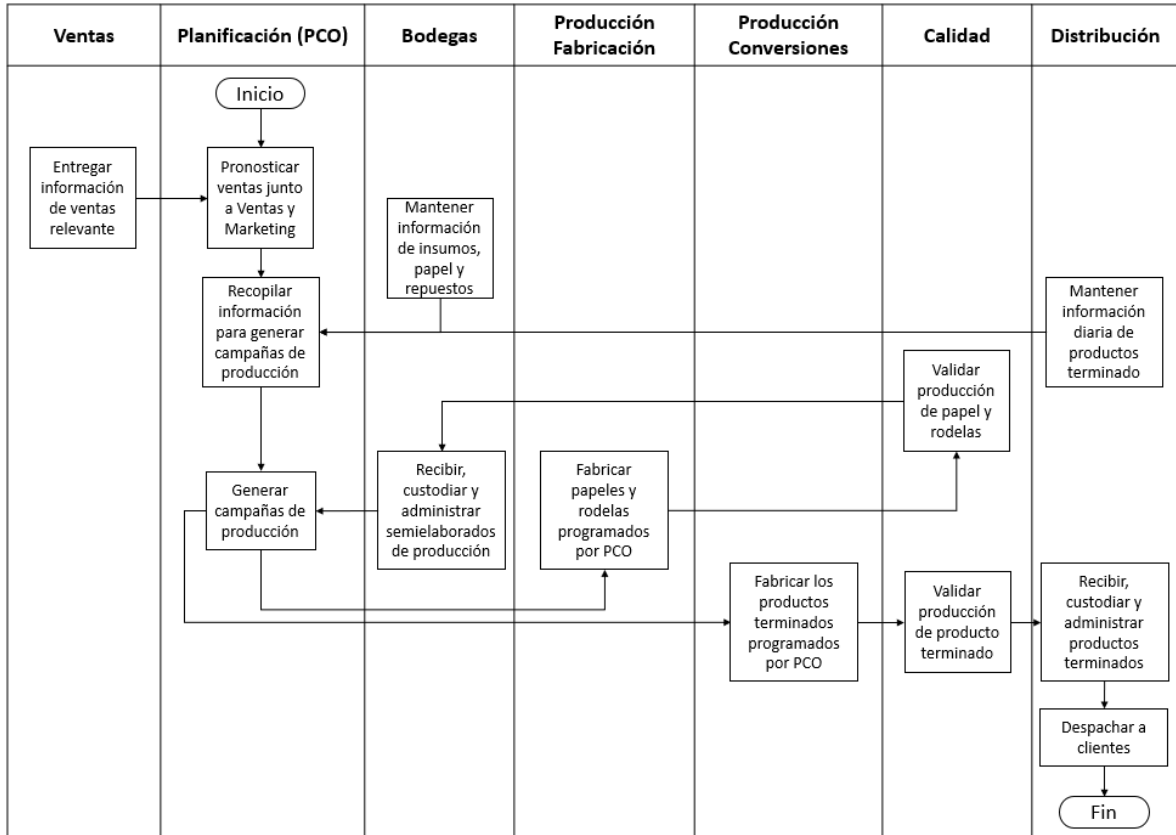


Figura 8: Proceso productivo Softys.

En la figura 7 se presenta el proceso productivo de la empresa, el cual inicia con la recopilación de información para establecer demandas y requerimientos por parte de los clientes, además de un levantamiento de stocks, insumos, materias primas, entre otros, todo esto con el fin de poder generar campañas de producción, las cuales definen qué producto debe producirse, y por cuanto tiempo en los departamentos de Conversiones, más específicamente por las líneas de producción que los componen, para así finalmente poder llegar al cliente satisfaciendo sus necesidades.

Las campañas de producción establecidas por el área Planificación y Control de Operaciones definen la cantidad a producir de un producto en particular, el cual puede diferir de otro en familia o marca; diseño; metraje; diámetro y formato, cada una de estas características deben ser definidas en las líneas de producción de los departamentos de Conversiones previo al inicio de cada campaña de producción, debido a esto se deben regular ciertas unidades o máquinas que definen las características ya mencionadas en el proceso denominado cambio de formato.

Debido a que distintos productos pueden tener características similares, la cantidad de regulaciones al pasar de producir uno a otro puede verse disminuida o facilitada, lo que conlleva un cambio de formato en menor tiempo y por lo tanto más eficiente que otro, información que puede ser considerada por Planificación y Control de

Operaciones, sin embargo debido a la capacidad y eficiencia que tiene hoy en día la línea L200 donde se desarrolla el trabajo de título, considerar este tipo de información puede provocar potenciales quiebres de stocks como los mencionados en la sección 2.7, lo que conlleva un costo debido a la pérdida de un cliente, el cual es mayor que el costo que conlleva la diferencia en tiempo por priorizar un cambio de formato que no tenga características que faciliten este.

Es por esto por lo que tal como se menciona en la sección de alcances, que el análisis de los cambios de formato será llevado a cabo sobre el proceso realizado en la línea de producción L200 y no relacionándose con el área de Planificación y Control de Operaciones.

## 7.2. Equipos involucrados en el proceso de cambio de formato

A continuación, se nombran, recuerdan y describen de breve manera aquellas unidades que pueden verse involucradas en el proceso de cambio de formato:

- **Unidad de Gofrado y Laminación:** Unidad encargada primero de grabar en el papel el diseño del formato que se requiera producir, esto mediante rodillos gofradores, el gofrado depende principalmente de la marca del producto, y permite un espesor determinado al papel, lo que a su vez le otorga al rollo un diámetro específico para alcanzar la norma técnica de calidad. Teniendo el gofrado realizado, la unidad se encarga de unir o pegar dos hojas de papel para aquellos productos que sean de doble hoja.
- **Rebobinadora:** Encargada de enrollar el papel en torno a un tubete de cartón produciendo logs, los cuales consisten en rollos de papel que poseen el ancho del Jumbo con un diámetro específico según lo requiera el producto.
- **Empaquetadora:** Como su nombre lo indica es la encargada de formar, envolver y sellar el paquete de rollos de acuerdo con un formato requerido.
- **Ensacadora:** Encargada de formar y sellar los bultos de paquetes de rollos producidos por la Empaquetadora para facilitar el posterior paletizado.

## 7.3. Selección de equipo

Como se mencionó anteriormente, durante el proceso del cambio de formato se pueden ver involucradas una distinta cantidad de máquinas dependiendo de las características del producto que se está produciendo y cuál será el siguiente a producir, debido a esto, es posible clasificar los cambios de formato en 2 tipos según la cantidad de unidades que es necesario modificar para poder llevarlo a cabo:

- **Cambios de familia o marca:** Corresponde a cambios en los que el cambio de producto implica un cambio de marca, en este caso las marcas producidas actualmente por la línea L200 son Elite y Confort, y para pasar de una a la otra es necesario realizar modificaciones en distintas unidades, partiendo por la Unidad de Gofrado y Laminado, debido a que es la unidad que le otorga el diseño y la textura al

producto final, características que varían de una marca a la otra; en caso de que el nuevo producto requiera un nuevo metraje, la rebobinadora deberá ser modificada; la empaquetadora se verá afectada de mayor o menor manera dependiendo del metraje de los rollos y la cantidad de estos por empaque que requiera el producto final, sin embargo independiente de lo anterior, el cambio de marca requerirá un cambio de empaque, por lo tanto un cambio de polietileno, el cual debe hacerse en esta unidad; y finalmente la ensacadora se verá afectada de mayor o menor manera dependiendo de los tamaños de los empaques. El cuello de botella presente en este cambio corresponde a la Unidad de Gofrado y Laminado.

- **Cambio en la cantidad de rollos por empaque y/o metraje:** Corresponde a cambios en los que no se realiza un cambio de marca, sino que se modifican características tales como metraje y cantidad de rollos por empaque, en este tipo de cambios se verá involucrada la rebobinadora en caso de que el producto final tenga un metraje distinto; la empaquetadora debido al cambio en la cantidad de rollos y también al metraje del producto final; y finalmente la ensacadora dependiendo del tamaño de los empaques. El cuello de botella en este cambio corresponde a la Empaquetadora.

Con el fin de seleccionar la unidad que tenga un mayor impacto en los tiempos de cambio de formato se realizó un análisis de Pareto considerando la información durante el período comprendido entre Julio de 2018 y Julio de 2019 tanto en cantidad como en tiempos de ambos tipos de cambio.

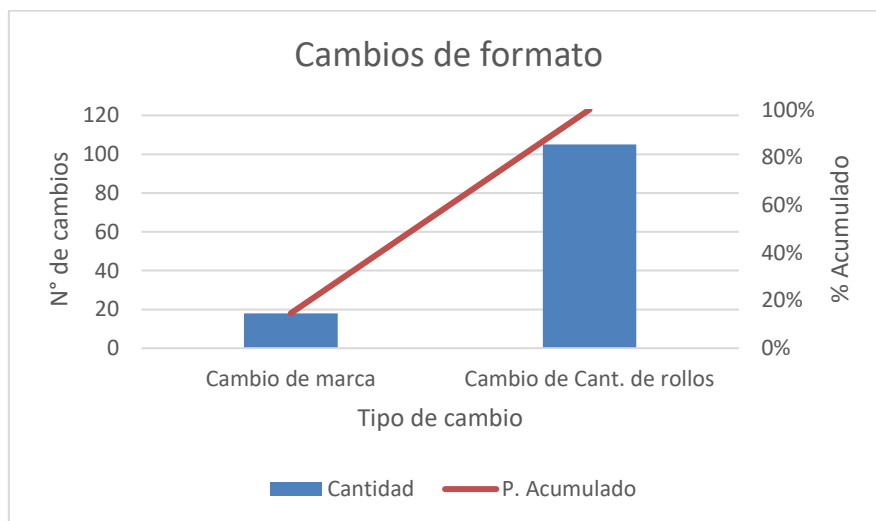


Figura 9: Análisis de Pareto entre la cantidad de cambios y tipo de cambio, período julio 2018 - julio 2019.

Durante el período analizado se registran un total de 123 cambios de formato, en la figura 9 se puede observar como la cantidad de cambios de marca son notoriamente menores en cantidad con un 15% del total en comparación a los cambios de cantidad de rollos, que hacen el 85% del total.

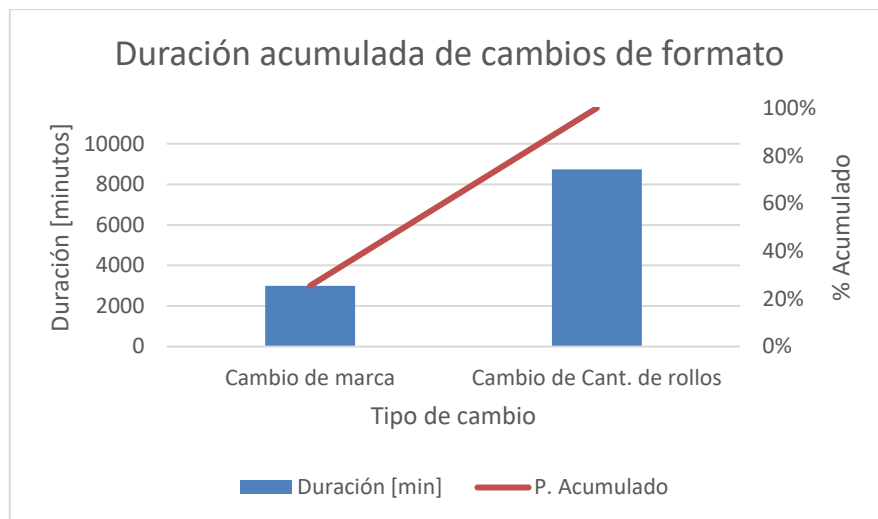


Figura 10: Análisis de Pareto entre la duración acumulada de los cambios de formato y tipo de cambio, período julio 2018 - julio 2019.

De los 123 cambios de formato del período analizado, solo se tiene la duración de tan solo 90 de estos, sin embargo, en cuanto a porcentajes la relación es similar a la anterior. La duración total acumulada de los 90 cambios hace alrededor de 195,5 horas, lo que corresponde a 11.730 minutos, por su parte como se muestra en la figura 10 la cantidad de cambios de marca y cantidad de rollos de los que se tienen la duración, tienen una diferencia significativa haciendo en total una duración acumulada de 2.991 minutos y 8.737 minutos respectivamente, los que significan 26% y 74% del total respectivamente.

Finalmente, los cambios de marca se diferencian también en el personal que requieren para su realización, involucrando no solamente operarios de la línea como lo hace el cambio en la cantidad de rollos, sino también mecánicos, debido a que implica una modificación más compleja y rigurosa que a su vez conlleva un mayor riesgo debido a la magnitud de las piezas que se deben modificar.

En consecuencia, a lo mencionado anteriormente, se escoge como unidad a intervenir en el proceso de cambio de formato la empaquetadora de la línea en cuestión.

#### 7.4. Empaquetadora CMW-425

La empaquetadora de la línea de producción L200 corresponde a la empaquetadora CMW-425 [11], esta es una máquina automática que tiene como objetivo recibir rollos y empaquetarlos en un film de polietileno de acuerdo a una configuración preestablecida, la cual depende del formato del producto final que se requiera.



*Figura 11: Empaquetadora CMW-425.*

El proceso productivo realizado por la Empaquetadora CMW-425 se presenta en la figura 12:

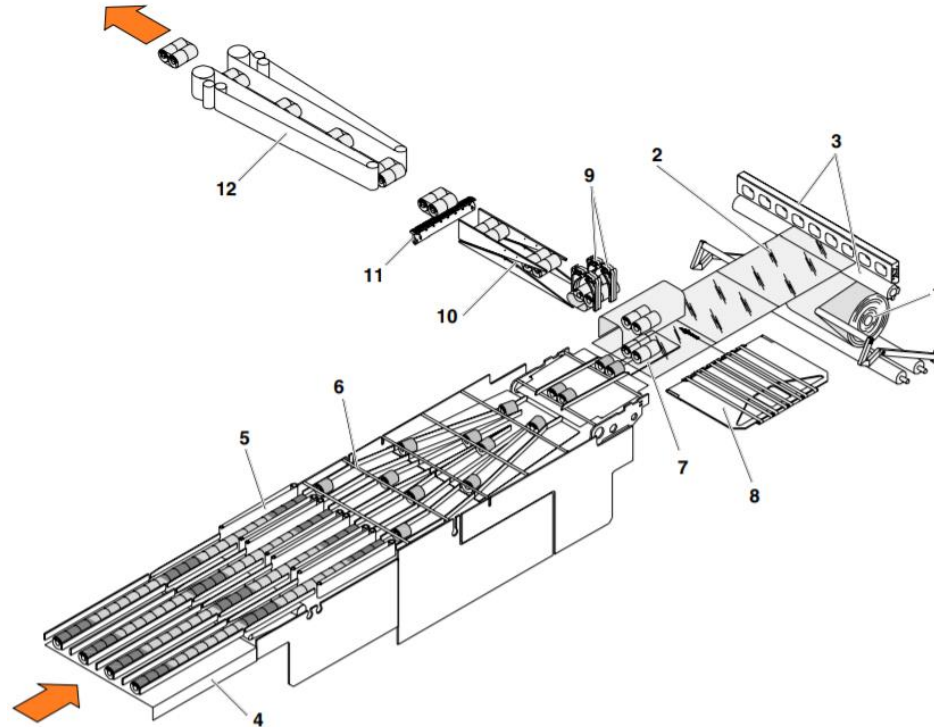


Figura 12: Proceso productivo Empaquetadora CMW-425.

1. Una bobina de polietileno es posicionada para su posterior desenrollamiento.
2. El polietileno es arrastrado y desenrollado mediante rodillos desenrolladores.
3. Dependiendo del formato el polietileno es cortado mediante guillotinas.
4. Paralelo a lo mencionado anteriormente, a través de cintas transportadores, rollos ingresan a la empaquetadora a lo que se conoce como conjunto de alimentación, el cual inicia con un conjunto de lanzadores.
5. El conjunto de lanzadores distancia los rollos de acuerdo con el formato del producto final y los transporta a lo que se conoce como conjunto de arrastre.
6. El conjunto de arrastre de acuerdo con el formato del producto final estratifica<sup>3</sup> y transporta los productos hacia los platos elevadores.
7. Los platos elevadores elevan el producto hacia lo que se conoce como trineo de arrastre, en este punto los rollos se encuentran con el polietileno, siendo envueltos por este en forma de "U".

<sup>3</sup> Como estrato se le conoce a cada uno de los niveles o corridas de rollos del producto final.

8. El trineo de arrastre tiene como función llevar los rollos y polietileno a través de un conjunto de plegadores para poder formar el empaque completamente; el primero de ellos corresponde a un plegador móvil posicionado bajo los rollos, el cual permite envolver completamente los rollos en el polietileno generando una especie de “tubo” con este.
9. Siguiendo por el conjunto de plegadores, el empaque pasa por plegadores fijos y móviles laterales que generan pliegues laterales sobre este.
10. El último plegador corresponde a la batería plegador el cual finaliza el plegado lateral del empaque.
11. Posteriormente el empaque pasa por un sellado en temperatura, pasando primero por un sellado inferior.
12. Finalmente, el empaque pasa por bandas de sellado, las cuales sellan el empaque lateralmente dando por finalizado el proceso de la Empaquetadora CMW-425.

## **8. Proceso de cambio de formato**

Como se mencionó anteriormente el proceso de cambio de formato consiste en la regulación de una máquina para poder cambiar la producción de un producto a otro según los requerimientos de cada uno.

El levantamiento<sup>4</sup> del proceso de cambio de formato en la Empaquetadora CMW-425 se realizó principalmente a través de filmaciones del proceso y posteriores entrevistas con los operadores involucrados.

Actualmente la línea de producción puede producir 32 productos distintos según se requiera, cada uno de estos tiene características relevantes al realizar los cambios de formato, como marca, cantidad de rollos por empaque y metraje, al pasar de un producto a otro es necesario considerar cada una de estas, lo que significa la existencia de una gran cantidad de cambios de formato posibles, por otra parte los cambios son realizados por el operador de la empaquetadora del turno presente durante el cambio; cada uno de estos tiene su propio orden y experiencia, lo que significan diferencias tanto en tiempos y acciones realizadas como en una falta de estandarización del proceso, sin embargo a través de las observaciones de videos y comentarios por parte de los operadores se logró apreciar el proceso de buena manera, a continuación se presentará el proceso de cambio de formato con cada una de las tareas involucradas en este y posteriormente se presentará una tabla con estas y los tiempos asociados respectivamente.

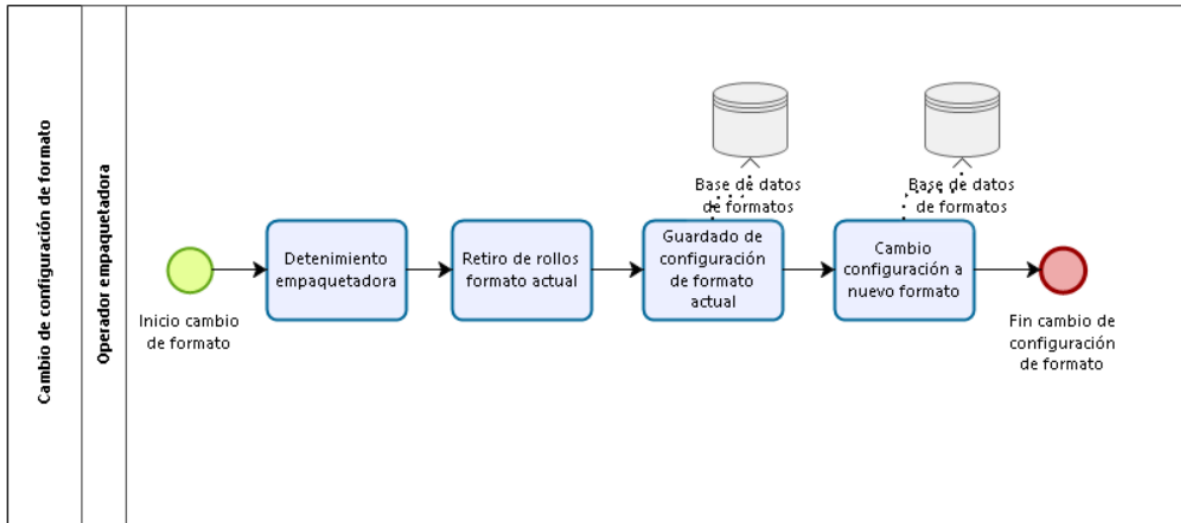
El proceso inicia con la orden del cambio de formato por parte del operador líder, posterior a esto se debe detener la línea de producción por completo. En particular en la empaquetadora se realiza lo siguiente:

---

<sup>4</sup> Ver anexo A para más detalle.

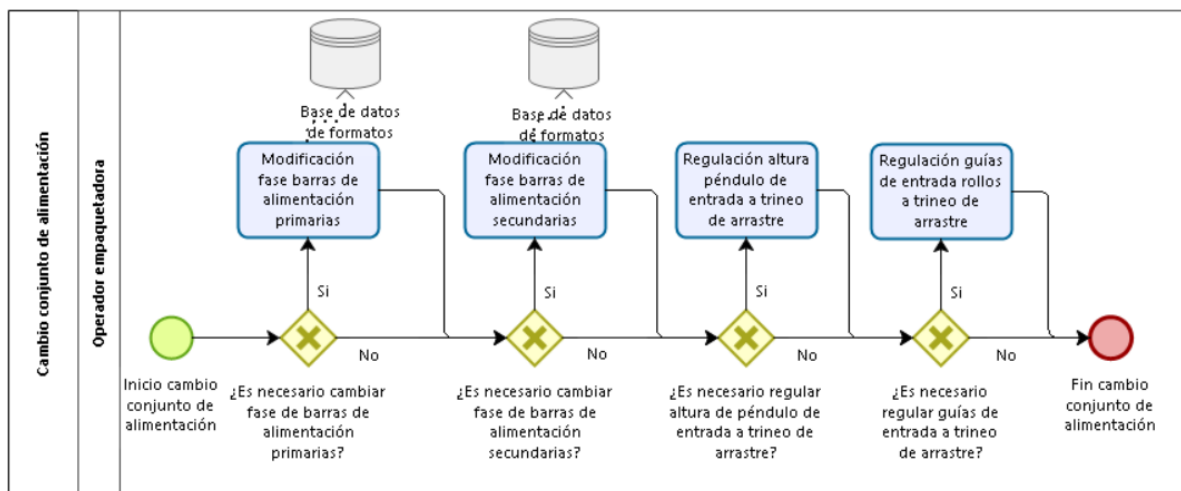


Inicialmente la empaquetadora debe ser detenida para evitar cualquier tipo de accidente y daños hacia la máquina, acto seguido, se deben retirar todos los rollos del formato actual que se encuentren al interior de la empaquetadora, para finalmente realizar un cambio de programación en la máquina, el cual primero guarda la última configuración con la que se produjo el formato actual en una base de datos de formatos y después cambia a la configuración del nuevo formato a producir en la misma base, lo cual permite al operario verificar de manera visual si algunas zonas de la máquina se encuentran bien reguladas, esto se presenta en el siguiente esquema BPMN.



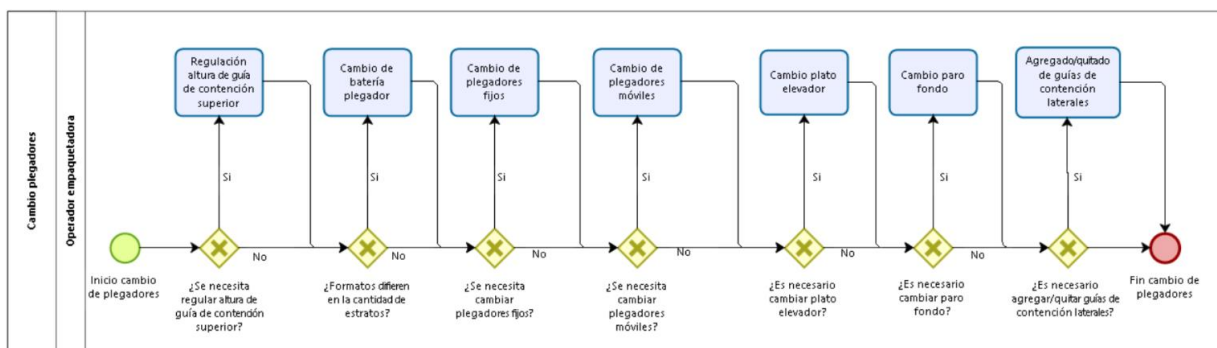
Esquema BPMN 1: Cambio de configuración de formato.

Posteriormente en caso de que sea necesario se realizan cambios en el conjunto de alimentación, esto consiste en ajustar la vía de entrada de los rollos a la empaquetadora y también ajustar la separación y características con la que entrarán los rollos al trineo de arrastre dependiendo del tamaño de estos, para esto es necesario que el operario conozca la configuración que presenta el formato en esta zona, la cual puede revisar en la base de datos de estos en caso de no conocerlas.



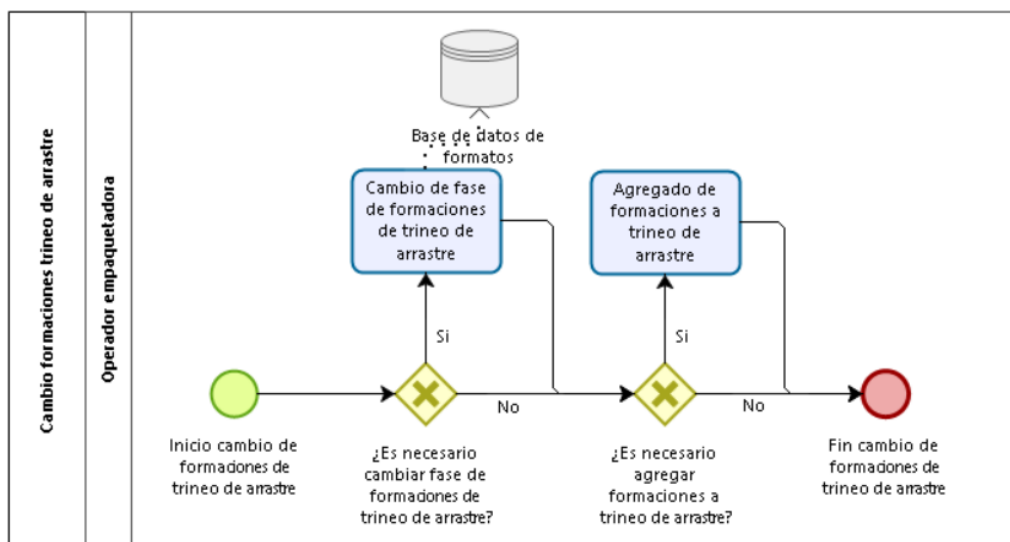
Esquema BPMN 2: Cambio grupo de alimentación.

Una vez realizado el cambio al conjunto de alimentación es necesario modificar el conjunto de plegadores en caso de que sea necesario, esto consiste inicialmente en regular la altura de la contención superior, la cual depende netamente del tamaño que tendrá el nuevo empaque en formación, para posteriormente realizar un cambio de los juegos de plegadores que se necesitarán para el nuevo formato, los cuales pueden ser de 3 tipos; batería plegador, de la cual existen dos juegos, para uno y dos estratos; plegador fijo y plegador móvil, a estos últimos es necesario regular su altura con respecto a los anteriores con el objetivo de que calcen de manera perfecta al realizar el plegado del polietileno, adicionalmente a esto dependiendo del tamaño del nuevo empaque será o no necesario cambiar los platos elevadores y paro fondo para que pueda ser recibido y llevado al trineo de arrastre de manera correcta, en el cual el empaque podrá abarcar una mayor, igual o menor cantidad de espacio que el empaque del formato anterior, por lo tanto, será o no necesario colocar o quitar según sea el caso guías de contención laterales, las cuales permitirán guiar el empaque de una manera ni estrecha, ni holgadamente.



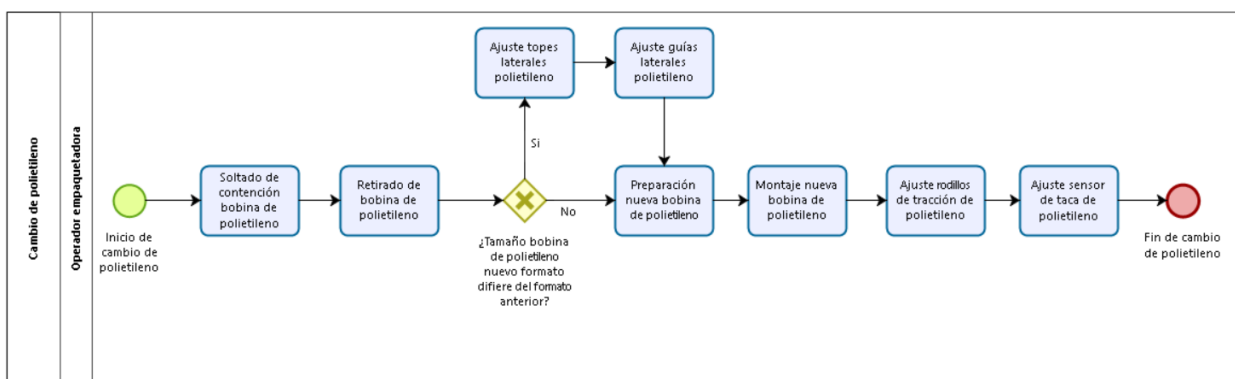
Esquema BPMN 3: Cambio conjunto de plegadores.

Adicionalmente en el trineo de arrastre es necesario modificar la configuración de las formaciones de este en caso de que el nuevo formato requiera un mayor o menor espacio con respecto al formato actual para poder ser trasladado de buena manera, lo que ocurre generalmente cuando se produce una diferencia en la cantidad de rollos por empaque, este proceso consiste en cambiar de fase o lugar las distintas formaciones y también agregar o quitar una cierta cantidad de estas.



Esquema BPMN 4: Cambio formaciones trineo de arrastre.

Finalmente, el último cambio manual que debe hacerse en cada cambio de formato es el cambio de la bobina de polietileno, la cual puede variar en tamaño, lo que significará un mayor o menor trabajo a realizar dependiendo de la diferencia que exista con la bobina de polietileno del formato actual, este proceso consiste principalmente en modificar las dimensiones de las distintas partes que trabajan con la bobina de polietileno.



Esquema BPMN 5: Cambio de polietileno.

Una vez realizados todos los cambios manuales es necesario regular algunas partes de la máquina mediante unas perillas, las cuales se encuentran vinculadas a lo que se denomina como semaforino, estos corresponden a una especie de semáforo que a su vez se encuentra vinculado a la parte computacional de la empaquetadora, en específico a la base de datos de los formatos de esta, ya que a través de ellos es posible reconocer visualmente mediante colores si la posición de cierta parte de la máquina es la correcta o no para un determinado formato. Posteriormente, se realiza lo que se conoce como lecturas de panel, esto consiste en coordinar las distintas partes de la máquina computacionalmente, haciendo que estas ejecuten su función, en primera instancia de manera individual y después de manera conjunta, en caso de existir una descoordinación es necesario intervenir la máquina nuevamente y regular aquella parte que se esté provocando errores. Finalmente es necesario realizar una verificación con el producto en una modalidad de prueba, a través de la cual ingresan rollos a la empaquetadora para obtener el empaque del nuevo formato a realizar, se observa este y se determina si es

necesario volver a modificar algo o no, en caso de que el paquete no presente aspectos erróneos, el cambio de formato se da por finalizado en la empaquetadora.

Como se mencionó anteriormente, a continuación, se presentarán los tiempos<sup>5</sup> estimados en condiciones normales asociados a cada una de las tareas<sup>6</sup> involucradas en el proceso de cambio de formato posterior al detenimiento de la empaquetadora, para esto se resaltarán las tareas principales y se hará un desglose de las tareas más pequeñas que las compongan:

Tarea	Tiempo [minutos]
<b>Cambio de configuración de formato</b>	<b>4</b>
Retiro de rollos de formato actual	2
Guardado de configuración formato actual	1
Cambio de configuración a nuevo formato	1
<b>Cambio grupo de alimentación</b>	<b>7</b>
Modificación fase de barras de alimentación primarias	3
Modificación fase de barras de alimentación secundarias	2
Regulación péndulo de entrada a trineo de arrastre	1
Regulación guías de entrada a trineo de arrastre	1
<b>Cambio conjunto de plegadores</b>	<b>21</b>
Regulación altura guía de contención superior	5
Cambio de batería plegador	2
Cambio plegadores fijos	2
Cambio plegadores móviles	2
Cambio paro de fondo	2
Cambio plato elevador	2
Agregado/quitado de guías de contención laterales	6
<b>Cambio formaciones trineo de arrastre</b>	<b>14</b>
Cambio de fase de formaciones de trineo de arrastre	12
Agregado de formaciones de trineo de arrastre	2
<b>Cambio de polietileno</b>	<b>18</b>
Soltado de contención de bobina de polietileno	1
Retirado de bobina de polietileno	2
Ajuste topes laterales polietileno	2
Ajuste guías laterales polietileno	4
Preparación nueva bobina de polietileno	1
Montaje nueva bobina de polietileno	2
Ajuste rodillos de tracción de polietileno	5
Ajuste sensor de taca de polietileno	1
<b>Lecturas de panel Mate</b>	<b>6</b>
<b>Verificación final con producto</b>	<b>3</b>

Tabla 4: Tareas de cambio de formato con sus respectivos tiempos estimados.

<sup>5</sup> Los tiempos asociados a las tareas presentadas en la tabla 4 corresponden a tiempos que le tomaría a una sola persona realizar estas, por lo que este puede variar, ya sea por dotación o experiencia del personal.

<sup>6</sup> Las tareas presentadas en la tabla 4 como se menciona anteriormente pueden o no realizarse en un cambio de formato, lo que dependerá del formato del nuevo producto.

## 9. Análisis del proceso de cambio de formato

Como se mencionó anteriormente la línea de producción L200 trabaja a 3 turnos diarios y el operario del turno presente en el momento en que se deba ejecutar el cambio de formato es el responsable de realizar este proceso, el cual no tiene ningún tipo de estandarización, esto hace que cada turno se rija por su propia experiencia.

Lo anterior conlleva principalmente dos consecuencias, diferencias en tiempos al realizar el proceso y también diferencias en las piezas consideradas por cada turno para un cierto formato, siendo esta última de vital importancia, ya que si el operador del turno posterior al cual se realizó un cambio de formato considera que alguna pieza no es la correcta y está generando pérdidas en la producción, detendrá la empaquetadora, y a su vez, la producción para volver a cambiar las piezas que considere pertinentes, lo que también sucede en un mismo cambio, en los cuales a veces el operador responsable del proceso toma la decisión de utilizar una pieza en particular, pero después opta por cambiarla por otra.

Por otra parte, la empaquetadora presenta algunas fallas en determinadas partes de ella, lo que se conoce como estar fuera de su condición básica, esto afecta en cierto grado tanto la producción misma como el proceso de cambio de formato, haciendo que los operadores tengan que realizar trabajo extra al momento de este.

Finalmente, al no ser un proceso estandarizado, no se tiene en consideración aquellas tareas que pueden ser ejecutadas antes de detener la producción, aumentando el tiempo de ejecución; ni tampoco la dotación de personal para este, ya que en general es realizado solamente por el operador de la empaquetadora y en algunas ocasiones este es apoyado por otro operador de la línea que tenga algunos conocimientos sobre el funcionamiento de la máquina, esto conlleva, no solo tiempo mal aprovechado, sino también la no utilización de tareas en paralelo, lo que puede significar un ahorro de tiempo significativo, esto se puede apreciar en el siguiente gráfico:

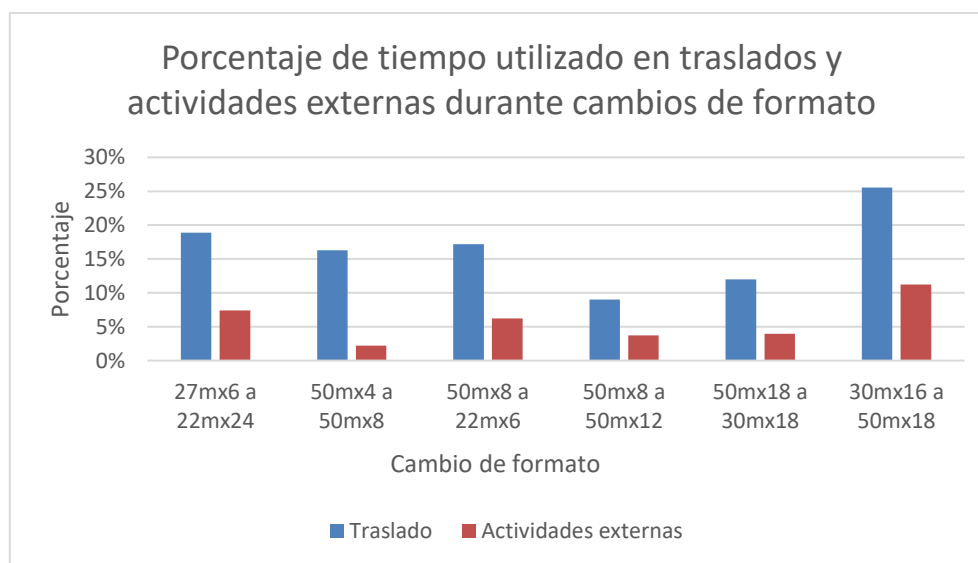


Figura 13: Porcentaje de tiempo utilizado en traslados y actividades externas durante cambios de formato.

En la figura 13 se observan los porcentajes del tiempo total utilizados en traslados de una estación a otra de la empaquetadora y también en tareas externas, las cuales se refieren a aquellas tareas que pueden ser realizadas antes de que la máquina deba estar detenida, ya sea búsqueda de piezas de cambio, herramientas y preparación de insumos involucrados en el proceso analizado, estos datos corresponden a 7 cambios de formato, analizados en detalle con operarios de la empaquetadora.

En promedio la duración total de estos cambios de formato es de casi 59 minutos y en promedio el 16% de este, es solo ocupado por el movimiento que realizan los operarios; por otra parte, las tareas externas en promedio hacen un 6% del total del tiempo, por lo tanto, juntando ambos casos, alrededor de 13 de 59 minutos son completamente desaprovechados en movimientos y tareas innecesarias de hacer mientras la línea de producción se encuentra detenida, lo que hace aún más importante la consideración de la estandarización del proceso además de la utilización de más personal.

## **10.Rediseño**

Debido a los problemas y debilidades del proceso de cambio de formato encontradas anteriormente, a continuación, se plantean lineamientos para abordar estos de manera general, ya que, al hacerlo de esta manera, puede ser utilizado como piloto o punto de partida para las demás líneas de producción.

Primero, para poseer un mayor control por parte de los operarios sobre el proceso de cambio de formato, cada una de las tareas de este deben ser seguidas a través de listados de chequeo, teniendo uno de preparación del proceso de cambio de formato, el cual contiene todas las tareas posibles a realizar previo a detener la empaquetadora y la línea de producción en su totalidad; y uno de arranque de la empaquetadora, el cual contiene todas las posibles tareas a realizar durante el cambio previas a la puesta en marcha de la empaquetadora, adicionalmente los operadores deben mencionar cualquier anomalía en los listados para posteriores mantenciones y/o ajustes según corresponda, una vez que se interiorice lo mencionado anteriormente se puede dar paso a realizar listados de chequeo específicos para aquellos cambios que sean de mayor importancia para la línea según el tiempo que utilicen o dificultad que posean y la frecuencia con la que se realicen.

Segundo, siguiendo con la línea de poseer un mayor control sobre el proceso de cambio de formato, cada una de las piezas debe estar registrada en un listado que permita conocer a simple vista para qué formato es compatible cada pieza, el cual debe ser utilizado por igual por los operarios de los tres turnos para evitar tanto la utilización de piezas erróneas durante el proceso mismo, como para evitar el cambio de una pieza durante la producción de otro turno que considere que no tiene las piezas correctas durante su horario de producción.

Tercero, cada proceso de cambio de formato debe tener una dotación de personas mayor a la actual, de 2 a 4 personas por realización, cada una con tareas asignadas y una estación de trabajo en la cual desempeñar su labor.

A partir de los distintos cambios de formato estudiados, es posible apreciar que si bien cada uno es distinto de otro, estos si presentan patrones similares, como tareas a realizar cronológicamente y estaciones de trabajo en las cuales realizar una cierta cantidad de acciones, debido a esto los cambios pueden considerarse pequeños, medianos o grandes, el primero se refiere a aquellos que tienen cambios mínimos, tales como cambio de polietileno y regulaciones en el conjunto de alimentación de la empaquetadora; el segundo se refiere a aquellos que además de los ajustes anteriores considera cambios de plegadores y modificaciones menores en el trineo de arrastre; y finalmente el cambio grande considera además de lo anterior ajustes mayores en el trineo de arrastre de la empaquetadora, por esto es que para aprovechar la realización de tareas en paralelo y evitar que los operadores deban alejarse de la empaquetadora por trasladarse de una zona a otra, se consideran que 2, 3 y 4 operadores deben realizar los cambios pequeños, medianos y grandes respectivamente, los cuales deben tener conocimientos en la empaquetadora CMW-425, preferentemente de la línea de producción L140, la cual posee la misma máquina, siempre y cuando esta se encuentre en condiciones normales y durante el lapso del cambio de formato otra persona pueda acudir y realizar labores menores en la empaquetadora de esa línea en caso de ser necesario, o en caso de no tener disponibilidad será necesario capacitar personal para que pueda participar en cada cambio de formato, adicionalmente las estaciones de trabajo en la cual las personas deben desempeñar su labor son: conjunto alimentación y plegadores del lado de la entrada de los rollos; zona plegadores del lado del polietileno; zona polietileno; y trineo de arrastre, estas se muestran a continuación:

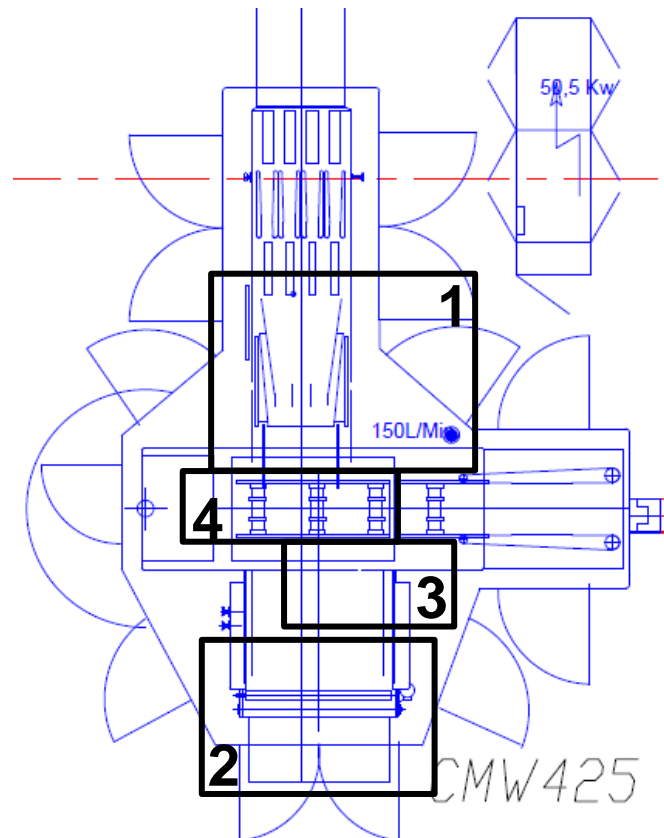


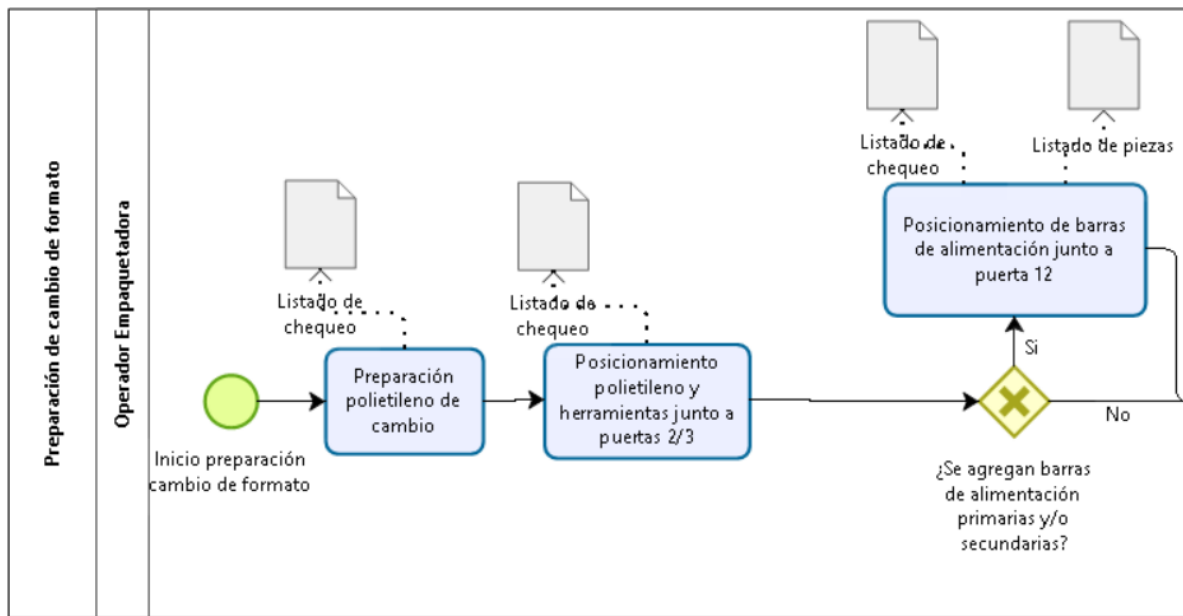
Figura 14: Estaciones de trabajo, Empaquetadora CMW 425

1. Conjunto de alimentación y plegadores lado entrada rollos.
2. Zona polietileno.
3. Zona plegadores lado polietileno.
4. Trineo de arrastre.

Cuarto, cada proceso de cambio de formato debe tener un líder, preferentemente el operador de la empaquetadora de la línea L200, teniendo como labor, tanto mantener el control del proceso mediante los listados de chequeo y uso correcto de las piezas de cambio, como la asignación de tareas y estaciones de trabajo en la cuales debe desempeñarse cada uno de los participantes del proceso.

### 10.1. Estandarización proceso de cambio de formato

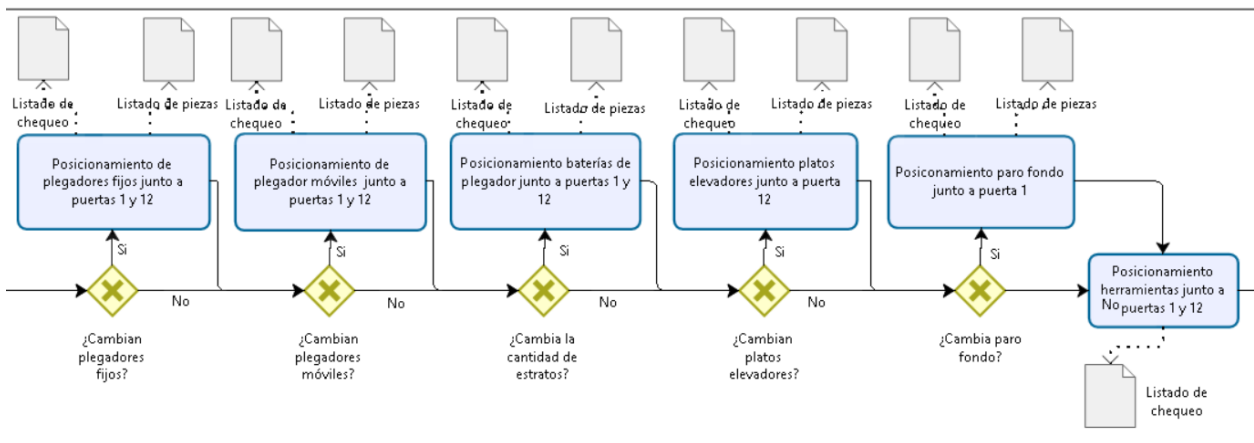
Como parte del rediseño, se desarrollan diagramas de flujo para la estandarización del proceso de cambio de formato, el cual fue dividido en dos partes, actividades externas e internas, estas se presentan a continuación de manera separada para tener una mejor calidad de imagen.



Esquema BPMN 6: Actividades externas, cambio de magnitud pequeña.

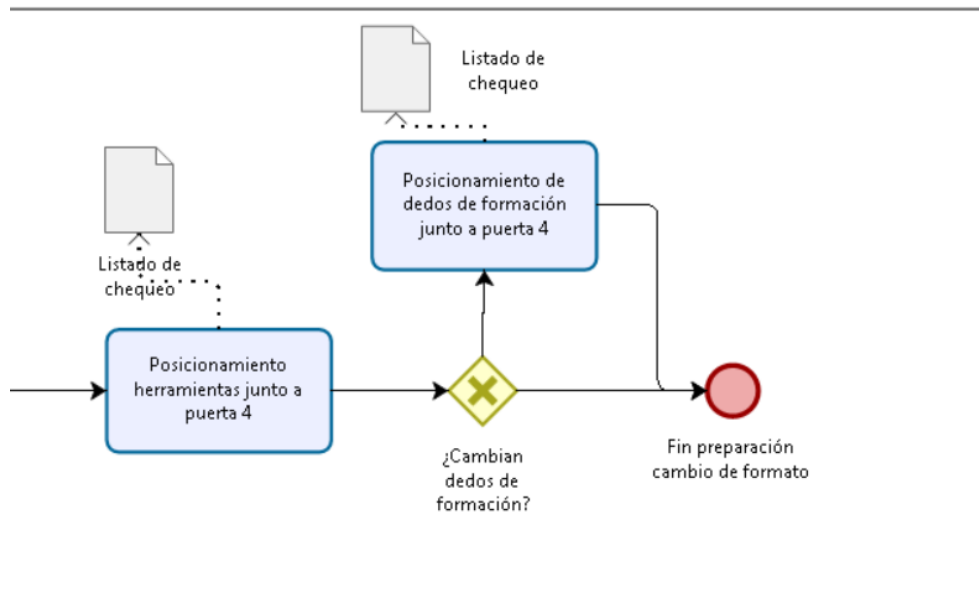
Las actividades externas del proceso de cambio de formato inician con la preparación del polietileno de cambio, lo cual consiste en retirar el empaque de este, además de bajarlo de su tarima y colocarlo junto a ciertas herramientas tales como corta cartón, llaves Allen y una maceta en pie de máquina frente a las puertas 2 y 3 de la empaquetadora, que corresponden a la zona del polietileno, posteriormente, en caso de necesitar una mayor cantidad de barras primarias y/o secundarias para el nuevo formato, es necesario llevar estas desde un estante de piezas de cambio hacia la puerta 12 de la empaquetadora, que corresponde a una de las puertas del conjunto de alimentación. Las tareas mencionadas anteriormente corresponden a las actividades externas necesarias en un cambio de magnitud pequeña en el cual solo se modifica el conjunto de alimentación y el polietileno.





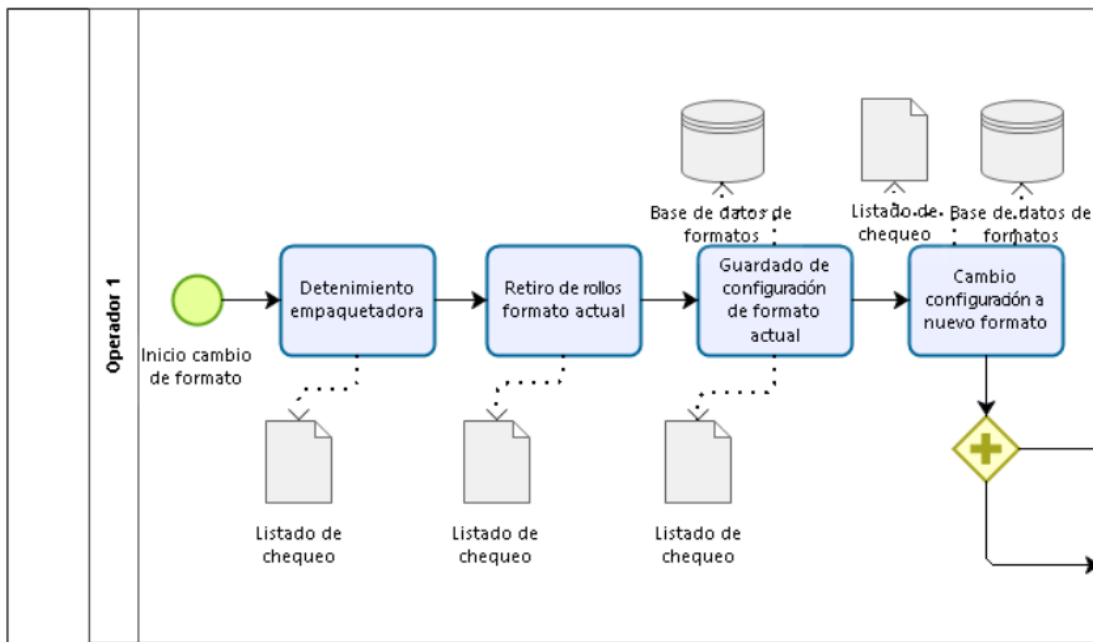
Esquema BPMN 7: Actividades externas, cambio de magnitud mediana.

En caso de que el cambio sea de magnitud mediana, adicional a lo mencionado anteriormente se deben transportar y poner en pie de máquina plegadores fijos, móviles y batería plegador en caso de requerir un cambio para el nuevo formato, colocando una de cada una en las puertas 1 y 12, que corresponden a las puertas que tienen acceso a estas piezas dentro de la empaquetadora, adicionalmente se deben transportar platos elevadores a la puerta 12 y paro fondo a la puerta 1 en caso de ser necesario un cambio de estos, finalmente para el correcto cambio de cada una de las piezas mencionadas anteriormente es necesarios colocar llaves Allen en las puertas 1 y 12.



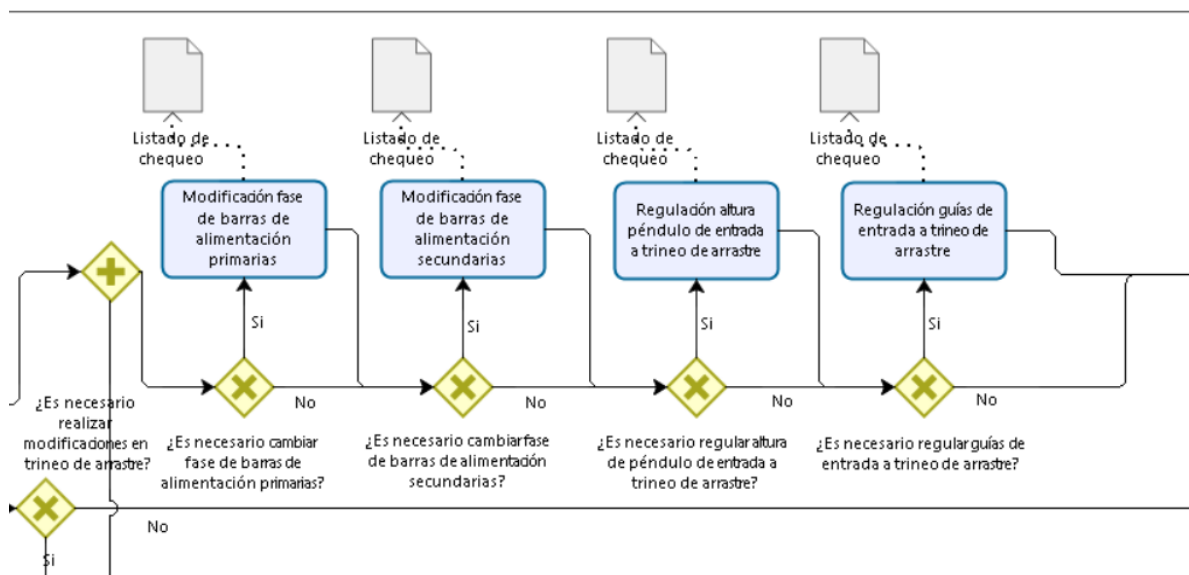
Esquema BPMN 8: Actividades externas, cambio de magnitud grande.

Finalmente, si el cambio es de magnitud grande, se requiere colocar una maceta para su uso en la modificación de las posiciones de los dedos de formación junto a la puerta 4, y en caso de tener que agregar formaciones, es necesario llevar estas a pie de máquina junto a la misma puerta. Cada una de las tareas mencionadas anteriormente debe ser registrada en el listado de chequeo de preparación del cambio de formato.



Esquema BPMN 9: Actividades internas, inicio de cambio de formato.

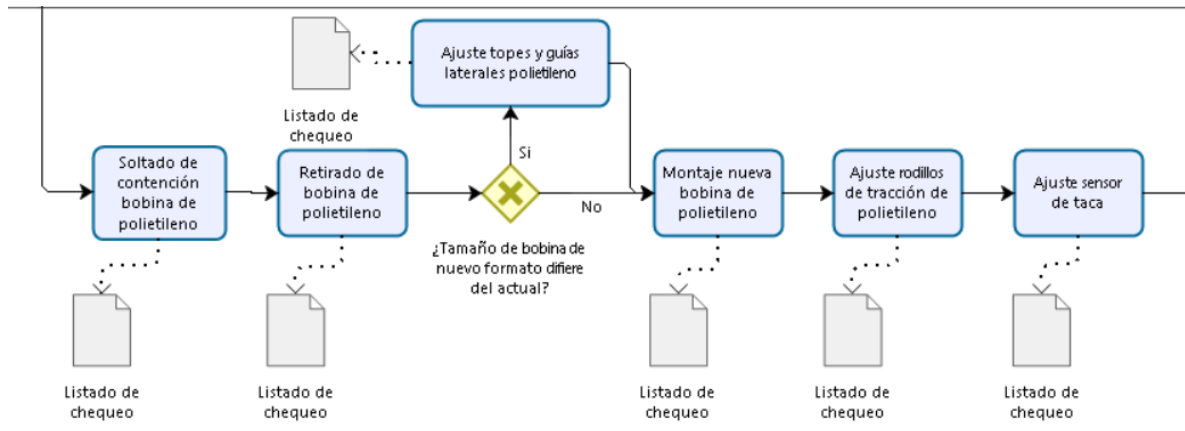
Las actividades internas del proceso inician con el detenimiento de la empaquetadora y el retiro de los rollos que se encuentran en el momento en esta, posteriormente, se deben guardar las configuraciones en el panel que contiene el computador que posee la empaquetadora con las que se estaba produciendo el formato actual y cambiar al nuevo, todas estas actividades deben ser realizadas por un solo operador, preferentemente el líder del proceso.



Esquema BPMN 10: Actividades internas, modificación de conjunto de alimentación.

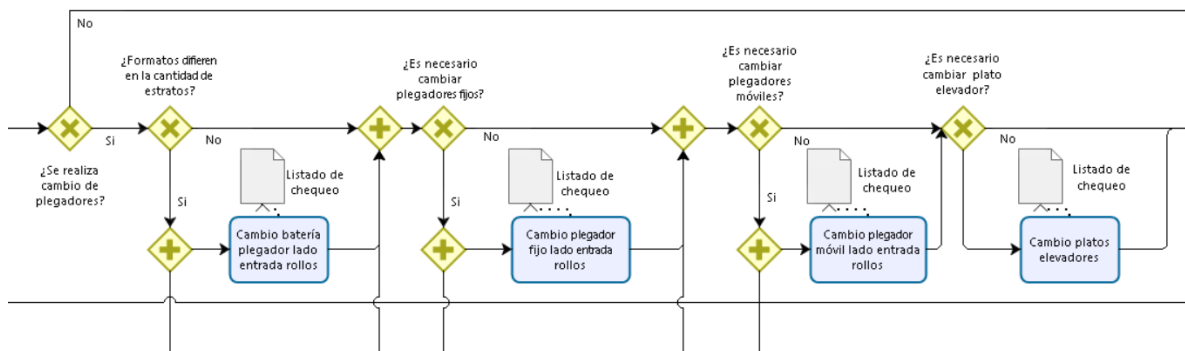
A continuación, independiente de la magnitud del cambio, el mismo operador que realiza las actividades anteriores debe modificar el conjunto de alimentación según se requiera, modificando las barras de alimentación primarias y secundarias, esto con el objetivo de modificar la distancia con la que ingresan los rollos al trineo de arrastre, adicionalmente, según se requiera deberá modificar la altura del péndulo y la posición de

las guías de entrada de los rollos, todo esto será requerido o no según las dimensiones que posean los rollos del nuevo formato.



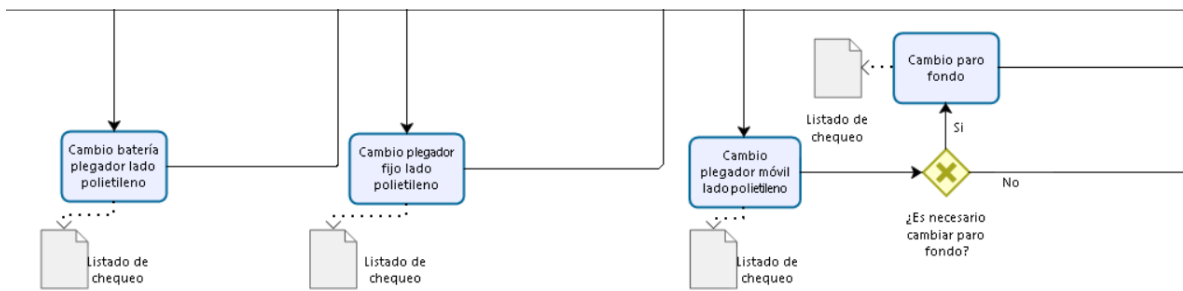
Esquema BPMN 11: Actividades internas, cambio de polietileno.

Paralelo a las modificaciones del conjunto de alimentación, independiente de la magnitud del cambio, debe haber otro operador trabajando en el cambio del polietileno, esto consiste en retirar la bobina de polietileno del formato actual, ajustar las dimensiones de los distintos soportes del polietileno según el tamaño de este, montar la bobina del nuevo formato y ajustar tanto los rodillos que permiten trasladar el polietileno al trineo de arrastre como un sensor que permite cortar este en el tamaño adecuado para la generación de un empaque.



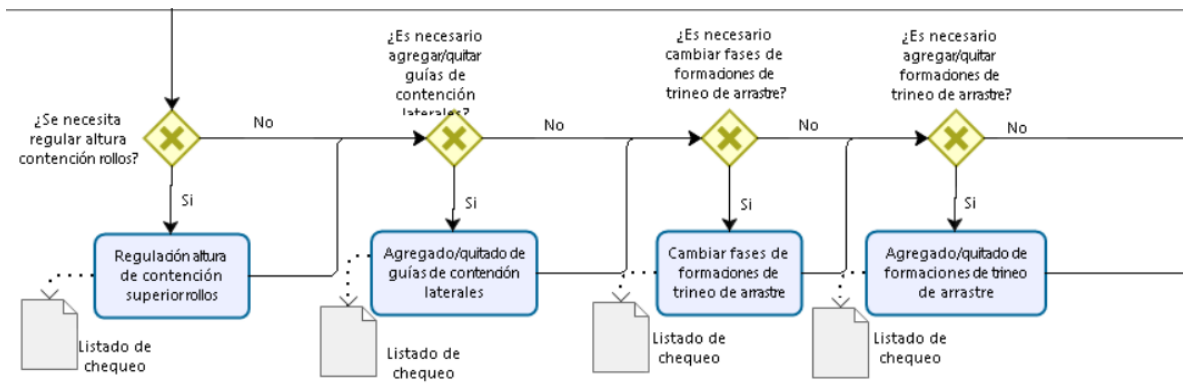
Esquema BPMN 12: Actividades internas, cambio de plegadores lado entrada rollos.

En caso de que el cambio sea de magnitud mediana y requiera cambio en los plegadores, el primer operador mencionado, una vez haya acabado con las actividades en el conjunto de alimentación debe cambiar las baterías plegadoras, plegadores fijo y móviles del lado de la entrada de los rollos al trineo de arrastre, y también los platos elevadores, todas estas piezas se encuentran prácticamente en el mismo lugar que el conjunto de alimentación, por lo cual el único movimiento requerido será para trasladar las piezas que fueron colocadas a pie de máquina anteriormente y retirar las que corresponden al formato actual.



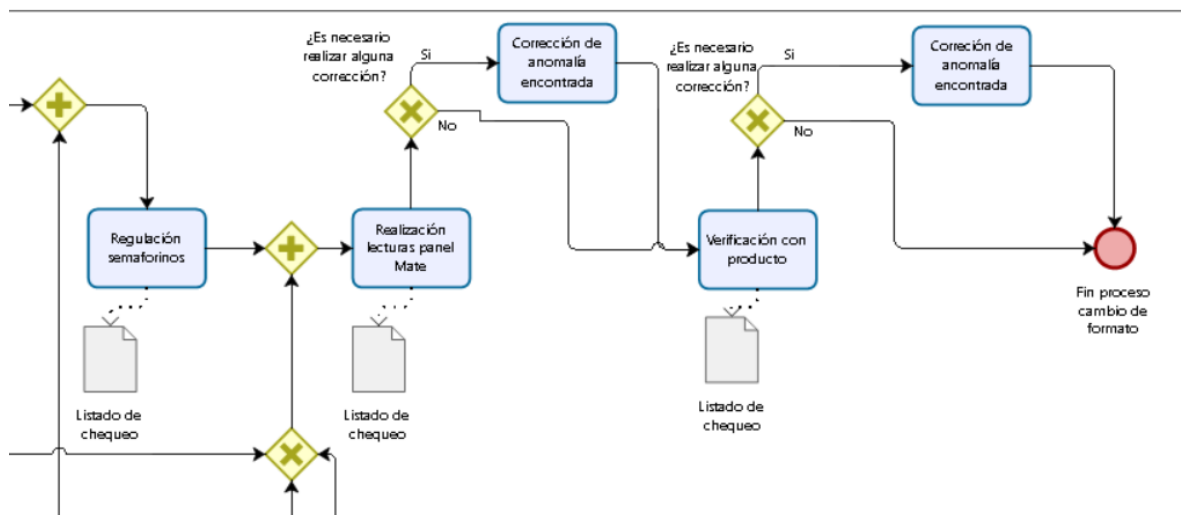
Esquema BPMN 13: Actividades internas, cambio de plegadores lado polietileno.

En paralelo a las actividades mencionadas anteriormente, debe ingresar un nuevo operador al proceso, el cual debe realizar los cambios de las mismas piezas plegadoras, pero del lado del polietileno, adicional a esto, debe realizar según se requiera el cambio de la pieza paro de fondo que se encuentra en el mismo lugar que las piezas que modificará.



Esquema BPMN 14: Actividades internas, modificaciones trineo de arrastre.

En caso de que el cambio sea de magnitud pequeña, luego del primer paso que corresponde a los cambios en las configuraciones, debe trabajar en paralelo un nuevo operador, el cual debe realizar todas las modificaciones requeridas por el trineo de arrastre, las cuales consisten en la regulación de la altura de las contenciones de los rollos, agregar o quitar guías de contención laterales, y modificaciones en los dedos de formación, todo lo mencionado anteriormente se requiere o no según las diferencia de tamaño que posean los formatos involucrados en el proceso. Tanto el cambio del polietileno como las modificaciones al trineo de arrastre corresponden a las actividades que demandan un mayor tiempo y pueden ser vistas como cuello de botella para el proceso, por esto, es necesario que un operador se encargue exclusivamente de esto desde que el proceso lo permita.



Esquema BPMN 15: Actividades internas, regulaciones finales.

Finalmente, una vez terminado las modificaciones al conjunto de arrastre, el cambio de polietileno y el cambio de plegadores es necesario que los operadores vinculados a estas actividades regulen los semáforos que no fueron intervenidos para los cambios, una vez ocurra esto y se terminen las modificaciones en el trineo de arrastre, se procede a cerrar todas las puertas de la empaquetadora y el operador líder del proceso debe realizar las lecturas del panel Mate para poder coordinar cada una de las funciones de la empaquetadora, en caso de encontrarse alguna anomalía, esta debe ser corregida, una vez realizado esto, se debe hacer una verificación con producto, nuevamente corregir cualquier anomalía encontrada y después de esto se da por finalizado el proceso de cambio de formato. Cada una de las actividades mencionadas anteriormente debe ser registrada en el listado de chequeo de arranque del cambio de formato.

## 11. Resultados

La propuesta de rediseño fue implementada parcialmente una vez, en esta se ocupó una mayor dotación de personal, llegando a 4 operarios, 2 pertenecientes a la línea L200 y 2 pertenecientes a la línea L140, adicionalmente se utilizaron las zonas estratégicas y también la estandarización del proceso, llevando a cabo tanto las actividades externas como internas en el orden correspondiente.

La implementación se llevó a cabo en un cambio de formato de 30 metros x4 rollos a 30 metros x16 rollos, este cambio corresponde a un cambio de magnitud grande, debido a que además de modificaciones en el conjunto de alimentación y cambio de polietileno, requiere cambio de plegadores y cambios mayores en el trineo de arrastre.

El cambio de formato demoró un tiempo total de 24 minutos, lo que significa una mejora considerable con respecto a la duración total de los cambios de formato registrados históricamente y también los cambios estudiados previamente, adicionalmente, el tiempo utilizado en traslados también vio una disminución considerable no superando los 3 minutos.

Si bien los resultados son positivos, el autor declara que una mayor cantidad de implementaciones en cada magnitud de cambio de formato habría significado una mayor

retroalimentación para la propuesta misma y también una mayor validez para esta, debido a que pueden encontrarse falencias en otros cambios de formato o poseer un menor impacto en cambios de formato menores.

**12. Evaluación económica**

Para determinar el impacto económico que puede poseer el rediseño del proceso de los cambios de formato se consideraron los siguientes factores:

- Tasa de descuento: El departamento TPM de Softys considera una tasa de descuento de 12% para los proyectos que lleva a cabo.
- Horizonte del proyecto: Se considera como tiempo prudente para la evaluación de la efectividad de un proyecto de rediseño de procesos 3 años.
- Ingresos: Se considera la equivalencia en toneladas de productos fabricados debido a la mejora obtenida con la implementación del rediseño con respecto a los registros históricos y también los cambios estudiados previamente.

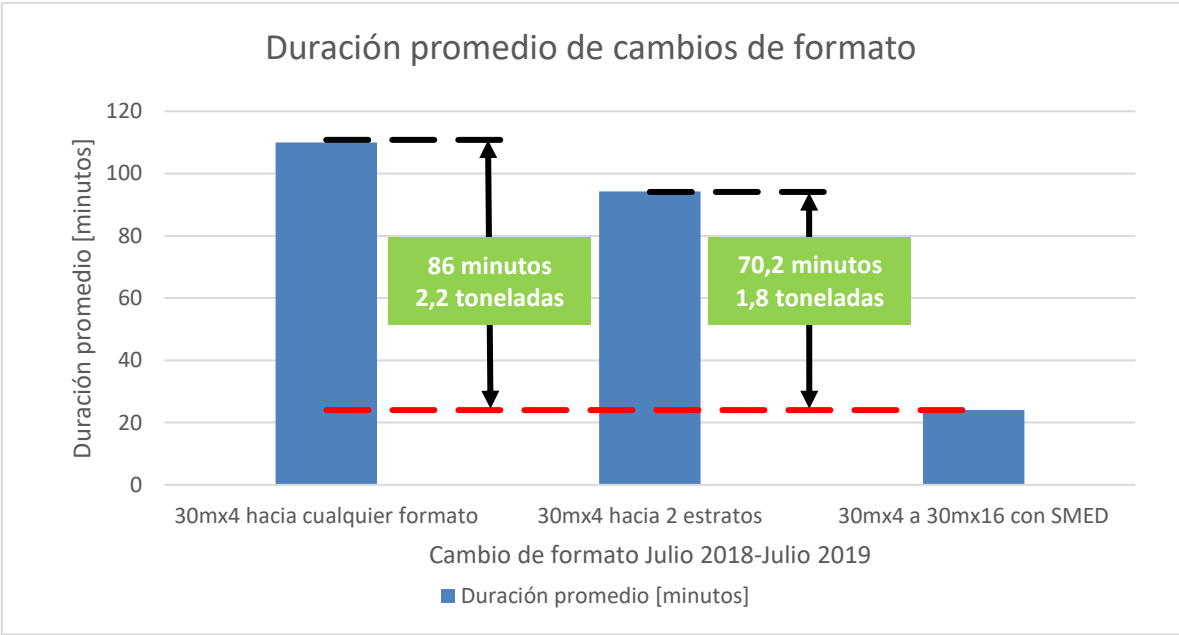


Figura 15: Duración promedio cambios de formato.

En la figura 15, se muestra la duración promedio de los cambios de formato registrados históricamente desde julio de 2018 a julio de 2019 y también la duración total del cambio de formato en el que se implementó la propuesta de rediseño, adicionalmente, la línea roja segmentada traza la duración del cambio de formato con la implementación de la propuesta, las líneas negras segmentadas trazan la duración promedio de los cambios de formato de 30 metros x 4 rollos hacia cualquier formato y 30 metros x 4 rollos hacia 2 estratos, mientras que en los rectángulos verdes se observa la ganancia en tiempo del proceso en el cual se implementó la propuesta y su respectiva equivalencia en toneladas con respecto a las duraciones promedio comparadas.

Para este, se consideraron solo aquellos cambios que poseían como formato inicial 30 metros x4 rollos llegando a cualquier otro formato, y también de manera diferenciada aquellos cambios que se realizaban desde el formato mencionado a cualquier otro formato que fuera de 2 estratos, de la misma manera que el cambio de formato en el que se realizó la implementación.

Para el cálculo de las toneladas se consideró tanto el tiempo total de producción y las toneladas totales producidas en el período estudiado, obteniendo un rendimiento histórico de alrededor de 1,5 toneladas producidas por hora, las cuales no diferencian entre formatos, esto debido a que los datos que se poseen no diferencian la cantidad de tiempo invertido en cada formato, sino que solo se tiene registrado el día en que se realizó el cambio de formato.

La disminución de tiempo resultante de la implementación de la propuesta de rediseño superó el 70% del tiempo total con respecto a ambos casos de los registros históricos mencionados anteriormente. Al compararlo con todos los cambios registrados en los que el cuello de botella de la línea corresponde a la empaquetadora, la diferencia es levemente mayor. Debido a que no se realizaron otras implementaciones, es pertinente considerar un escenario más pesimista en el que solo se llega a una disminución del 50% del tiempo total promedio.

El tiempo total promedio de los cambios de formato en los que la empaquetadora corresponde al cuello de botella de la línea es de 113,46 minutos, el 50% de este corresponde a 56,73 minutos y su equivalencia en toneladas tomando en cuenta el rendimiento mencionado anteriormente es de 1,45 toneladas, por lo tanto, se tienen 1,45 toneladas nuevas de producción disponible para la venta ganadas por cambio realizado y, teniendo como supuesto que esta cantidad es vendida en su totalidad con un margen de USD 400 por tonelada, se tiene un ingreso de USD 581.98 por cambio de formato realizado.

- Costos: El rediseño plantea costos menores, debido a que principalmente consiste en un control mayor y un reordenamiento de las actividades que se realiza en el proceso de cambio de formato, por lo tanto, se plantea como costo la remuneración mensual de un ingeniero civil industrial a cargo del proyecto y también la de los operarios involucrados en este.

Con respecto a la remuneración mensual del ingeniero, se tiene como supuesto que este trabaje 180 horas mensuales y tenga 1 año de experiencia, los cuales perciben en promedio un sueldo base de USD 1,855 [12], se consideran las horas asignadas del autor en la realización de la propuesta de rediseño, las cuales corresponden a 16 horas semanales, las cuales corresponden a USD 167.56.

Con respecto a los operadores, estos trabajan de lunes a sábado, 8 horas diarias, recibiendo USD 1,200 mensualmente como sueldo base, considerando 4,5 semanas trabajadas al mes, los operadores tienen 27 días laborales mensualmente, por cada uno de estos tienen una remuneración de USD 44.44 y por lo tanto, por hora poseen un sueldo base de USD 5.56.

Debido a que participar en el rediseño propuesto para el proceso de cambio de formato es una actividad laboral fuera de lo que realizan normalmente aquellos operadores que no trabajan habitualmente en la empaquetadora o pertenecen a otra línea, o puede significar incurrir en capacitaciones, es pertinente considerar el tiempo invertido como horas extras, por lo tanto la remuneración es a valor de 1,5 por hora trabajada, haciendo un valor de USD 8.34 por hora por cada operario involucrado, la cual será considerada para el máximo de operarios que pueden participar en un cambio de formato independiente de la magnitud de este.

Como se mencionó anteriormente, al implementar el rediseño, se espera una reducción de al menos un 50% de la duración de cada cambio de formato, la cual equivale a casi 1 hora al considerar la duración promedio de aquellos cambios en los que el cuello de botella corresponde a la empaquetadora, por lo tanto, considerando 4 operarios, se estima el costo de estos por cambio de formato en USD 33.36.

Finalmente, para el cálculo del VAN se considera como supuestos, primero, la realización de 10 cambios de formato mensualmente, con un aumento de un cambio de formato año a año y el aumento del sueldo del ingeniero en un 10% también año a año. El cálculo se presenta a continuación.

Tasa	12%			
	Año	2020	2021	2022
Ingresos	Productos tissue	USD 69,837.60	USD 76,821.36	USD 83,805.12
	Subtotal	USD 69,837.60	USD 76,821.36	USD 83,805.12
Costos	Ingeniero	-USD 2,010.72	-USD 2,211.79	-USD 2,432.97
	Operadores	-USD 4,003.20	-USD 4,403.52	-USD 4,803.84
	Subtotal	-USD 6,013.92	-USD 6,615.31	-USD 7,236.81
Resultado		USD 63,823.68	USD 70,206.05	USD 76,568.31
VAN		USD 167,453.07		

Tabla 5: Evaluación económica.

De lo mencionado anteriormente se obtiene un VAN de USD 167,453.07. Por lo tanto, la propuesta de rediseño es rentable.



### 13. Conclusiones

El desarrollo de la tesis se enmarcó en el rediseño de procesos, definiendo una situación y problema inicial que justificara la relevancia para la empresa en la cual fue desarrollada, junto a esto, fue necesario el levantamiento y análisis de hipótesis para saber desde qué punto abordar el problema identificado.

También es necesario mencionar la selección de una metodología de trabajo que permitiera sentar las bases y guiara el desarrollo del trabajo que se realizaría, para de esta manera tener un objetivo y no desviarse de este.

Por otra parte, es fundamental mencionar el aporte de los distintos actores que se vieron involucrados en el desarrollo del trabajo, ya sea ingenieros, jefes de línea u operarios, siendo de vital importancia encontrar motivaciones para hacerlos parte de este.

El levantamiento de información de la línea de producción L200 permitió no solo estudiar su proceso productivo sino también en detalle el proceso de cambio de formato con el objetivo de detectar falencias y oportunidades de mejora en este, para la realización de una propuesta de rediseño que implementara la metodología SMED.

Con respecto a la propuesta de rediseño, esta consistió en un mayor control del proceso de cambio de formato a través de listados de chequeo y reordenamiento de las tareas involucradas en este, además de la asignación de dotación de personal para el proceso según su magnitud, la propuesta fue implementada de manera parcial en un cambio de formato de gran tamaño, el cual fue realizado en 24 minutos, lo que en comparación a tiempos superiores a 90 minutos de cambios de formato anteriores significan una reducción de tiempo superior al 70%, pero como se mencionó anteriormente, al no lograr una mayor validación se considera pertinente que los tiempos de los cambios de formato se puedan ver reducidos en al menos un 50% de su duración total, lo que equivale a una ganancia de al menos 1,45 toneladas de producción disponible para la venta por cada cambio de formato, las que significan alrededor de un 0,8% de eficiencia de activo mensual y sobre 63 mil dólares anuales en términos monetarios, también se espera, una disminución en la cantidad de quiebres de stock, en consecuencia de una mayor disponibilidad para la producción y flexibilidad del cambio de formato.

Es necesario mencionar que si bien los resultados fueron exclusivamente para el proceso de cambio de formato realizado sobre la empaquetadora CMW-425 de la línea L200, introducir a las demás máquinas involucradas en este permitiría un resultado más productivo.

Finalmente, el proyecto estima un VAN de alrededor de 163 mil dólares, con lo que se concluye que la metodología SMED cumplió los objetivos para el rediseño de procesos realizado.

## **14.Recomendaciones finales**

A partir del trabajo realizado, el autor recomienda la revisión de aquellas herramientas propias de la empaquetadora que son útiles para las distintas actividades que deben realizar los operarios en torno a esta, tales como reglillas, semaforinos, entre otras, que, ante un estado defectuoso de estas, los operarios deben realizar una suerte de improvisación que les permita la realización de sus actividades.

También se propone el análisis de aquellas máquinas y procesos en los cuales se pueda implementar una propuesta similar a la realizada en la tesis, ya sea en la misma línea de producción o no, lo que podría llevar grandes ganancias para la empresa.

Finalmente, se recomienda que para la realización de proyectos que requieran la gestión y análisis de procesos, los horarios de estos sean programados para horarios administrativos, en los cuales todos los actores involucrados puedan estar presentes, permitiendo un mejor desarrollo de estos.

## 15. Bibliografía

- [1] Empresas CMPC. Reporte Integrado 2018. 2019.
- [2] Empresas CMPC. Análisis Razonado 4to trimestre 2018. 2019.
- [3] Empresas CMPC. Reporte Integrado 2017. 2018.
- [4] Softys. Softys. 2019. [En línea]  
<<https://www.softys.cl/>> [Última consulta: 18 Mayo 2019]
- [5] Margaret Rouse. What is Business Process Reengineering (BPR)?. 2018. [En línea]  
<<https://searchcio.techtarget.com/definition/business-process-reengineering>> [Última consulta: 26 Junio 2019]
- [6] Michael Hammer. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. 1990. [En línea]  
<<https://hbr.org/1990/07/reengineering-work-dont-automate-obliterate>> [Última consulta: 25 Junio 2019]
- [7] Diego Sánchez Schenone. Introducción a Business Process Management (BPM). 2011. [En línea]  
<<https://www.ibm.com/developerworks/ssa/local/websphere/introduccion-bpm/index.html>> [Última consulta: 26 Junio 2019]
- [8] APD. Metodología Lean: qué es y cómo puede impulsar tu modelo de negocio. 2018. [En línea]  
<<https://www.apd.es/metodologia-lean-que-es/>> [Última consulta: 26 Junio 2019]
- [9] PROGRESSA. ¿Qué es SMED?. 2019. [En línea]  
<<https://www.progressalean.com/que-es-smed/>> [Última consulta: 26 Junio 2019]
- [10] Vladimir Guerrero. ¿Qué es Six Sigma?. 2019. [En línea]  
<<http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>> [Última consulta: 26 Junio 2019]
- [11] KPL Packaging. Manual de instrucciones Empaquetadora CMW-425. 2010.
- [12] Mifuturo. Ingresos brutos mensuales Ingeniería Civil Industrial. 2019. [En línea]  
<<https://www.mifuturo.cl/buscador-de-estadisticas-por-carrera/>> [Última consulta: 03 Enero 2020]
- [13] Edgar Fernández Álvarez. Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. 2018. [En línea]  
<<http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gesti%C3%B3n%20de%20antenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf>>  
[Última consulta: 05 Mayo 2020]
- [14] Wikipedia. Shigeo Shingo. 2020. [En línea]  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Shigeo\\_Shingo](https://es.wikipedia.org/wiki/Shigeo_Shingo)> [Última consulta: 05 Mayo 2020]

## 16. Anexos

### Anexo A. Cambios de formato

**Tabla 1:** Actividades realizadas durante cambio de formato PH Confort Doble Hoja 50 Mts x4/40 - PH Confort Doble Hoja 50 Mts x8, Empaquetadora CMW-425.

N°	Actividad	Inicio	Término
1	Caminar a panel de configuraciones	00:00:00	00:00:17
2	Guardar posiciones mecánicas	00:00:18	00:00:56
3	Guardando programa	00:00:58	00:01:08
4	Cambiando programa	00:01:09	00:01:46
5	Caminar a puerta 12	00:01:47	00:01:48
6	Abrir puerta 12	00:01:49	00:01:50
7	Sacar batería plegador (lado entrada rollos)	00:01:51	00:01:55
8	Retirar batería plegador (lado entrada rollos)	00:01:56	00:02:00
9	Ingresar por puerta 12	00:02:01	00:02:03
10	Sacar plegador fijo (lado entrada rollos)	00:02:04	00:02:14
11	Sacar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:02:15	00:02:42
12	Retirar plegadores fijo y móvil (lado polietileno)	00:02:43	00:02:46
13	Ingresar por puerta 12	00:02:47	00:02:54
14	Levantar contención superior rollo péndulo	00:03:02	00:03:05
15	Cambiar configuración barras primarias	00:03:06	00:06:39
16	Sacar barras de alimentación secundarias	00:06:40	00:07:15
17	Guardar barras de alimentación	00:07:16	00:07:35
18	Caminar a puerta 12	00:07:36	00:07:39
19	Verificación entrada rollos	00:07:40	00:07:45
20	Cerrar puerta 12	00:07:46	00:07:47
21	Caminar a puerta 1	00:07:48	00:08:18
22	Retirar escalera	00:08:19	00:08:22
23	Ingresar a puerta 1	00:08:22	00:08:23
24	Sacar batería plegador (lado polietileno)	00:08:23	00:08:29
25	Retirar batería plegador (lado polietileno)	00:08:30	00:08:35
26	Caminar a puerta 1	00:08:36	00:08:40
27	Sacar plegador fijo (lado polietileno)	00:08:41	00:08:56
28	Soltar plegador móvil (lado polietileno)	00:08:57	00:09:25
29	Retirar plegadores fijo y móvil (lado polietileno)	00:09:26	00:09:43
30	Ingresar plegadores de cambio a puente por puerta 1	00:09:44	00:09:59
31	Caminar a puerta 4	00:10:00	00:10:07
32	Abrir puerta 4	00:10:07	00:10:08
33	Subir guía contención superior apoyo rollos	00:10:09	00:12:21
34	Caminar a puertas 8/9	00:12:22	00:12:30
35	Abrir puertas 8/9	00:12:31	00:12:33
36	Posicionamiento semaforinos entrada de rollos	00:12:53	00:12:56
37	Cerrar puertas 8/9	00:12:57	00:13:00
38	Caminar a puerta 7	00:13:01	00:13:02
39	Abrir puerta 7	00:13:03	00:13:04
40	Verificación visual conjunto lanzamiento	00:13:05	00:13:06
41	Cerrar puerta 7	00:13:06	00:13:07
42	Caminar a puerta 4	00:13:08	00:13:13
43	Subir a puente	00:13:14	00:13:31

N°	Actividad	Inicio	Término
44	Colocar plegador fijo (lado polietileno)	00:13:31	00:14:10
45	Colocar plegador móvil (lado polietileno)	00:14:11	00:16:07
46	Ingresar batería plegador por puerta 1 (lado polietileno)	00:16:08	00:16:29
47	Colocar batería plegador (lado polietileno)	00:16:30	00:17:58
48	Caminar a puerta 12	00:17:59	00:18:21
49	Abrir puerta 12	00:18:22	00:18:28
50	Colocar plegador fijo (lado entrada rollos)	00:18:29	00:18:45
51	Ingresar batería plegado por puerta 12 (lado entrada rollos)	00:18:46	00:18:53
52	Colocar batería plegador (lado entrada rollos)	00:18:54	00:19:09
53	Ingresar plegador móvil por puerta 12 (lado entrada rollos)	00:19:10	00:19:15
54	Colocar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:19:16	00:19:57
55	Ajustar altura plegador de cabeza móvil	00:19:58	00:20:51
56	Ajustar profundidad plegador de cabeza	00:20:52	00:20:57
57	Recolocar contención superior rollos péndulo en su lugar	00:20:57	00:20:59
58	Verificación visual	00:21:00	00:21:03
59	Cerrar puerta 12	00:21:03	00:21:09
60	Verificación visual	00:21:09	00:21:15
61	Caminar a puerta 1	00:21:16	00:21:37
62	Verificación visual	00:21:38	00:21:48
63	Cerrar puerta 1	00:21:48	00:21:50
64	Caminar a panel mate	00:21:51	00:22:05
65	Llevar panel mate a entrada rollos	00:22:06	00:22:08
66	Configurar posiciones máquina en panel mate	00:22:09	00:23:05
67	Caminar a puerta 4	00:23:05	00:23:07
68	Abrir puerta 4	00:23:08	00:23:09
69	Verificación visual	00:23:10	00:23:12
70	Cerrar puerta 4	00:23:12	00:23:15
71	Caminar a puerta 7	00:23:17	00:23:19
72	Abrir puerta 7	00:23:20	00:23:22
73	Verificación visual	00:23:23	00:23:28
74	Ajuste guía lateral mesa (lado puerta 7)	00:23:28	00:23:50
75	Cerrar puerta 7	00:23:51	00:23:52
76	Caminar a puerta 12	00:23:52	00:24:07
77	Abrir puerta 12	00:24:07	00:24:09
78	Ajuste guía lateral mesa (lado puerta 12)	00:24:09	00:24:29
79	Cerrar puerta 12	00:24:30	00:24:32
80	Inicio modalidad jog	00:24:33	00:24:59
81	Configurar velocidades máquina	00:25:00	00:25:16
82	Inicio modalidad jog	00:25:16	00:25:36
83	Abrir puerta 12	00:25:36	00:25:37
84	Ajuste altura mesa	00:25:37	00:26:02
85	Cerrar puerta 12	00:26:02	00:26:06
86	Inicio modalidad jog	00:26:06	00:26:24
87	Abrir puerta 12	00:26:24	00:26:25
88	Ajuste parte superior mesa entrada rollos	00:26:25	00:26:58
89	Cerrar puerta 12	00:26:59	00:27:02
90	Inicio modalidad jog	00:27:02	00:27:21
91	Abrir puerta 12	00:27:22	00:27:23
92	Ajuste mesa entrada rollos	00:27:23	00:27:39
93	Cerrar puerta 12	00:27:40	00:27:43
94	Inicio modalidad jog	00:27:44	00:28:07

N°	Actividad	Inicio	Término
95	Abrir puerta 12	00:28:07	00:28:08
96	Ajuste semaforino (lado puerta 12)	00:28:08	00:28:10
97	Verificación visual	00:28:10	00:28:13
98	Cerrar puerta 12	00:28:14	00:28:16
99	Caminar a puerta 7	00:28:17	00:28:39
100	Abrir puerta 7	00:28:39	00:28:40
101	Ajuste semaforino (lado puerta 7)	00:28:40	00:28:50
102	Cerrar puerta 7	00:28:51	00:28:54
103	Caminar a panel mate	00:28:55	00:28:56
104	Procedimiento lectura de polietileno panel mate (llevar a puerta 7)	00:28:57	00:29:40
105	Abrir puerta 7	00:29:40	00:29:41
106	Regulación guillotina de corte	00:29:42	00:30:41
107	Retiro desecho polietileno	00:30:42	00:30:36
108	Cerrar puerta 7	00:30:37	00:30:39
109	Procedimiento lectura de taca polietileno panel mate	00:30:39	00:31:11
110	Caminar a puertas 2/3	00:31:11	00:31:12
111	Abrir puertas 2/3	00:31:12	00:31:14
112	Posicionar sensor taca	00:31:15	00:31:23
113	Cerrar puertas 2/3	00:31:23	00:31:26
114	Caminar a panel mate	00:31:26	00:31:27
115	Procedimiento lectura de taca polietileno panel mate	00:31:27	00:31:07
116	Abrir puerta 4	00:31:07	00:31:08
117	Retiro desecho polietileno	00:31:08	00:31:45
118	Entrar conjunto correa lenta (lado puerta 4)	00:31:46	00:31:56
119	Caminar a puerta 1	00:31:56	00:32:08
120	Entrar conjunto correa lenta (lado puerta 1)	00:31:08	00:31:17
121	Cerrar puerta 1	00:31:17	00:31:18
122	Caminar a puerta 4	00:31:18	00:31:24
123	Verificación visual	00:31:24	00:31:28
124	Cerrar puerta 4	00:31:28	00:31:29
125	Procedimiento lectura de taca polietileno panel mate	00:31:29	00:32:02
126	Caminar a puertas 2/3	00:32:02	00:32:04
127	Abrir puertas 2/3	00:32:05	00:32:07
128	Verificación centraje polietileno	00:32:07	00:32:37
129	Cerrar puertas 2/3	00:32:37	00:32:38
130	Caminar a puerta 4	00:32:38	00:32:40
131	Abrir puerta 4	00:32:40	00:32:41
132	Ajuste guía lateral izquierda	00:32:41	00:32:49
133	Cerrar puerta 4	00:32:50	00:32:51
134	Procedimiento lectura de taca polietileno panel mate	00:32:51	00:33:33
135	Caminar a puertas 2/3	00:33:34	00:33:35
136	Abrir puertas 2/3	00:33:35	00:33:36
137	Ajuste sensor taca	00:33:36	00:33:42
138	Cerrar puertas 2/3	00:33:42	00:33:44
139	Caminar a puerta 4	00:33:44	00:33:45
140	Abrir puerta 4	00:33:45	00:33:46
141	Colocar polietileno en guía lateral izquierda	00:33:46	00:33:56
142	Retirar desecho polietileno	00:33:56	00:34:03
143	Desconectar desbobinador polietileno	00:34:03	00:34:11
144	Retirar desecho polietileno	00:34:11	00:34:17
145	Llevar panel mate a entrada rollos	00:34:17	00:34:27

N°	Actividad	Inicio	Término
146	Conectar lanzadores de rollos	00:34:27	00:34:53
147	Procedimiento lanzadores de rollos	00:34:53	00:35:53
148	Caminar a puerta 12	00:35:54	00:36:23
149	Inicio modalidad jog	00:36:23	00:36:53
150	Reset encode apertura de correas	00:36:53	00:37:06
151	Inicio modalidad jog	00:37:06	00:37:31
152	Abrir puerta 12	00:37:32	00:37:33
153	Corrección correa traslado de etiquetas (correa rápida)	00:37:33	00:37:52
154	Cerrar puerta 12	00:37:52	00:37:55
155	Inicio modalidad jog	00:37:55	00:38:51
156	Abrir puerta 12	00:38:51	00:38:52
157	Verificación paquete	00:38:52	00:39:26
158	Caminar a puerta 12	00:39:27	00:39:32
159	Corrección correa traslado de etiquetas (correa rápida)	00:39:32	00:44:21
160	Cerrar puerta 12	00:44:21	00:44:28
161	Inicio modalidad jog	00:44:28	00:44:48
162	Abrir puerta 12	00:44:48	00:44:49
163	Corrección correa traslado de etiquetas (correa rápida)	00:44:49	00:47:14
164	Retirar desecho polietileno	00:47:15	00:47:18
165	Cerrar puerta 12	00:47:18	00:47:20
166	Inicio modalidad jog	00:47:20	00:47:59
167	Reset encode apertura de correas	00:48:00	00:48:15
168	Inicio modalidad jog	00:48:16	00:48:20
169	Abrir puerta 12	00:48:21	00:48:22
170	Verificación correa traslado de etiquetas (correa rápida)	00:48:22	00:48:35
171	Cerrar puerta 12	00:48:35	00:48:40
172	Inicio modalidad jog	00:48:40	00:49:24
173	Verificación sellado fondo paquete	00:49:25	00:49:42
174	Caminar a panel de configuraciones	00:49:42	00:49:46
175	Verificación posicionamiento prepicado	00:49:46	00:49:12
176	Inicio modalidad jog	00:49:12	00:49:36
177	Posicionamiento centrado de impresión poli	00:49:37	00:49:47
178	Inicio modalidad jog	00:49:48	00:50:13
179	Verificación paquete	00:50:14	00:50:53
180	Caminar a panel de configuraciones	00:50:53	00:50:55
181	Corrección prepicado	00:50:56	00:51:14
182	Caminar a panel mate	00:51:14	00:51:31
183	Llevar panel mate a puerta 4	00:51:31	00:51:38
184	Verificar posicionamiento prepicado	00:51:38	00:51:45
185	Caminar a panel de configuraciones	00:51:45	00:51:56
186	Ajuste posicionamiento prepicado	00:52:04	00:52:12
187	Inicio modalidad jog	00:52:13	00:52:55
188	Verificación paquete	00:52:55	00:53:11
189	Elevar tensor de bobinado polietileno Pag 25 Panel Móvil (Previa)		
190	Caminar a puertas 2/3	00:00:00	00:00:03
191	Abrir puertas 2/3	00:00:04	00:00:08
192	Quitar presión polines de tracción	00:00:09	00:00:12
193	Extraer polietileno de zona de arrastre	00:00:13	00:00:22
194	Enrollar polietileno	00:00:23	00:00:34
195	Retirar polietileno SKU anterior	00:00:36	00:00:52
196	Apertura topes lateral polietileno	00:00:59	00:01:17

N°	Actividad	Inicio	Término
197	Caminar a puerta 1	00:02:14	00:02:20
198	Abrir puerta 1	00:02:21	00:02:23
199	Ajuste polietileno	00:02:24	00:02:30
200	Caminar a puertas 2/3	00:02:31	00:02:41
201	Desenrollando polietileno para ajuste	00:02:42	00:03:03
202	Buscar corta cartón	00:03:04	00:03:15
203	Caminar a puertas 2/3	00:03:16	00:03:20
204	Corte polietileno	00:03:21	00:03:39
205	Desechar corte polietileno	00:03:40	00:03:50
206	Caminar a puertas 2/3	00:03:51	00:03:56
207	Posicionando polietileno hacia correas lentas	00:03:57	00:05:04
208	Ajustar presión rodillos	00:05:05	00:05:09
209	Traccionar polietileno	00:05:10	00:06:23
210	Buscar llave y maceta	00:06:24	00:06:46
211	Caminar a puertas 2/3	00:06:47	00:06:50
212	Soltar prisioneros en rodillos tracción	00:07:07	08:35:00
213	Posicionamiento rodillo tracción	00:08:55	00:10:27
214	Buscar martillo	00:10:28	00:10:56
215	Caminar a puertas 2/3	00:10:57	00:11:02
216	Apretar prisioneros rodillo tracción	00:11:28	00:13:30
217	Guardar herramientas	00:13:31	00:13:50
218	Caminar a puerta 1	00:13:51	00:13:55
219	Abrir conjunto traslado etiquetas lado derecho	00:13:56	00:14:49
220	Abrir conjunto traslado etiquetas lado izquierdo	00:14:50	00:15:47
221	Caminar a puertas 2/3	00:15:48	00:15:58
222	Ajustar polietileno con respecto a guía	00:15:59	00:16:17
223	Ajuste sensor taca	00:16:18	00:16:49
224	Caminar a puerta 4	00:16:50	00:17:00
225	Posicionar poli sobre guías inferiores traslado de etiquetas	00:17:01	00:17:50
226	Girar eje accionamiento correas lentas	00:17:51	00:18:20
227	Retirar desechos polietileno	00:18:21	00:18:24
228	Caminar a puertas 2/3	00:18:21	00:18:27
229	Posicionar polietileno	00:18:28	00:18:56
230	Ajuste tope lateral polietileno	00:18:57	00:19:40

*Fuente: Elaboración propia.*



**Tabla 2:** Actividades realizadas durante cambio de formato PH Confort Doble Hoja 50 Mts x8 - PH Confort Doble Hoja 22Mts x6, Empaquetadora CMW-425.

N°	Actividad	Inicio	Término
1	Caminar a panel de configuraciones	00:00:00	00:00:05
2	Cambiar programa	00:00:06	00:01:25
3	Caminar a panel mate	00:01:26	00:01:45
4	Configurar en panel mate	00:01:46	00:02:34
5	Abrir puerta 7	00:02:35	00:02:37
6	Desmontar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:02:36	00:03:14
7	Retirar plegador móvil a puerta 4	00:03:15	00:03:20
8	Abrir puerta 4	00:03:21	00:03:23
9	Desmontar plegador móvil (lado poli)	00:03:24	00:04:00
10	Retirar ambos plegadores móviles y llevar cerca de pc	00:04:01	00:04:15
11	Caminar a puerta 1	00:04:15	00:04:16
12	Abrir puerta 1	00:04:16	00:04:18
13	Desmontar batería plegador (lado polietileno)	00:04:19	00:04:37
14	Retirar batería plegador junto a plegadores móviles	00:04:38	00:04:45
15	Ingresar por puerta 1	00:04:46	00:04:48
16	Desmontar plegador fijo (lado polietileno)	00:04:49	00:04:56
17	Retirar plegador fijo junto a plegadores móviles	00:04:57	00:05:01
18	Caminar a puerta 12	00:05:02	00:05:08
19	Abrir puerta 12	00:05:09	00:05:14
20	Desmontar batería plegador (lado entrada rollos)	00:05:15	00:05:58
21	Retirar batería plegador	00:05:59	00:06:04
22	Ingresar por puerta 12	00:06:05	00:06:06
23	Desmontar plegador fijo (lado entrada rollos)	00:06:07	00:06:12
24	Retirar plegador fijo	00:06:13	00:06:15
25	Ingresar por puerta 12	00:06:16	00:06:17
26	Verificación visual	00:06:18	00:06:30
27	Ajuste semaforinos (puerta 12)	00:06:31	00:06:56
28	Cambiar configuración barras de alimentación primarias	00:06:57	00:07:21
29	Abrir puertas 10/11	00:07:21	00:07:23
30	Cambiar configuración barras de alimentación primarias	00:07:23	00:07:38
31	Buscar barras de alimentación	00:07:39	00:07:59
32	Cambiar configuración barras de alimentación primarias	00:08:00	00:10:23
33	Cambiar configuración barras de alimentación secundarias	00:10:24	00:11:25
34	Buscar batería plegador	00:11:26	00:11:38
35	Montar batería plegador (lado entrada rollos)	00:11:39	00:11:52
36	Acercar plegadores fijos y móviles a puerta 12	00:11:53	00:12:09
37	Ingresar con plegador fijo por puerta 12	00:12:10	00:12:15
38	Montar plegador fijo (lado entrada rollos)	00:12:16	00:12:30
39	Mover correa de plegador móvil	00:12:30	00:12:38
40	Buscar plegador móvil	00:12:39	00:13:00
41	Montar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:13:01	00:13:31
42	Buscar y llevar plegadores fijo y móvil a puerta 1	00:13:32	00:13:43
43	Buscar e ingresar batería plegador por puerta 1	00:13:44	00:13:51
44	Montar batería plegador (lado polietileno)	00:13:51	00:14:03
45	Ingresar plegador fijo por puerta 1	00:14:04	00:14:09

N°	Actividad	Inicio	Término
46	Montar plegador fijo (lado polietileno)	00:14:10	00:14:33
47	Ingresar plegador móvil por puerta 1	00:14:34	00:14:45
48	Montar plegador móvil (lado polietileno)	00:14:46	00:15:33
49	Caminar a puertas 2/3	00:15:34	00:15:45
50	Abrir puertas 2/3	00:15:46	00:15:50
51	Quitar presión polines de tracción	00:15:51	00:15:55
52	Retirar polietileno SKU anterior	00:15:56	00:16:10
53	Mover tope lateral polietileno	00:16:11	00:16:22
54	Ingresar por puerta 4	00:16:23	00:16:30
55	Ajuste semaforino (puerta 4)	00:16:31	00:20:12
56	Ingresar por puerta 1	00:20:13	00:20:26
57	Ajuste semaforino (puerta 1)	00:20:27	00:20:42
58	Verificación visual	00:20:43	00:20:48
59	Caminar a puertas 8/9	00:20:49	00:21:04
60	Abrir puertas 8/9	00:21:05	00:21:10
61	Ajuste semaforinos (puertas 8/9)	00:21:11	00:21:56
62	Cerrar puertas 8/9	00:21:57	00:22:03
63	Ingresar por puerta 7	00:22:04	00:22:09
64	Ajuste semaforinos (puerta 7)	00:22:10	00:22:59
65	Ajuste contención superior rollo péndulo	00:23:00	00:23:18
66	Ajuste conjunto de arrastre	00:23:19	00:23:41
67	Verificación visual	00:23:42	00:23:52
68	Desmontar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:23:52	00:24:48
69	Ingresar por puerta 4	00:24:49	00:24:59
70	Verificación visual	00:25:00	00:25:55
71	Ingresar por puerta 7	00:25:56	00:26:04
72	Buscar llave allen	00:26:05	00:26:08
73	Llevar plegador móvil a zona de piezas de cambio	00:26:09	00:26:28
74	Buscar pieza de plegador móvil	00:26:29	00:27:40
75	Ingresar por puerta 12	00:27:41	00:27:46
76	Verificación visual	00:27:47	00:28:06
77	Buscar plegador móvil a zona de piezas de cambio	00:28:07	00:28:10
78	Verificación visual de plegador móvil	00:28:11	00:28:38
79	Ingresar plegador móvil por puerta 12	00:28:39	00:28:45
80	Verificación visual de plegador móvil	00:28:46	00:30:00
81	Ingresar por puerta 4	00:30:01	00:30:20
82	Desmontar plegador móvil (lado polietileno)	00:30:21	00:30:58
83	Verificación visual y separación de piezas de plegador móvil	00:30:59	00:31:39
84	Ingresar plegador móvil por puerta 12	00:31:40	00:31:54
85	Verificación visual de plegadores móviles	00:31:55	00:33:00
86	Trasladar un plegador móvil a puerta 4	00:33:01	00:33:16
87	Montar plegador móvil (lado polietileno)	00:33:17	00:35:24
88	Ingresar por puerta 7	00:35:25	00:35:34
89	Montar plegador móvil (lado entrada rollos)	00:35:35	00:37:43
90	Buscar llave allen a lockers	00:37:44	00:38:10
91	Ingresar por puerta 12	00:38:11	00:38:20
92	Desmontar elevador	00:38:21	00:39:10
93	Verificación visual	00:39:11	00:39:43
94	Llevar pieza a zona de piezas de cambio	00:39:44	00:39:54
95	Llevar tope de fondo de cambio a puerta 1	00:39:55	00:40:03
96	Desmontar tope de fondo formato anterior	00:40:04	00:41:36

N°	Actividad	Inicio	Término
97	Montar tope de fondo formato nuevo	00:41:37	00:43:30
98	Retirar pieza y herramientas a mesa ubicada al lado de cinta	00:43:31	00:43:56
99	Caminar hacia polietileno de cambio	00:43:57	00:44:07
100	Posicionar polietileno de cambio	00:44:08	00:44:17
101	Ingresar por puertas 2/3	00:44:18	00:44:23
102	Verificación visual	00:44:24	00:44:50
103	Cortar punta polietileno de cambio	00:44:51	00:45:00
104	Posicionar polietileno en rodillos	00:45:01	00:45:29
105	Ajuste topes laterales polietileno	00:45:30	00:46:05
106	Ajuste cilindro de topes laterales polietileno	00:46:06	00:47:10
107	Buscar llave allen	00:47:11	00:47:50
108	Ingresar por puertas 2/3	00:47:51	00:47:54
109	Ajuste cilindro de topes laterales polietileno	00:47:55	00:51:28
110	Posicionar polietileno	00:51:29	00:51:36
111	Ajuste topes laterales polietileno	00:51:37	00:53:08
112	Pasar polietileno por rodillos	00:53:09	00:53:37
113	Cortar punta de polietileno	00:53:38	00:53:50
114	Posicionar polietileno hacia correas lentas	00:53:51	00:55:00
115	Ajuste cilindro de topes laterales polietileno	00:55:01	00:55:45
116	Ajuste sensor de taca	00:55:46	00:56:00
117	Posicionar rodillo de tracción	00:56:01	00:57:00
118	Posicionar polietileno hacia correas lentas	00:57:01	00:57:45
119	Cerrar puertas 2/3	00:57:46	00:57:56
120	Dejar herramientas en mesa al lado de pc	00:57:56	00:58:03
121	Ingresar por puerta 4	00:58:04	00:58:19
122	Ajuste traslado de etiquetas	00:58:20	00:58:59
123	Ingresar por puerta 1	00:59:00	00:59:11
124	Verificación visual	00:59:12	00:59:15
125	Caminar hacia panel de configuraciones	00:59:16	00:59:24
126	Tomar herramienta sobre panel de configuraciones	00:59:25	00:59:26
127	Ingresar por puertas 10/11	00:59:26	00:59:27
128	Ajuste grupo lanzadores	00:59:28	00:59:49
129	Dejar herramienta sobre panel de configuraciones	00:59:50	00:59:51
130	Cerrar puertas 10/11	00:59:52	00:59:56
131	Ingresar por puerta 12	00:59:56	00:59:58
132	Sacar manivela	00:59:59	01:00:00
133	Caminar hacia puertas 2/3	01:00:01	01:00:09
134	Ajuste conjunto traslado de etiquetas lado derecho	01:00:10	01:00:46
135	Ingresar por puerta 1	01:00:47	01:00:52
136	Ajuste conjunto traslado de etiquetas lado izquierdo	01:00:53	01:01:13
137	Ingresar por puerta 4	01:01:14	01:01:24
138	Ajuste traslado de etiquetas	01:01:25	01:04:24
139	Caminar hacia puertas 2/3	01:04:25	01:04:27
140	Abrir puertas 2/3	01:04:28	01:04:30
141	Traccionar polietileno	01:04:31	01:05:07
142	Ajustar sensor de taca	01:05:08	01:05:13
143	Ajustar largo polietileno	01:05:14	01:05:22
144	Cerrar puertas 2/3	01:05:23	01:05:27
145	Cerrar puerta 4	01:05:28	01:05:35
146	Cerrar puerta 1	01:05:36	01:05:40
147	Caminar hacia panel mate	01:05:41	01:06:05

N°	Actividad	Inicio	Término
148	Realizar lecturas en panel mate	01:06:06	01:08:03
149	Abrir puerta 7	01:08:04	01:08:06
150	Ajuste conjunto dosificación	01:08:07	01:08:16
151	Cerrar puerta 7	01:08:17	01:08:19
152	Realizar lecturas en panel mate	01:08:20	01:08:58
153	Abrir puerta 7	01:08:59	01:09:00
154	Ajuste conjunto de arrastre (placa barras secundarias)	01:09:01	01:10:20
155	Cerrar puerta 7	01:10:21	01:10:25
156	Realizar lecturas en panel mate	01:10:26	01:11:09
157	Abrir puerta 7	01:11:10	01:11:13
158	Ajustar semaforinos	01:11:14	01:12:49
159	Ajustar elevadores	01:12:50	01:20:04
160	Cerrar puerta 7	01:20:05	01:20:08
161	Realizar lecturas en panel mate	01:20:09	01:20:18
162	Caminar hacia panel de configuraciones	01:20:19	01:20:41
163	Revisar configuraciones en panel	01:20:42	01:21:53
164	Caminar hacia puerta 12	01:21:54	01:21:55
165	Iniciar modalidad jog	01:21:55	01:22:55
166	Abrir puerta 12	01:22:55	01:22:57
167	Ajustar elevadores	01:22:58	01:23:30
168	Cerrar puerta 12	01:23:31	01:23:35

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 3:** Actividades realizadas durante cambio de formato PH Confort Almacenero Doble Hoja 27 Mts x6 - PH Confort Doble Hoja 22Mts x24, Empaquetadora CMW-425.

N°	Actividad	Inicio	Término
1	Abrir puerta 1	00:00:00	00:00:01
2	Desmontar batería plegador	00:00:01	00:00:03
3	Retirar batería plegador	00:00:04	00:00:07
4	Desmontar plegador fijo	00:00:08	00:00:25
5	Desmontar plegador móvil	00:00:26	00:01:14
6	Retirar plegador móvil y fijo	00:01:15	00:01:29
7	Verificación visual	00:01:30	00:01:39
8	Buscar manivela	00:01:40	00:01:50
9	Ajustar semaforino	00:01:51	00:02:43
10	Ingresar por puerta 4	00:02:44	00:02:55
11	Ajustar semaforino	00:02:56	00:04:32
12	Retirar desechos de polietileno	00:04:33	00:04:45
13	Caminar a puertas 2/3	00:04:46	00:04:54
14	Abrir puertas 2/3	00:04:55	00:05:02
15	Retirar polietileno	00:05:03	00:05:29
16	Ingresar por puerta 1	00:05:30	00:05:46
17	Retirar tope de fondo	00:05:47	00:06:57
18	Buscar batería plegador	00:06:58	00:08:00
19	Ingresar batería plegador por puerta 1	00:08:01	00:08:20
20	Montar batería plegador	00:08:21	00:09:32
21	Buscar plegador fijo	00:09:33	00:09:50
22	Montar plegador fijo	00:09:51	00:10:50
23	Buscar plegador móvil	00:10:51	00:11:00
24	Ingresar con plegador móvil por puerta 4	00:11:01	00:11:45
25	Montar plegador móvil	00:11:46	00:13:00
26	Caminar a zona polietileno	00:17:00	00:17:30
27	Retirar envoltura polietileno	00:17:43	00:17:54
28	Posicionar polietileno fuera de puertas 2/3	00:17:55	00:18:11
29	Ajustar topes laterales polietileno	00:18:12	00:18:59
30	Buscar llave allen	00:19:00	00:19:20
31	Ingresar por puertas 2/3	00:19:21	00:19:29
32	Ajustar topes laterales polietileno	00:19:30	00:20:54
33	Posicionar polietileno fuera de puertas 2/3	00:20:55	00:23:49
34	Ajustar topes laterales polietileno	00:23:50	00:25:24
35	Verificación visual	00:25:25	00:26:33
36	Caminar a puerta 12	00:26:34	00:26:51
37	Abrir puerta 12	00:26:52	00:26:54
38	Verificación visual	00:26:55	00:27:14
39	Caminar a puerta 4	00:27:15	00:27:39
40	Abrir puerta 4	00:27:40	00:27:42
41	Ajustar guías laterales polietileno	00:27:43	00:31:56
42	Caminar a puertas 2/3	00:31:57	00:32:00
43	Ajustar guías laterales polietileno	00:32:01	00:33:10
44	Cerrar puertas 2/3	00:33:28	00:33:30
45	Cerrar puerta 4	00:33:31	00:33:33

N°	Actividad	Inicio	Término
46	Realizar lecturas en panel mate	00:35:01	00:35:10
47	Cortar punta polietileno	00:35:11	00:35:00
48	Ingresar por puerta 4	00:35:01	00:35:05
49	Colocar polietileno en rodillos de tracción	00:35:06	00:38:08
50	Ajustar sensor de taca	00:38:09	00:38:19
51	Colocar polietileno sobre correas lentas	00:38:20	00:40:44
52	Retirar tope de fondo	00:40:45	00:40:51
53	Cerrar puerta 4	00:40:52	00:40:53
54	Desmontar plegador fijo	00:43:55	00:44:08
55	Retirar plegador fijo	00:44:09	00:44:15
56	Ingresar con nuevo plegador fijo por puerta 12	00:44:16	00:44:20
57	Montar plegador fijo	00:44:21	00:44:44
58	Desmontar plegador móvil	00:44:45	00:45:09
59	Buscar nuevo plegador móvil	00:45:10	00:45:14
60	Ingresar por puerta 12 con plegador móvil	00:45:15	00:45:18
61	Montar plegador móvil	00:45:19	00:46:10
62	Retirar plegador móvil anterior	00:48:54	00:48:57
63	Cerrar puerta 12	00:48:58	00:49:00
64	Colocar piezas de cambio en carro de piezas	00:00:00	00:01:00
65	Caminar a panel de configuraciones	00:01:01	00:01:24
66	Guardar programa	00:01:25	00:01:50
67	Cambiar formato	00:01:51	00:03:35
68	Caminar a puerta 12	00:03:36	00:03:40
69	Abrir puerta 12	00:03:41	00:03:44
70	Desmontar batería plegador	00:03:45	00:03:48
71	Retirar batería plegador	00:03:49	00:03:54
72	Ingresar por puerta 12	00:03:55	00:03:56
73	Desmontar plegador fijo	00:03:57	00:03:59
74	Retirar plegador fijo	00:04:00	00:04:02
75	Buscar llave allen	00:04:03	00:04:07
76	Ingresar por puerta 12	00:04:08	00:04:11
77	Desmontar plegador móvil	00:04:12	00:04:32
78	Retirar plegador móvil	00:04:33	00:04:36
79	Ingresar por puerta 12	00:04:37	00:04:39
80	Sacar manivela	00:04:40	00:04:43
81	Caminar a puerta 13	00:04:44	00:04:46
82	Abrir puerta 13	00:04:47	00:04:48
83	Ajustar semaforino	00:04:49	00:05:05
84	Ingresar por puerta 12	00:05:06	00:05:09
85	Ajustar semaforino	00:05:10	00:06:10
86	Cambiar configuración barras primarias	00:06:11	00:06:33
87	Revisar configuracion en panel	00:06:34	00:06:48
88	Cambiar configuración barras primarias	00:06:49	00:07:43
89	Retirar barras primarias	00:07:44	00:07:48
90	Ingresar por puerta 12	00:07:49	00:07:52
91	Cambiar configuración barras secundarias	00:07:53	00:08:19
92	Retirar barras secundarias	00:08:20	00:08:32
93	Ingresar por puerta 12	00:08:33	00:08:40
94	Verificación visual	00:08:41	00:08:42
95	Buscar carro de piezas	00:08:43	00:08:56
96	Desmontar elevadores	00:08:57	00:10:29

N°	Actividad	Inicio	Término
97	Retirar elevadores	00:10:30	00:10:32
98	Ingresar por puerta 12 con plegador móvil	00:10:33	00:10:46
99	Montar plegador móvil	00:10:47	00:11:46
100	Buscar plegador fijo	00:11:47	00:11:50
101	Ingresar por puerta 12 con plegador fijo	00:11:51	00:11:54
102	Montar plegador fijo	00:11:55	00:12:00
103	Buscar batería plegador	00:12:01	00:12:06
104	Ingresar por puerta 12 con batería plegador	00:12:07	00:12:09
105	Montar batería plegador	00:12:10	00:12:24
106	Ajustar plegador móvil	00:12:25	00:13:29
107	Verificación visual	00:13:30	00:13:44
108	Cerrar puerta 12	00:13:45	00:13:51
109	Cerrar puerta 13	00:13:52	00:13:55
110	Dejar herramientas en carro de piezas	00:13:56	00:14:04
111	Ingresar por puerta 4 con mazeta	00:14:05	00:14:19
112	Ajustar dedos de trineo	00:14:20	00:29:37
113	Cerrar puerta 4	00:29:38	00:29:45
114	Caminar a puertas 8/9	00:29:46	00:30:11
115	Abrir puertas 8/9	00:30:12	00:30:15
116	Ajustar semaforinos	00:30:16	00:31:57
117	Cerrar puertas 8/9	00:31:58	00:32:04
118	Caminar a puerta 7	00:32:05	00:32:07
119	Abrir puerta 7	00:32:08	00:32:09
120	Ajustar semaforinos	00:32:10	00:33:28
121	Cerrar puerta 7	00:33:29	00:33:32
122	Caminar a puertas 2/3	00:33:33	00:35:10
123	Ajustar guías laterales polietileno	00:35:11	00:35:22
124	Cerrar puertas 2/3	00:37:17	00:37:19
125	Cerrar puerta 1	00:37:20	00:37:23
126	Cortar punta polietileno	00:39:00	00:40:00
127	Colocar polietileno en rodillo tracción	00:40:01	00:43:27
128	Ingresar por puerta 1	00:43:40	00:43:46
129	Colocar polietileno sobre correas lentas	00:43:47	00:44:35
130	Cerrar puerta 1	00:44:36	00:44:38
131	Llevar panel mate a puerta 7	00:44:39	00:44:58
132	Realizar lecturas en panel mate	00:44:59	00:47:21
133	Buscar nuevos plegadores de cambio	00:47:22	00:47:47
134	Ingresar plegadores por puerta 1	00:47:48	00:47:57
135	Desmontar plegador móvil	00:47:58	00:48:20
136	Desmontar plegador fijo	00:48:21	00:48:30
137	Montar plegador fijo	00:48:31	00:49:27
138	Montar plegador móvil	00:49:28	00:53:06
139	Retirar plegadores	00:53:07	00:53:28
140	Buscar llave allen	00:53:29	00:54:00
141	Caminar a puerta 4	00:54:01	00:54:41
142	Abrir puerta 4	00:54:41	00:54:44
143	Montar tope de fondo	00:54:45	00:57:13
144	Caminar a puerta 12	00:57:14	00:57:40
145	Abrir puerta 12	00:57:41	00:57:42
146	Ajustar elevadores	00:57:43	01:00:00
147	Cerrar puerta 12	01:00:01	01:00:03

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
148	Caminar a panel de configuraciones	01:00:03	01:00:04
149	Regular configuración	01:00:05	01:00:27
150	Caminar a panel mate	01:00:28	01:01:00
151	Realizar lecturas en panel mate	01:01:01	01:03:30
152	Abrir puerta 7	01:03:31	01:03:31
153	Ajustar elevadores	01:03:32	01:04:01
154	Cerrar puerta 7	01:04:01	01:04:03
155	Realizar lecturas en panel mate	01:04:04	01:08:19
156	Abrir puerta 4	01:08:20	01:08:21
157	Ajuste polietileno	01:08:22	01:08:39
158	Cerrar puerta 4	01:08:40	01:08:44

*Fuente: Elaboración propia.*



**Tabla 4:** Actividades realizadas durante cambio de formato PH Elite Ultra Doble Hoja 50 Mts x18 - PH Elite Doble Hoja 30Mts x18, Empaquetadora CMW-425.

N°	Actividad	Inicio	Término
1	Abrir puertas 2/3	00:00:00	00:00:01
2	Retirar polietileno producto anterior	00:00:01	00:00:28
3	Cerrar puertas 2/3	00:00:29	00:00:30
4	Caminar a puertas 10/11	00:00:30	00:00:44
5	Abrir puertas 10/11	00:00:44	00:00:45
6	Retirar rollo producto anterior	00:00:45	00:01:01
7	Caminar a panel de configuraciones	00:01:01	00:01:06
8	Guardar programa anterior	00:01:07	00:03:30
9	Cambiar programa	00:03:31	00:05:40
10	Caminar a mesa/lockers	00:05:40	00:06:14
11	Buscar llaves Allen	00:06:14	00:06:17
12	Caminar a puerta 12	00:06:17	00:06:25
13	Abrir puerta 12	00:06:25	00:06:26
14	Desmontar elevadores	00:06:26	00:07:35
15	Caminar a puerta 1	00:07:36	00:07:43
16	Abrir puerta 1	00:07:43	00:07:44
17	Subir a puente	00:07:45	00:07:51
18	Retirar desecho polietileno	00:07:51	00:08:19
19	Desmontar paro fondo	00:08:20	00:09:37
20	Caminar a panel de configuraciones	00:09:38	00:09:52
21	Revisar configuración sistema de alimentación	00:09:52	00:10:20
22	Ingresar por puerta 12	00:10:20	00:10:23
23	Verificación visual barras primarias	00:10:24	00:10:54
24	Caminar a panel de configuraciones	00:10:54	00:10:55
25	Revisar configuración sistema de alimentación	00:10:55	00:11:04
26	Ingresar por puerta 12	00:11:04	00:11:06
27	Verificación visual barras primarias	00:11:06	00:11:20
28	Caminar a mesa/lockers	00:11:21	00:11:30
29	Buscar huincha de medir	00:11:30	00:11:32
30	Ingresar por puerta 12	00:11:32	00:11:39
31	Medir distancia barras primarias	00:11:40	00:12:32
32	Buscar manivela	00:12:32	00:12:44
33	Ajustar semaforinos (puerta 12)	00:12:44	00:13:15
34	Caminar a puerta 13	00:13:15	0:13:18
35	Ajustar semaforino bandas de sellado	00:13:19	00:13:25
36	Ingresar por puerta 1	00:13:26	00:13:34
37	Ajustar semaforino (puerta 1)	00:13:34	00:14:04
38	Verificación visual	00:14:05	00:14:13
39	Retirar escalera	00:14:14	00:14:18
40	Ajustar semaforinos (poli-puerta 1)	00:14:19	00:15:50
41	Caminar a puerta 4	00:15:50	00:16:04
42	Abrir puerta 4	00:16:04	00:16:06
43	Ajustar semaforino (trineo-puerta 4)	00:16:05	00:16:59
44	Ajustar semaforino (poli-puerta 4)	00:16:59	00:17:52
45	Caminar a puertas 8/9	00:17:53	00:18:02

N°	Actividad	Inicio	Término
46	Abrir puertas 8/9	00:18:02	00:18:04
47	Ajustar semaforinos grupo abastecedor (puertas 8/9)	00:18:05	00:18:49
48	Ajustar semaforinos grupo de arrastre (puertas 8/9)	00:18:50	00:20:05
49	Caminar a puerta 7	00:20:06	00:20:11
50	Abrir puerta 7	00:20:11	00:20:14
51	Ajustar semaforinos grupo de arrastre (puerta 7)	00:20:15	00:21:31
52	Caminar a puertas 8/9	00:21:32	00:21:36
53	Cerrar puertas 8/9	00:21:36	00:21:37
54	Caminar a puerta 7	00:21:38	00:21:39
55	Cerrar puerta 7	00:21:40	00:21:40
56	Caminar a puerta 4	00:21:41	00:21:48
57	Cerrar puerta 4	00:21:49	00:21:49
58	Caminar a mesa/lockers	00:21:50	00:21:56
59	Dejar huincha y manivela	00:21:56	00:21:57
60	Caminar a puerta 12	00:21:58	00:22:11
61	Cerrar puerta 12	00:22:12	00:22:12
62	Cerrar puertas 10/11	00:22:13	00:22:15
63	Caminar a panel mate	00:22:15	00:22:27
64	Llevar panel mate a puerta 7	00:22:28	00:22:34
65	Realizar lecturas conjunto de arrastre	00:22:35	00:25:57
66	Realizar lecturas conjunto de arrastre, plegadores y trineo	00:25:58	00:26:29
67	Caminar a mesa/lockers	00:26:29	00:26:38
68	Buscar llaves Allen	00:26:38	00:26:42
69	Caminar a puerta 12	00:26:43	00:26:50
70	Abrir puerta 12	00:26:50	00:26:54
71	Modificar posición plegador móvil (lado entrada rollos)	00:26:54	00:28:20
72	Caminar a puerta 1	00:28:20	00:28:30
73	Abrir puerta 1	00:28:30	00:28:33
74	Colocar escalera y subir a puente	00:28:34	00:28:49
75	Modificar posición plegador móvil (lado polietileno)	00:28:50	00:29:31
76	Cerrar puerta 1	00:29:32	00:29:41
77	Caminar a panel mate	00:29:42	00:29:55
78	Realizar lecturas conjunto de arrastre, plegadores y trineo	00:29:56	00:30:36
79	Caminar a puerta 12	00:30:36	00:30:53
80	Cerrar puerta 12	00:30:53	00:30:54
81	Caminar a panel mate	00:30:54	00:31:14
82	Realizar lecturas conjunto de arrastre, plegadores y trineo	00:31:15	00:32:26
83	Abrir puerta 7	00:32:27	00:32:27
84	Modificar posición plegador fijo (lado entrada rollos)	00:32:28	00:32:36
85	Cerrar puerta 7	00:32:36	00:32:39
86	Caminar a puerta 4	00:32:39	00:32:42
87	Abrir puerta 4	00:32:42	00:32:43
88	Modificar posición plegador fijo (lado polietileno)	00:32:43	00:32:56
89	Cerrar puerta 4	00:32:57	00:33:00
90	Caminar a panel mate	00:33:00	00:33:04
91	Realizar lecturas conjunto de arrastre, plegadores y trineo	00:33:05	00:33:46
92	Caminar a estante con piezas	00:33:46	00:34:03
93	Buscar elevadores producto nuevo	00:34:04	00:34:18
94	Caminar a puerta 12	00:34:19	00:34:27
95	Abrir puerta 12	00:34:28	00:34:29
96	Montar elevadores producto nuevo	00:34:29	00:36:36

N°	Actividad	Inicio	Término
97	Caminar a mesa/lockers	00:36:37	00:36:44
98	Buscar llaves Allen	00:36:45	00:36:50
99	Ingresar por puerta 12	00:36:51	00:36:58
100	Montar elevadores producto nuevo	00:36:59	00:39:16
101	Caminar a estante con piezas	00:39:17	00:39:27
102	Buscar paro fondo producto nuevo	00:39:28	00:39:52
103	Caminar a puerta 1	00:39:53	00:40:00
104	Subir a puente	00:40:00	00:40:01
105	Montar paro fondo producto nuevo	00:40:02	00:42:36
106	Ajustar elevadores	00:42:37	00:43:30
107	Caminar a mesa/lockers	00:43:31	00:43:50
108	Buscar corta cartón	00:43:51	00:44:00
109	Caminar hacia pallet polietileno	00:44:01	00:44:07
110	Preparar polietileno	00:44:08	00:45:17
111	Caminar a puertas 2/3	00:45:17	00:45:19
112	Abrir puertas 2/3	00:45:20	00:45:20
113	Posicionar polietileno fuera de puertas 2/3	00:45:21	00:46:00
114	Cerrar puertas 2/3	00:46:01	00:46:05
115	Caminar a panel mate	00:46:05	00:46:12
116	Llevar panel mate a puerta 4	00:46:12	00:46:19
117	Caminar a puerta 12	00:46:19	00:46:30
118	Cerrar puerta 12	00:46:31	00:46:32
119	Caminar a panel mate	00:46:32	00:46:44
120	Realizar cambio sobre polietileno en panel mate	00:46:45	00:46:57
121	Caminar a puertas 2/3	00:46:58	00:47:02
122	Abrir puertas 2/3	00:47:03	00:47:04
123	Montar polietileno	00:47:04	00:47:15
124	Pasar punta polietileno por rodillos	00:47:15	00:47:32
125	Ajustar topes laterales polietileno	00:47:32	00:48:58
126	Pasar punta polietileno por rodillos de tracción	00:48:58	00:50:05
127	Caminar a puerta 4	00:50:06	00:50:10
128	Abrir puerta 4	00:50:10	00:50:12
129	Pasar punta polietileno por guías	00:50:12	00:50:37
130	Cerrar puerta 4	00:50:38	00:50:40
131	Caminar a puerta 1	00:50:40	00:50:49
132	Abrir puerta 1	00:50:49	00:50:50
133	Ajustar eje polietileno	00:50:51	00:53:22
134	Cerrar puerta 1	00:53:22	00:53:24
135	Ingresar por puertas 2/3	00:53:24	00:53:30
136	Ajustar sensor de taca	00:53:30	00:53:41
137	Ajustar polietileno en rodillos	00:53:41	00:54:17
138	Cerrar puertas 2/3	00:54:17	00:54:21
139	Caminar a panel mate	00:54:21	00:54:25
140	Realizar lecturas de polietileno en panel mate	00:54:25	00:55:00
141	Abrir puerta 4	00:55:01	00:55:02
142	Abrir puertas 2/3	00:55:04	00:55:06
143	Ajustar topes laterales polietileno	00:55:03	00:55:58
144	Cerrar puerta 4	00:55:58	00:56:01
145	Colocar etiqueta Elite en polietileno	00:56:00	00:56:20
146	Cerrar puertas 2/3	00:56:20	00:56:22
147	Realizar lecturas de polietileno en panel mate	00:56:23	00:58:18

N°	Actividad	Inicio	Término
148	Abrir puerta 4	00:58:18	00:58:20
149	Abrir puerta 1	00:58:18	00:58:20
150	Verificación visual	00:58:20	00:58:45
151	Retirar desecho polietileno	00:58:45	00:59:05
152	Cerrar puerta 4	00:59:05	00:59:06
153	Cerrar puerta 1	00:59:05	00:59:06
154	Realizar lecturas polietileno en panel mate	00:59:06	00:59:55
155	Abrir puerta 4	00:59:55	00:59:56
156	Ajustar sensor de taca	00:59:56	01:00:04
157	Retirar desecho polietileno	01:00:04	01:00:24
158	Cerrar puerta 4	01:00:24	01:00:25

*Fuente: Elaboración propia.*


**Figura 1:** Registro cambios de formato.



*Fuente: Elaboración propia.*


## Anexo B. Rediseño

**Tabla 1:** Listado de actividades de preparación de cambio de formato.

		Listado de preparación		
Fecha:		Cambio de formato de a		
N°	Zona	Actividad	Estado	Observaciones
1	Poliuretano	Poliuretano de cambio preparado y junto a puertas 2/3		
2		Llave Allen, Maceta y Corta Cartón junto a puertas 2/3		
3	Alimentación	Barras primarias para agregar junto a puertas 12		
4		Barras secundarias para agregar junto a puerta 12		
5		Huíncha de medir junto a puerta 12		
6	Trineo	Plegador fijo de cambio junto a puerta 12		
7		Plegador fijo de cambio junto a puerta 1		
8		Plegador móvil de cambio junto a puerta 12		
9		Plegador móvil de cambio junto a puerta 1		
10		Batería plegador de cambio junto a puerta 12		
11		Batería plegador de cambio junto a puerta 1		
12		Platos elevadores de cambio junto a puerta 12		
13		Paro fondo de cambio junto a puerta 1		
14		Llave Allen junto a puerta 12		
15		Llave Allen junto a puerta 1		
16		Manivela junto a puerta 4 en caso de modificar altura guía de contención		
17	Dedos de formación preparados junto a puerta 4 en caso de ser necesarios			
18	Semaforinos	Manivelas a pie de empaquetadora		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 2:** Listado de actividades de actividades de arranque.

		Listado de arranque		
Fecha:		Cambio de formato de		a
N°	Zona	Actividad	Estado	Observaciones
1	Alimentación	Barras primarias y secundarias reguladas		
2		Guías de entrada reguladas		
3		Conjunto de arrastre y lanzadores regulados		
4	Polietileno	Polietileno cambiado		
5		Topes y guías laterales reguladas		
6		Rodillos de tracción posicionados según tamaño polietileno		
7		Sensor de taca regulado		
8	Trineo	Baterías plegador, plegador fijo y móvil lado entrada rollos cambiados y regulados		
9		Baterías plegador, plegador fijo y móvil lado polietileno cambiados y regulados		
10		Plato elevador y paro fondo cambiados y regulados		
11		Altura guía de contención regulada		
12		Posición dedos de formación regulada		
13		Tolva regulada		
14		Guías de contención laterales reguladas		
15		Bandas de sellado reguladas		
16	Guías de salida de empaque reguladas			
17	Panel Mate	Modificación fases sensor de taca, tren de entrada y trineo realizadas correctamente		
18	Producto	Empaque sin anomalías		

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 3:** Listado de piezas por formato.

Código	Formato	Plegador Fijo	Plegador Móvil	Batería Plegador	Elevador Lateral/Central	Paro Fondo
B221A	X4 30 metros	●	●	●	● ●	●
B221A	X4 50 metros	● ●	●	●	● ●	●
B321A	X6 22 metros	● ●	●	●	● / ●	●
B321A	X6 27 metros	● ●	● ●	●	● / ●	●
B222A	X8 30 metros	●	●	● ●	● ●	●
B222A	X8 50 metros	● ●	● ●	● ●	● ●	●
B322A	X12 30 metros	● ●	● ●	● ●	● / ●	●
B322A	X12 50 metros	● ●	● ●	● ●	● / ●	●
B422A	X16 22 metros	●	●	● ●	● / ●	●
B422A	X16 30 metros	●	●	● ●	● ● / ● ●	●
B332A	X18 30 metros	● ●	● ●	● ●	● ● / ● ●	●
B332A	X18 50 metros	● ●	● ●	● ●	● ● / ● ●	●
B432A	X24 22 metros	●	●	● ●	● ● / ● ●	●
B432A	X24 27 metros	●	●	● ●	● ● / ● ●	●

Fuente: Elaboración propia.





