

FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA EN LAS CONVERSIONES DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BAJO LOS LINEAMIENTOS PMBOK

AUTOR

FABIAN ANDRÉS –URIBE ARANGO

Ing. Ambiental

Ing.fabian.uribe@correo.com

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos

DIRECTOR

Ing. Freddy León Reyes, M.Ed.

Ingeniero de sistemas con énfasis en software - Universidad Antonio Nariño

Especialista en Docencia Univesrsitaria de la Universidad Nueva Granada

Magíster en educación de la Universidad Nueva Granada

Director Académico Programa Ingeniería en Multimedia de la Universidad Militar Nueva Granada

freddy.leon@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DICIEMBRE 2016**

FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA EN LAS CONVERSIONES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BAJO LOS LINEAMIENTOS PMBOK

FORMULATION OF AN STRATEGICAL PLANNING METHODOLOGY IN THE CONVERSIONS OF THE PRODUCTION LINE UNDER PMBOK GUIDELINES

Fabián Andrés Uribe Arango
Ingeniero Ambiental, Estudiante Especialización Gerencia Integral de Proyectos
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
Ing.fabian.uribe@gmial.com

RESUMEN

El proceso de estudio es una línea de producción de una empresa dedicada a la fabricación, distribución y comercialización de bebidas no alcohólicas, la producción de agua plana en envase PET es la más importante por ser el principal producto del portafolio y el que mayor crecimiento presenta en demanda. Los últimos meses la venta de agua ha crecido notablemente y la capacidad de la línea está al 100 %, lo cual obliga a tener un proceso muy controlado con una planeación en tiempos y actividades eficaz, que permita aprovechar el tiempo al máximo y tener la operación permanentemente.

El presente artículo muestra los principales lineamientos para la formulación de una metodología de planificación estratégica en las conversiones de la línea de producción bajo los lineamientos pmbok. En la línea de producción se manejan 5 presentaciones de producto que varían en tamaño y contenido (420, 600, 1000 y 1500 ml), cada presentación varia dimensionalmente sus materias primas y obliga a

realizar conversiones o cambios de formato en las máquinas para poder dar la corrida o puesta en marcha del proceso. Los tiempos requeridos para realizar las conversiones de máquinas son un impacto para el índice de utilización de línea y productividad del proceso, ya que a mayor tiempo de conversión menor tiempo de línea en operación (entregando producto) y por ende menor productividad. Este proyecto establece alternativas que permiten disminuir los tiempos de conversión, mediante una planeación estratégica de actividades bajo los lineamientos del pmbok, mejoramiento de técnicas y condiciones de máquinas.

Palabras Clave: agua plana, conversiones, línea de producción, índice de utilización, productividad, Polietileno Tereftalato (PET).

ABSTRACT

The process of study is a production line of a company engaged in manufacturing, distribution and marketing of non - alcoholic beverages where the production of flat water in PET packaging is the most important since it is the main product in the portfolio and the one with more growing demand. During the last months the sale of water has notably grown and the capacity of the line is at a 100 % which requires a very controlled process with an efficient planning in times and activities that allows keeping the operation steady and thus maximized.

The current article shows the main guidelines to the formulation of a methodology of strategical planning in the conversions of the production line of flat water under PMBOK guidelines. In the production line are 5 presentations of the product ranging in size and content (420 , 600 , 1000 and 1500 ml) each presentation dimensionally varies its raw material and forces to make conversions or format changes in machines to enable the startup of the process . The required times to make the conversions of machines are an impact on the index of line utilization and productivity of the process since the longer the conversion time the less the time of line in operation (delivering the product) and therefore less productivity . This project establishes alternatives which enable for the reduction of conversion times by means of a strategical planning of activities under the PMBOK guidelines , improvement of techniques and machine conditions .

Keywords: flat water, conversions, production line, utilization index, productivity, Polyethylene Terephthalate (PET).

INTRODUCCIÓN

La alta demanda en el Mercado de agua plana en envase PET, ha generado la necesidad de optimizar los tiempos perdidos en el proceso de envasado para mejorar el índice de utilización de la línea de producción y evitar situaciones que obliguen a agotar el producto. Los tiempos perdidos más relevantes del proceso se atribuyen a los destinados para la conversión de equipos en la producción de las diferentes presentaciones y los cuales generan un impacto negativo en el índice de utilización de la línea y en la productividad del proceso. Actualmente las conversiones tienen una duración de 6 horas y es necesario realizar 8 conversiones promedio mes.

Actualmente en algunos meses del año la demanda exige cantidades de producto que superan la capacidad actual de la línea de producción, teniendo en cuenta los tiempos perdidos por conversiones. En términos financieros el no tener la capacidad de realizar el producto para su venta, genera una pérdida de ingresos relevantes. En precio de venta del producto la compañía deja de recibir por cada minuto de producción perdido \$ 534.000.

Las opciones planteadas en este proyecto son; **1)** diseñar una metodología que permita optimizar los tiempos en la realización de conversiones de la línea PET, **2)** Disminuir el número de conversiones/mes con producciones altas de cada presentación y **3)** no hacer nada y continuar igual. De las alternativas anteriores la mejor opción es diseñar una metodología que permita optimizar los tiempos en la realización de conversiones de la línea y de una forma lógica y técnica disminuir los tiempos de estas actividades. Igualmente se debe tener en cuenta que como se trata de hacer actividades manuales de forma más rápida y lógica, es importante reforzar los temas correspondientes a salud y seguridad en el trabajo ya que las personas tendrán mayor exposición a la accidentalidad si no realizan las actividades de forma segura. Finalmente este proyecto busca disminuir los tiempos de conversiones de línea de producción, mejorar la utilización del recurso y la productividad, mediante una metodología de planificación estratégica bajo los lineamientos del Pmbok .

1. MATERIALES Y MÉTODOS

El agua plana hace referencia al agua embotellada o envasada para el consumo humano, se caracteriza porque no tiene sabor, colorantes o gas. En este caso particular la fuente de agua de entrada al proceso proviene de pozos subterráneos y su tratamiento se realiza en una Planta de Tratamiento de agua potable (PTAP).

El PET (**polietileno Tereftalato**), hace referencia al material que compone el empaque primario.

Una línea de producción es un grupo de máquinas que trabajan de forma conjunta para la realización de un producto y las cuales tienen una velocidad nominal o de operación determinada de acuerdo a su tecnología. La velocidad de la línea en cuestión (agua plana - PET), tiene las siguientes características; en la presentación de 420 ml la línea trabaja a una velocidad de 350 botellas/minuto, en la presentación de 600 ml trabaja a una velocidad de 350 botellas/ minuto, en la presentación de 1000 ml trabaja a 200 botellas / minuto y en la presentación de 1500 ml la velocidad es de 175 botellas / minuto. .

La línea de producción está compuesta por varias etapas y máquinas que requieren ser modificadas y parametrizadas sistemáticamente al momento de realizar conversiones para cambios de presentación, dentro de los equipos se encuentra la máquina posicionadora encargada de ubicar las botellas de forma lineal en un transportador aéreo, la etiquetadora encargada de realizar la aplicación de etiqueta, el bloque de llenado el cual se compone de un rinse o sistema de lavado preventivo de botellas, la llenadora, aplicadores de tapas, transportadores de acumulación y enfardadora encargada de colocar el plástico termoencogido a un conjunto de unidades de producto.

Los tiempos de conversión hacen referencia al tiempo gastado en realizar las conversiones entre presentaciones y actualmente el tiempo autorizado para estas actividades es de 6 horas.

Como base estructural y columna vertebral del proyecto se realiza la EDT, en donde se identifican los entregables de primer y segundo nivel. En la **figura 1** se ilustra la descomposición de entregables para la formulación de una metodología de planificación estratégica en las conversiones de la línea PET. Los entregables del primer nivel se conforman de diagnóstico inicial, evaluación de necesidades, plan de gestión proceso, plan estratégico de conversiones y cierre o informe final.



Figura 1 EDT para la formulación de una metodología de planificación estratégica en las conversiones de la línea de producción

La ejecución de actividades se realiza según lo establecido en la ruta crítica con el fin de no generar retrasos en la realización proyecto y los materiales y herramientas utilizadas en la investigación son; cronómetros, personal profesional, técnico y operativo, sistemas de cómputo, software (Project), herramientas de mano (llaves, tuercas, arandelas, entre otras), repuestos de máquinas y tiempo disponible en línea para realizar las intervenciones necesarias en las máquinas.

1.1. Evaluación del proceso actual de la operación en la realización de conversiones de la línea de producción.

La evaluación del estado actual de la operación inicia con la identificación de los stakeholders, determinar sus requisitos y evaluar su prioridad. El proyecto tiene diferentes interesados tales como las gerencias, logística, mantenimiento, calidad y producción. Esta actividad se lleva a cabo mediante comités técnicos, comités de calidad, reuniones y entrevistas

directas al personal. La identificación de requisitos permite determinar la gestión que se debe llevar a cabo de acuerdo su grado de poder e interés en el proyecto.

Así mismo se establece la EDT de las conversiones en la línea de producción, para identificar entregables y tener un medio de comunicación que facilite La interpretación de lo que involucra realizar una conversión en la línea de producción.

1.2. Identificación actividades, secuencias, tiempos y ruta crítica de la conversión en la línea de producción.

La identificación de actividades, secuencias y tiempos de cada etapa de la conversión se realiza teniendo en cuenta los pasos establecidos en el estándar PMBOK. El levantamiento de información en cuanto a las actividades y secuencias se realiza mediante observación en campo y comunicación con el personal, para la captura de los tiempos se realizan 3 tomas por actividad y se saca un promedio, teniendo en cuenta que diferentes personas realizan las actividades y cada uno de ellos tiene un ritmo de trabajo diferente. Finalmente se determina el cronograma y ruta crítica de la conversión.

Durante la identificación de actividades también se realiza la identificación de necesidades de capacitación, oportunidades de mejora frente a las técnicas y herramientas utilizadas por el personal y mejoras en las máquinas y sus componentes que permitan facilitar las actividades y disminuir su tiempo.

1.3. Replanteamiento de actividades, secuencias, asignación de recursos y ruta crítica en la conversión de la línea de producción.

Replantar actividades y secuencias consiste en organizar nuevamente todas las actividades tratando de aprovechar al máximo los recursos en el tiempo, para ello se distribuye de forma estratégica el personal y se incrementa la ejecución de actividades en paralelo hasta donde lo permita el proceso. En este caso el personal asignado a la línea de producción se compone de 1 mecánico, 3 maquinistas y 5 operarios. Adicionalmente se definen las herramientas necesarias para cada etapa de la conversión y se determina la ruta crítica con el nuevo cronograma de actividades.

1.4. Establecer una nueva metodología estándar de conversión de la línea de producción.

Para establecer la metodología estándar de conversión se realiza un manual de procedimientos que se fundamenta principalmente en el cronograma de actividades, recursos y cantidad de personas necesarias para realizar las conversiones de la línea de producción. Así mismo con este manual se busca generar una herramienta de seguimiento que permita a los auxiliares y supervisores encargados, poder evaluar retrasos en la operación y tomar decisiones acertadas para no incurrir en tiempos perdidos y retrasos en la operación que afecten la productividad.

Finalmente se genera un programa de capacitación para socializar la información del proyecto con las partes interesadas, teniendo en cuenta que este proyecto requiere de un contexto cultural importante debido al cambio en la forma de trabajo de muchos años en los trabajadores.

1.5. Evaluación de los costos y beneficios obtenidos

En la evaluación final de la metodología se hace un paralelo de los tiempos gastados para realizar conversiones en la línea de producción en la situación sin proyecto y con proyecto. Se toma el tiempo ahorrado en la nueva metodología estándar y su equivalencia con la cantidad de producto adicional entregado por mayor disponibilidad de la línea en productivo y los ingresos que esto representa para la compañía por no generar agotados en el mercado.

1.5.1. Presupuesto del proyecto

En la **tabla 1** se desglosa el presupuesto del proyecto, el cual se direcciona principalmente al tiempo gastado por el personal que participa en el proyecto y las herramientas necesarias para poder realizar la conversión en la línea de producción.

Tabla 1 Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO				
HERRAMIENTA DE TRABAJO				
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR
Llave Mixta 10	\$ 4.451,00	unidad	1	\$ 4.451,00
Llave Mixta 13	\$ 5.804,00	unidades	3	\$ 17.412,00
Llave Mixta 17	\$ 8.350,00	unidades	4	\$ 33.400,00
Llave Rache 17	\$ 22.396,00	unidad	1	\$ 22.396,00
Llave Mixta 19	\$ 11.381,00	unidad	1	\$ 11.381,00
Llave Rache 19	\$ 24.238,00	unidades	3	\$ 72.714,00
Llave Expansiva	\$ 11.900,00	unidades	2	\$ 23.800,00
Llave Mixta 1/2 *9/16	\$ 7.122,00	unidades	3	\$ 21.366,00
Llave Mixta 22	\$ 12.990,00	unidades	3	\$ 38.970,00
Llave Mixta 24	\$ 14.832,00	unidades	2	\$ 29.664,00
Llave Mixta 3/4	\$ 10.800,00	unidad	1	\$ 10.800,00
Bristol 5	\$ 1.189,00	unidades	4	\$ 4.756,00
Bristol 8	\$ 3.031,00	unidades	2	\$ 6.062,00
Juego bristol	\$ 30.000,00	unidad	1	\$ 30.000,00
Caja de herramienta	\$ 60.000,00	unidades	3	\$ 180.000,00
Cronometro	\$ 30.000,00	unidades	3	\$ 90.000,00
MANO DE OBRA				
Jefe de Produccion	\$ 23.885,00	horas	200	\$ 4.777.000,00
Supervisor de Produccion	\$ 11.735,00	horas	120	\$ 1.408.200,00
Aprendiz de Produccion	\$ 3.627,00	horas	180	\$ 652.860,00
Auxiliar de Produccion	\$ 8.147,00	horas	120	\$ 977.640,00
Mecanico de linea	\$ 8.147,00	horas	140	\$ 1.140.580,00
Operario de Produccion	\$ 3.894,00	horas	140	\$ 545.160,00
TOTAL				\$ 10.098.612,00

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1. Evaluación del proceso actual en la realización de conversiones en la línea de producción.

En la **Tabla 2** se relaciona la identificación de Stake Holders y los requisitos asociados, los cuales fueron transversales en el Desarrollo del proyecto debido a que los principales actores del éxito del proyecto son las personas que realizan las actividades de forma directa y las áreas de apoyo del proceso como Calidad y Mantenimiento. Igualmente se realiza una valoración de cada stakeholder de acuerdo a su poder/autoridad y su nivel de interés/preocupación por el proyecto, con el fin de identificar la gestión que se debe llevar a cabo con cada parte interesada.

Tabla 2 Identificación de Stakeholders y requisitos

N°	INTERESADO	REQUISITOS O EXPECTATIVAS	POSICIÓN ACTUAL	PODER (Nivel de autoridad de 1 a 10)	INTERES (Nivel de preocupación de 1 a 10)
A	Gerencia de Operaciones	Disminuir los tiempos de conversiones de la línea PET de agua plana para poder entregar más producto /mes	A FAVOR	10	10
B	Gerencia de Ventas	Cubrir la demanda de producto agua plana PET en su totalidad y no tener agotados en el mercado	A FAVOR	5	10
C	Dpto de Logística	Tener el producto necesario para distribuir y entregar a los clientes.	A FAVOR	1	8
D	Dpto de Mantenimiento	Capacitar el personal técnico y operativo para la intervención correcta de las máquinas	A FAVOR	8	6
		Comunicar constantemente los avances del proyecto y necesidades detectadas			
		Garantizar el ingreso de materias primas adecuadas al proceso.			
		Consultar cualquier recomendación que sugiera modificación o cambios de partes de máquinas			
E	Dpto de calidad	Tener en cuenta que las jornadas de saneamiento y limpieza después de cada conversión son actividades prioritarias	A FAVOR	9	6
		Informar cada hallazgo o cambio que se sugiera en el proceso con el fin de validar que por inocuidad y calidad si es conveniente realizarlo.			
		Mantener informado cada avance del proyecto			
F	Dpto de almacén	Informar oportunamente los cambios de presentaciones en la línea	A FAVOR	1	4
G	Dpto de Producción	Acompañamiento y soporte constante del área de mantenimiento	A FAVOR	9	10
		Mejoramiento de la tornillería de las máquinas para facilitar su despiece y manipulación			
		Entrega oportuna de materias primas por parte del almacén			
		Evaluación de herramientas necesarias para la realización de actividades			
		Capacitación al personal operativo para la realización de conversiones			
H	Operarios	Capacitación frente al manejo de las máquinas	NEUTRAL	7	6
		Mayor disponibilidad de personal			
		Herramientas suficientes para la ejecución de actividades			
I	Grupo Sindical	No cambiar lo que se hace actualmente porque ha funcionado durante años y los esfuerzos adicionales generan daños en la salud	EN CONTRA	2	2

En La **figura 2** Gestión de interesados se puede observar la gestión que se debe llevar a cabo con cada stakeholder. Aquellos que tienen la mayor relevancia en términos de poder y preocupación son los que se deben. Los stakeholders a gestionar directamente son la Gerencia de Operaciones, departamento de Mantenimiento, Departamento de calidad, Departamento de producción y los operarios, y son fundamentales para el logro del objetivo de este proyecto. Los stakeholders a mantener informados son la Gerencia de ventas y departamento de logística a quienes se les comunica por medio de comités, y los stakeholders a monitorear son el Almacén general y el grupo sindical.

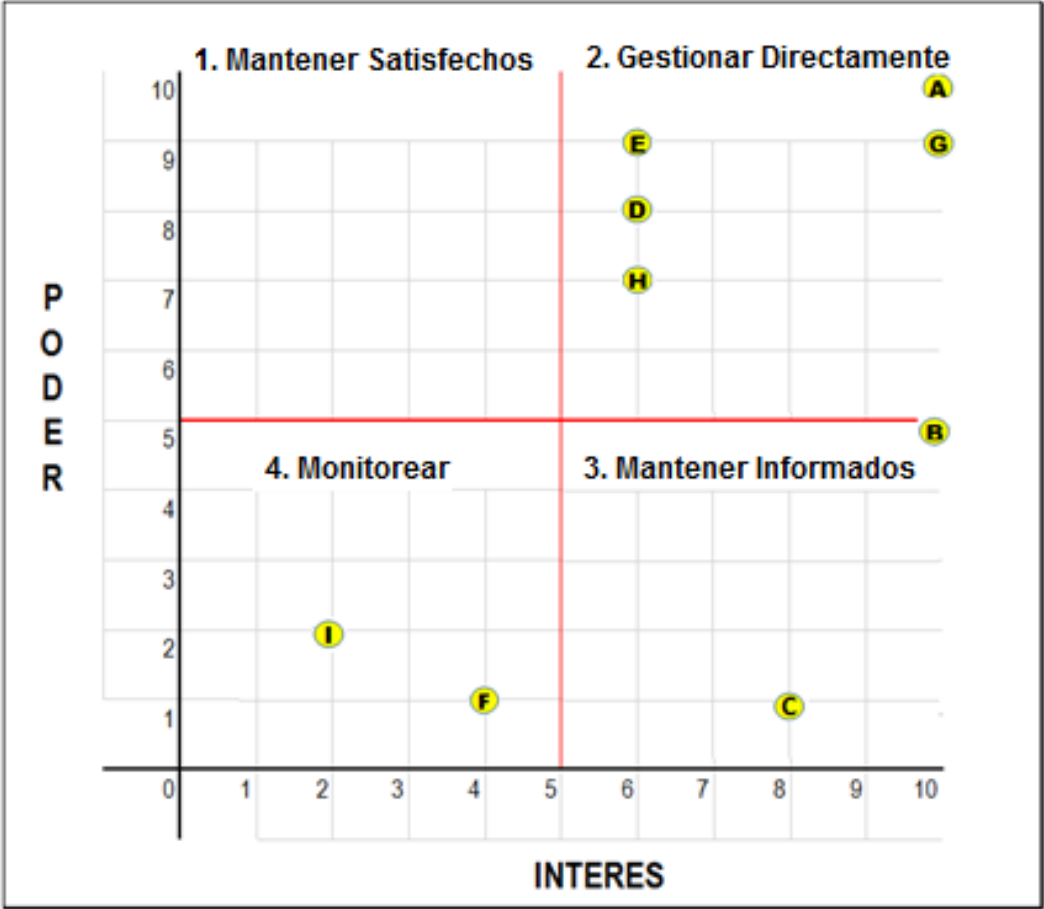


Figura 2 Gestión de Interesados

Se establece la EDT de las conversiones de la línea de producción como columna vertebral del proceso y se determinan los entregables de primer y segundo nivel. En la **figura 3** se ilustra la descomposición de entregables para la realización de las conversiones de la línea de producción. Los entregables del primer nivel se conforman de conversión de maquina Procomac, conversión de maquina etiquetadora, conversión bloque de llenado, conversión de maquina enfardadora y conversión de transportadores.

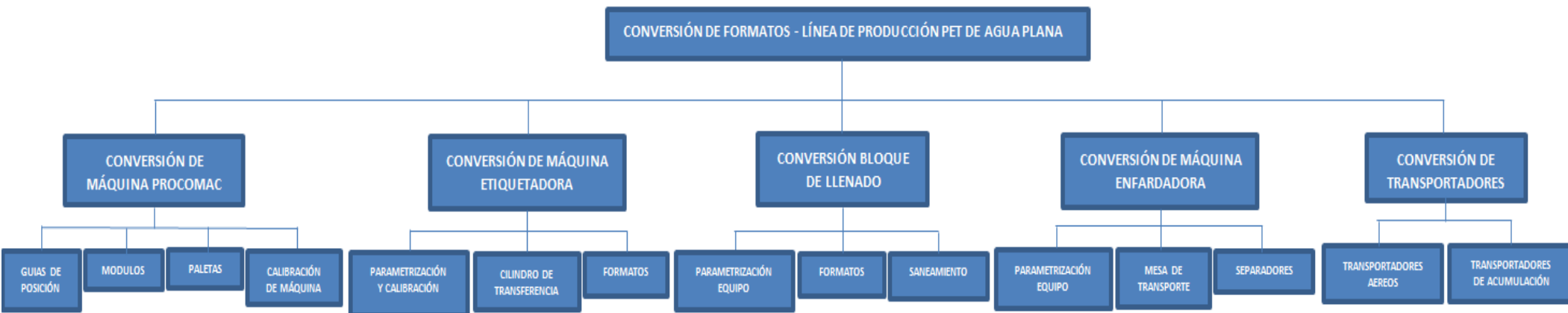


Figura 3 EDT Conversiones de la línea de producción.

2.2. Identificación actividades, secuencias, tiempos y ruta crítica de la conversión en la línea de producción.

En la **Tabla 3** se muestra el cronograma de las conversiones en situación sin proyecto y los resultados indican que desarrollando la conversión se gastan 275 minutos (4,58 horas), es importan tener en cuenta que el tiempo autorizado actual es de 360 minutos (6 horas), lo cual indica que los tiempos perdidos en esta operación equivalen a 85 minutos (1,42 horas). Las causas de los tiempos perdidos se atribuyen a secuenciación inadecuada de actividades, falta de herramientas, desconocimiento técnico del personal en la ejecución de las conversiones, realización de reprocesos, partes de máquinas en mal estado y falta de un manual o herramienta de seguimiento y control para los supervisores. A continuación se muestra el resumen de entregables y los tiempos asociados a los grupos de trabajo establecidos.

Tabla 3 Cronograma de conversiones situación sin proyecto

Modo de	Nombre de tarea	Duración	1	2	3	4	5
	CONVERSION ESTADO ACTUAL	275 mins	[Gantt bar from 1 to 5]				
	INICIO CONVERSIÓN 600 - LITRO	30 mins	[Gantt bar from 1 to 1.5]				
	CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	216 mins	[Gantt bar from 1 to 4.2]				
	GUÍAS DE POSICIÓN	70 mins	[Gantt bar from 1.5 to 2.5]				
	MODULOS	125 mins	[Gantt bar from 1.5 to 3.2]				
	PALETAS	47 mins	[Gantt bar from 3.2 to 3.6]				
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	44 mins	[Gantt bar from 3.6 to 4.0]				
	CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	146 mins	[Gantt bar from 1 to 3.8]				
	PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN	146 mins	[Gantt bar from 1 to 3.8]				
	CILINDRO DE TRANSFERENCIA	6 mins	[Gantt bar from 2.5 to 2.6]				
	FORMATOS	74 mins	[Gantt bar from 1.5 to 2.2]				
	CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	229 mins	[Gantt bar from 1 to 4.1]				
	PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	158 mins	[Gantt bar from 2.5 to 4.0]				
	FORMATOS	71 mins	[Gantt bar from 1.5 to 2.2]				
	SANEAMIENTO	62 mins	[Gantt bar from 3.2 to 3.8]				
	CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	101 mins	[Gantt bar from 1 to 2.0]				
	PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	101 mins	[Gantt bar from 1 to 2.0]				
	MESA DE TRANSPORTE	28 mins	[Gantt bar from 1.5 to 1.7]				
	SEPARADORES	79 mins	[Gantt bar from 1.5 to 2.2]				
	CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES	260 mins	[Gantt bar from 1 to 4.5]				
	TRANSPORTADORES AEREOS	80 mins	[Gantt bar from 1.5 to 2.3]				
	TRANSPORTADORES DE ACUMULACIÓN	260 mins	[Gantt bar from 1 to 4.5]				
	FIN DE CONVERSIÓN	0 mins	[Gantt bar from 4.5 to 4.5]				

En la **tabla 4** se establece la participación de cada paquete de trabajo frente al tiempo total que compone una conversión en la línea de producción en la situación sin proyecto. Se observa que la mayor participación la tiene la conversión en transportadores con un 26,5%, seguido de la parametrización de equipos en el bloque de llenado con un 9,8%.

Tabla 4. % de participación de las actividades- situación sin proyecto

Nombre de tarea	% de participación en la conversión
CONVERSION ESTADO ACTUAL (SIN PROYECTO)	
INICIO CONVERSIÓN	3,1%
CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	
GUÍAS DE POSICIÓN	7,1%
MODULOS	5,6%
PALETAS	4,8%
CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	4,5%
CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	
PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO	7,3%
CILINDRO DE TRANSFERENCIA	0,6%
FORMATOS	6,9%
CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	
PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	9,8%
FORMATOS	7,2%
SANEAMIENTO	6,3%
CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	
PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	2,2%
MESA DE TRANSPORTE	2,9%
SEPARADORES	5,2%
CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES	26,5%
FIN DE CONVERSIÓN	
TOTAL	100,0%

2.3. Oportunidades de mejora en las máquinas.

Una de las principales oportunidades de mejora encontrada en las máquinas es la estrella central, la cual presenta problemas de ajuste y alineación, generando tiempos perdidos por ajustes finos (sincronismo).



Figura 4 Estrella bloque de llenado

Otra oportunidad encontrada es en las paletas de transporte las cuales están deterioradas y es difícil encargarse y asegurarlas en su estructura de Soporte, generando tiempo perdidos en el proceso.

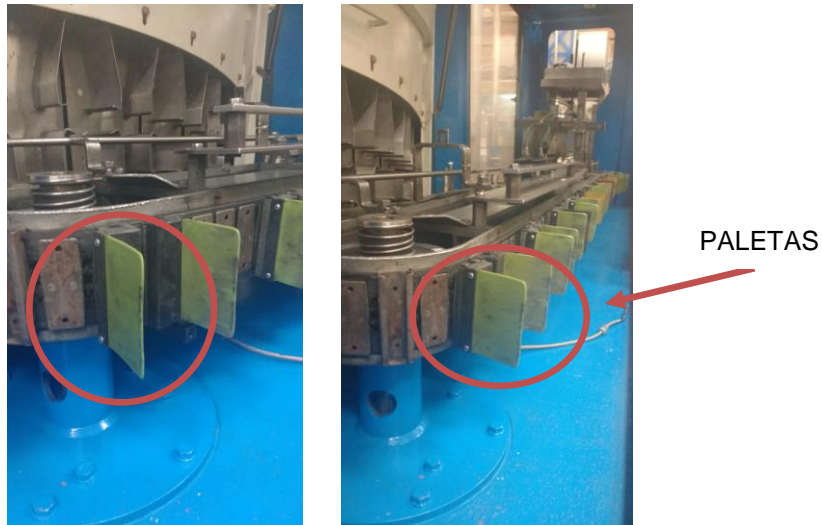


Figura 5 Paletas Máquina Posicionadora

Para el caso de la máquina posicionadora solamente se tiene una compuerta de acceso para la actividad de cambiar guías y módulos, se plantea realizar otra compuerta y realizar esta actividad en paralelo para mejorar los tiempos de ejecución.



Figura 6 Máquina Posicionadora

Se encuentra tornillería averiada y no se tiene uniformidad en el sistema, mientras que una son de manipulación directa con la mano, otras son con llaves y de diferentes dimensiones.

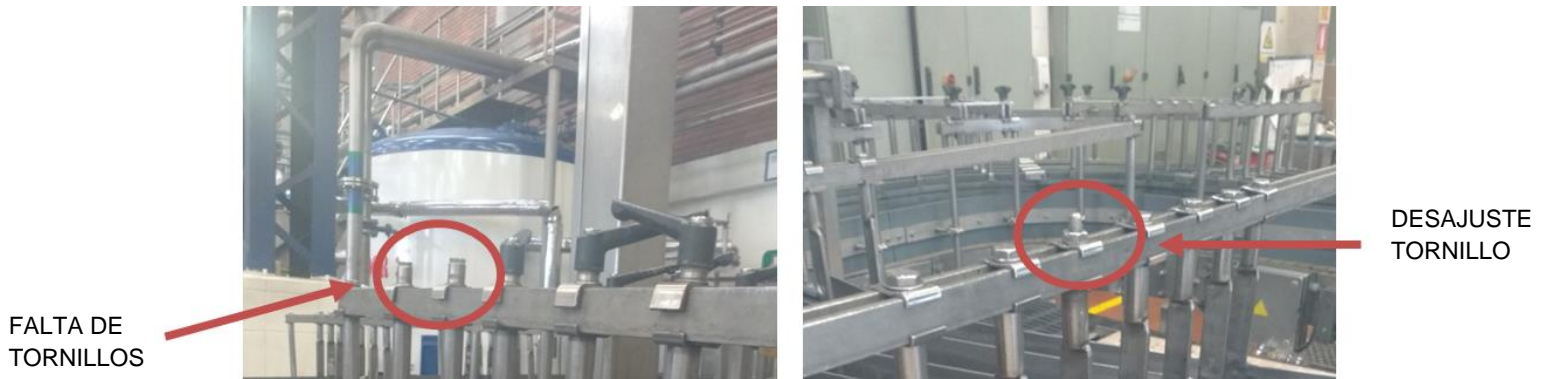


Figura 7 Transportadores de acumulación.

Los transportadores aéreos tienen un sistema automático de parametrización y distanciamiento para las conversiones, sin embargo, en este momento se tiene deshabilitado y es necesario realizar esta actividad manualmente con los operarios, Se recomienda reactivar el sistema para disminuir los tiempos de conversión.



Figura 8 Transportadores aéreos

2.4. Replanteamiento de actividades, secuencias, asignación de recursos y ruta crítica en la conversión de la línea de producción.

Con los resultados obtenidos en la evaluación inicial se puede observar que los tiempos perdidos en la conversión se derivan de dos componentes principales; 1) un problema logístico de asignación de recursos y secuencia de actividades y 2) un problema de condición de las máquinas. Por lo anterior y para efectos del desarrollo del proyecto se plantean dos alternativas de solución, una que responde a la necesidad logística y asignación de recursos la cual es el objetivo de este proyecto y otra alternativa posible en caso de hacer mejoras en las máquinas a mediano plazo.

2.4.1. Herramientas necesarias.

En la **Tabla 5** se listan las herramientas necesarias para la conversión por cada entregable, es de vital importancia contar con estos recursos para poder tener el personal realizando actividades en paralelo durante la conversión

Tabla 5 Herramientas Necesarias

MAQUINA	HERRAMIENTA	N° UNIDADES
PROCOMAC	Bristol 8	1
	Llave Mixta ½ * 9/16	3
	Llave Mixta 13	1
	Llave Mixta 19	1
	Expansiva	1
	Juego Bristol	1
ETIQUETADORA	Bristol 5	1
	Llave Mixta 10	1
	Llave Mixta 13	1
	Llave Mixta 17	1
BLOQUE DE LLENADO	Bristol 5	1
	Llave Mixta ¾	1
	Llave Mixta 13	1
	Llave Mixta 17	1
	Llave Mixta 22	3
	Llave Mixta 24	2
ENFARDADORA	Bristol 5	1
	Bristol 8	1
TRANSPORTADORES AÉREOS	Llave Mixta 17	2
	Llave Rache 19	2
TRANSPORTADORES DE ACUMULACIÓN	Bristol 5	1
	Llave Rache 17	1
	Llave Rache 19	1
	Expansiva	1
TOTAL N° HERRAMIENTAS		31

Se recomienda mantener en stock llaves Bristol 5 y llaves mixtas N° 17, en caso de pérdida o daño teniendo en cuenta que son fundamentales para el proceso y las actividades asociadas a estas herramientas hacen parte de la ruta crítica.

2.4.2. Replanteamiento de la gestión de la conversión,- situación con proyecto sin modificación de máquinas.

Se determina una nueva secuencia de actividades y asignación de recursos que permiten disminuir los tiempos de conversión hasta 206 minutos (3,43 horas), es decir 154 minutos (2,56 horas) menos que lo gastado en la situación sin proyecto. En esta etapa se evalúa la cantidad de personas de acuerdo al esfuerzo o complejidad de las actividades y se realiza un aprovechamiento y redistribución de recursos para equilibrar cargas y mejorar los tiempos de ejecución. Una de las principales mejoras realizadas es la redistribución de actividades a las personas para aprovechar al máximo el tiempo y los esfuerzos. En la situación sin proyecto se observaba que las personas realizaban algunas actividades que duraban menos que el tiempo total de la conversión y no se aprovechaban en otras labores. En la **Tabla 6** se muestra el resumen de entregables y los tiempos asociados a los grupos de trabajo establecidos en la situación con proyecto pero sin la realización de las mejoras en las máquinas.

Tabla 6 Cronograma de conversión situación con proyecto (sin mejorar máquinas)

Modo de	Nombre de tarea	Duración	1	2	3	4
	CONVERSION - SIN MEJORAMIENTO DE MÁQUINAS	206 mins				
	INICIO CONVERSIÓN	0 mins				
	CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	206 mins				
	▷ GUÍAS DE POSICIÓN	70 mins				
	▷ MODULOS	115 mins				
	▷ PALETAS	47 mins				
	▷ CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	44 mins				
	CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	186 mins				
	▷ PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO	186 mins				
	▷ CILINDRO DE TRANSFERENCIA	6 mins				
	▷ FORMATOS	74 mins				
	CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	198 mins				
	▷ PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	198 mins				
	▷ FORMATOS	71 mins				
	▷ SANEAMIENTO	148 mins				
	CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	141 mins				
	▷ PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	141 mins				
	▷ MESA DE TRANSPORTE	28 mins				
	▷ SEPARADORES	79 mins				
	CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES DE ACUMULACIÓN	200 mins				
	FIN DE CONVERSIÓN	0 mins				

En la **Tabla 7** se establece la participación de cada paquete de trabajo frente al tiempo total de las actividades que componen una conversión en la situación con proyecto pero sin el mejoramiento de las máquinas.

Tabla 7. % de participación de las actividades- situación con proyecto (sin mejorar máquinas)

Nombre de tarea	% de participación
CONVERSION CON PROYECTO SIN MEJORA DE MÁQUINAS	
INICIO CONVERSIÓN	
CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	
GUÍAS DE POSICIÓN	7,2%
MODULOS	5,6%
PALETAS	4,8%
CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	4,5%
CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	
PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO	11,5%
CILINDRO DE TRANSFERENCIA	0,6%
FORMATOS	7,0%
CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	
PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	9,8%
FORMATOS	7,3%
SANEAMIENTO	6,3%
CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	
PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	7,0%
MESA DE TRANSPORTE	2,9%
SEPARADORES	5,2%
CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES	20,4%
FIN DE CONVERSIÓN	
TOTAL	100%

2.4.3. Ruta crítica en la situación con proyecto con modificación de máquinas.

Esta alternativa contempla las mejoras realizadas en el ítem anterior, pero adicionalmente plantea lo que se podría disminuir en tiempos de conversión si se realizan las mejoras a las máquinas de la línea de producción. El resultado obtenido refleja que el tiempo necesario para hacer la conversión de la línea es de 160 minutos (2,67 horas), equivalente a una disminución de 200 minutos (3,33 horas) respecto al tiempo gastado en la situación sin proyecto (6 horas). En la **tabla 8** se muestra el resumen de entregables y los tiempos asociados a los grupos de trabajo establecidos en la situación con proyecto realizando las mejoras en las máquinas.

Tabla 8 Cronograma de conversión situación con proyecto (mejorando máquinas)

Modo de	Nombre de tarea	Duración	1	2	3	4
	CONVERSION DEPSUES DE AJUSTES MAQUINAS	160 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	INICIO CONVERSIÓN	0 mins	[Start arrow]			
	CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	132 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ GUÍAS DE POSICIÓN	40 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ MODULOS	60 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ PALETAS	37 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	35 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	151 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO	151 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ CILINDRO DE TRANSFERENCIA	6 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ FORMATOS	74 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	150 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	150 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ FORMATOS	71 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ SANEAMIENTO	120 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	106 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	106 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ MESA DE TRANSPORTE	28 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ SEPARADORES	79 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	▷ CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES DE ACUMULACIÓN	160 mins	[Gantt bar spanning from start to end]			
	FIN DE CONVERSIÓN	0 mins	[End diamond]			

En la **tabla 9** se establece la participación de cada paquete de trabajo frente al tiempo total de las actividades que componen una conversión en la línea de producción en la situación con proyecto pero con el mejoramiento de las máquinas.

Tabla 9 % de participación de las actividades- situación con proyecto (mejorando máquinas)

Nombre de tarea	% de participación
CONVERSION CON PROYECTO CON MEJORA DE MÁQUINAS	
INICIO CONVERSIÓN	
CONVERSIÓN MÁQUINA PROCOMAC	
GUÍAS DE POSICIÓN	5,2%
MODULOS	3,9%
PALETAS	4,8%
CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	4,6%
CONVERSIÓN MÁQUINA ETIQUETADORA	0,0%
PARAMETRIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO	10,0%
CILINDRO DE TRANSFERENCIA	0,8%
FORMATOS	8,9%
CONVERSIÓN BLOQUE DE LLENADO	0,0%
PARAMETRIZACIÓN EQUIPO	9,9%
FORMATOS	9,2%
SANEAMIENTO	8,1%
CONVERSION MAQUINA ENFARDADORA	0,0%
PARAMETRIZACIÓN DE EQUIPO	3,5%
MESA DE TRANSPORTE	3,6%
SEPARADORES	6,6%
CONVERSIÓN DE TRANSPORTADORES	20,8%
FIN DE CONVERSIÓN	
TOTAL	100%

2.5. Establecer una nueva metodología estándar de conversión de la línea de producción.

La nueva estructura de actividades y secuencias muestran gran mejoría y los resultados permiten disminuir los tiempos de conversión, Se establecen recursos y cronograma para cada paquete de trabajo. A continuación se relacionan los paquetes de trabajo por entregable para la situación con proyecto sin realizar las mejoras en las máquinas.

2.5.1. Paquetes de trabajo por entregable para la situación con proyecto sin realizar mejoras en las máquinas.

En términos generales se eliminó la actividad de cambio de uniforme y entrega de herramienta por alistamiento anticipado. Las actividades de montar módulos y cambio de media luna son ejecutadas por un solo operario. En las actividades; cambio de paletas, guía centradora y calibración de aire, la ejecución pasó de ser realizada por dos operarios a ser ejecutada por uno. La conversión en la posicionadora es la ruta crítica de la conversión, en la **figura 9** se muestra en cronograma y los recursos humanos necesarios.

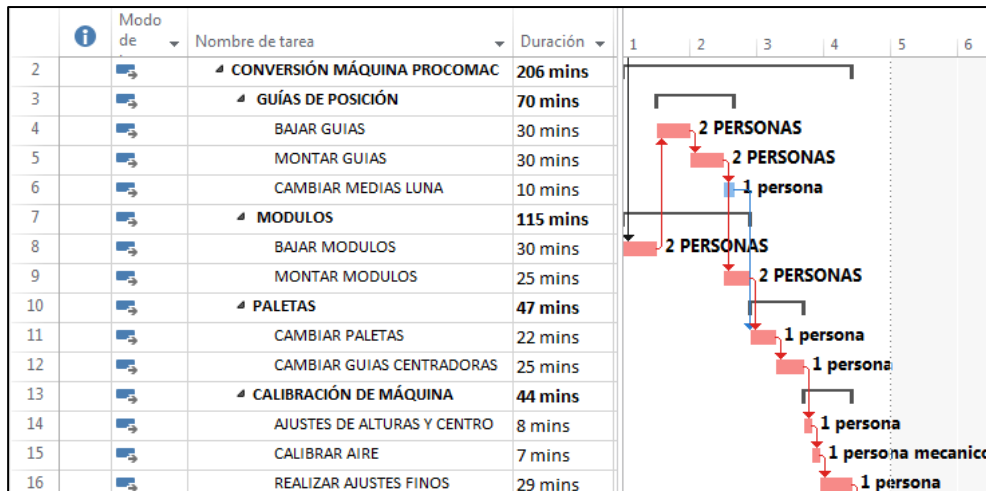


Figura 9 Conversión Máquina Posicionadora (sin mejorar máquinas)

En la máquina etiquetadora, el maquinista tiene una actividad adicional en comparación a la situación sin proyecto, ahora debe realizar el ajuste de rieles entre la etiqueta y el bloque, ya que la conversión en esta máquina requiere menor tiempo en comparación a las demás y puede aprovecharse el recurso humano para hacer otras actividades. En la **figura 10** se establece el cronograma y los recursos humanos necesarios.

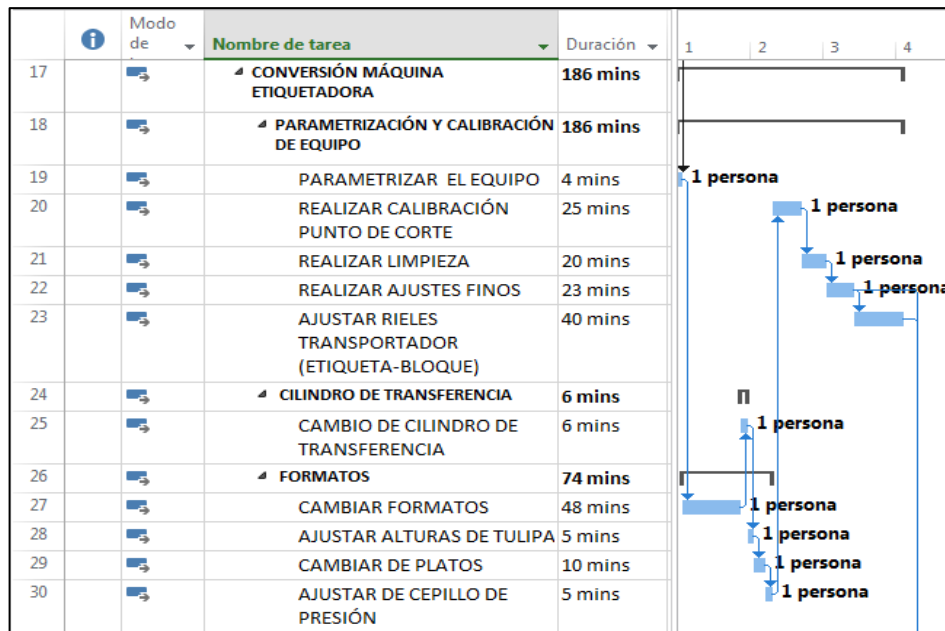


Figura 10 Conversión Etiquetadora (sin mejorar máquinas)

En el bloque de llenado, se realizaran actividades paralelamente como el desmontaje de formatos y la preparación del jabón, siendo estas ejecutadas por un operario y un maquinista, cada uno en una operación. El ajuste de la altura del codificador

realizada por un mecánico mientras el maquinista ejecuta el desmonte de formatos. En la **figura 11** se muestra en cronograma y distribución de recursos humanos.

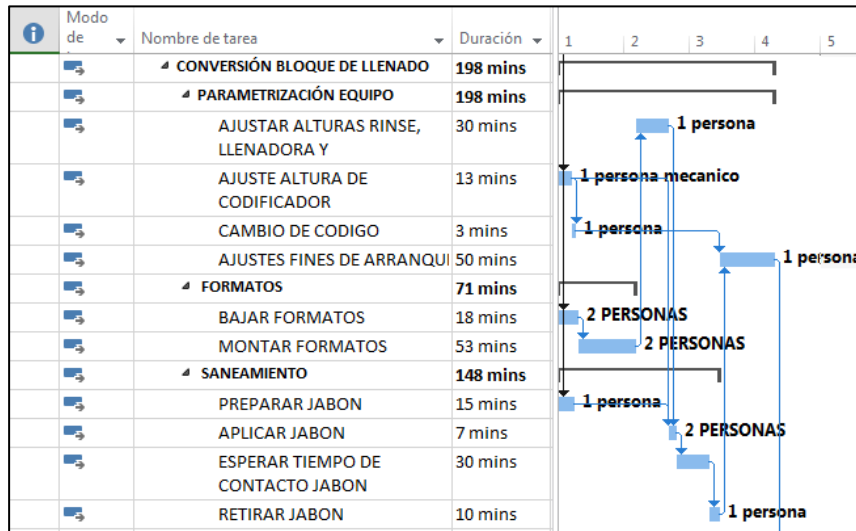


Figura 11 Conversión Bloque de llenado (sin mejorar máquina)

En la máquina enfardadora, el maquinista tiene como actividad adicional el ajuste de rieles entre procomac y etiqueta, de esta forma se aprovecha mejor el recurso y se optimiza tiempo. La **figura 12** muestra el cronograma y recursos humanos necesarios.

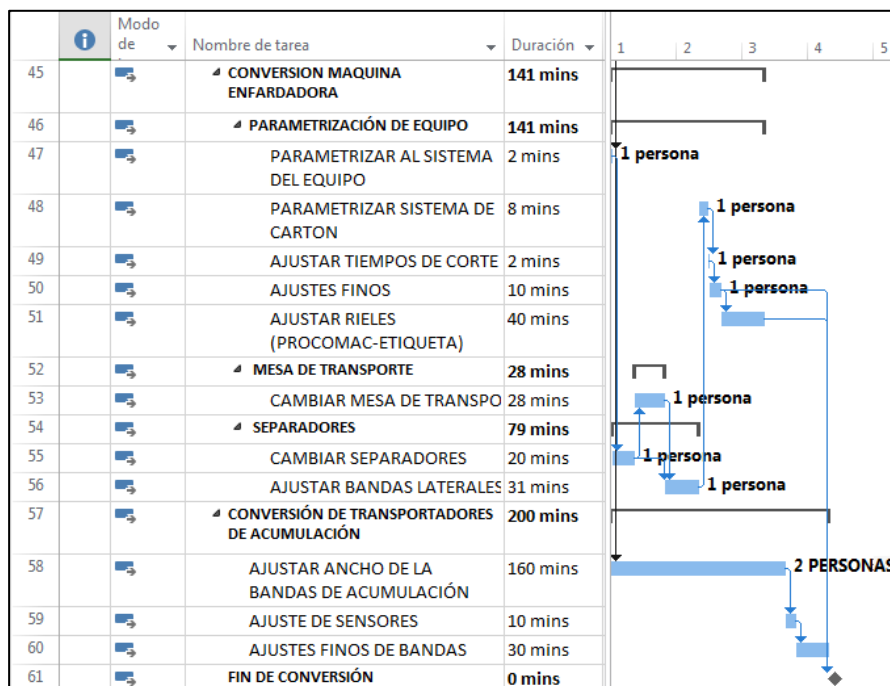


Figura 12 Conversión Máquina Enfardadora y Transportadores (Sin mejorar máquina)

En la metodología es importante tener en cuenta que a medida que se van finalizando los entregables las personas se direccionan a apoyar la conversión y ajustes de los transportadores de acumulación. Por medio de la realización de actividades paralelas y la asignación de herramientas apropiadas, el tiempo total de la conversión disminuye considerablemente.

2.5.2. Paquetes de trabajo por entregable para la situación con proyecto realizando las mejoras en las máquinas.

Con la implementación de las mejoras propuestas en el numeral 2.2 las actividades disminuirán en la duración de su ejecución como se indica a continuación:

Para la posicionadora la mejora más relevante es tener un acceso adicional a las guías y módulos, que permita realizar montaje y desmonte en paralelo, de esta forma disminuir los tiempos de conversión. Es importante tener en cuenta que en la situación con proyecto mejorando máquina, la posicionadora deja de ser la ruta crítica en la conversión. En la **figura 13** se especifica el cronograma y los recursos humanos

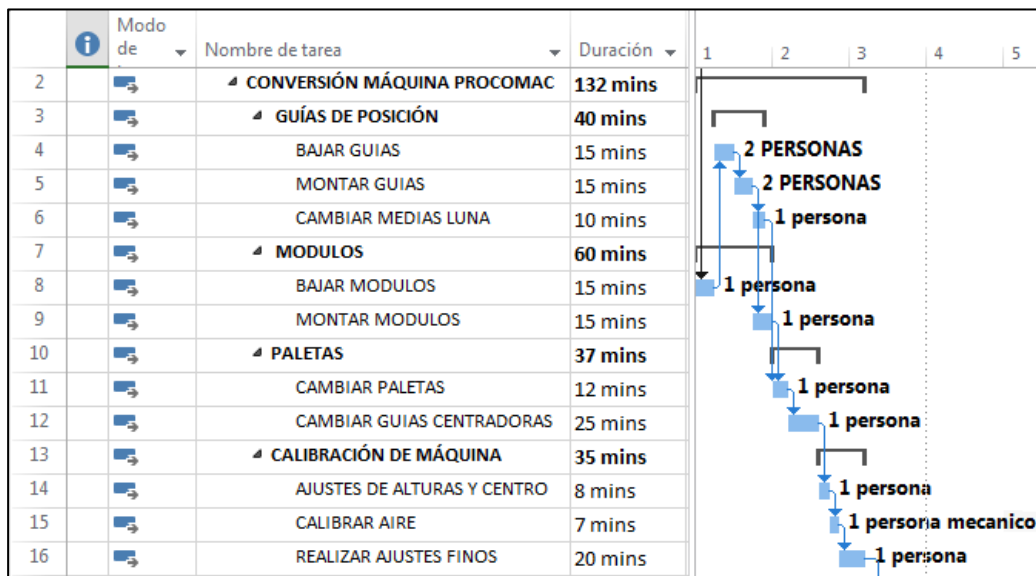


Figura 13 Conversión Máquina Posicionadora (Mejorando Máquina)

Para el entregable “conversión máquina etiquetadora”, la mejora en la disminución de tiempos se atribuye a la activación del sistema automático de conversión de rieles en los transportadores aéreos entre la etiquetadora y la llenadora. En la **figura 14** se especifica el cronograma y los recursos humanos.

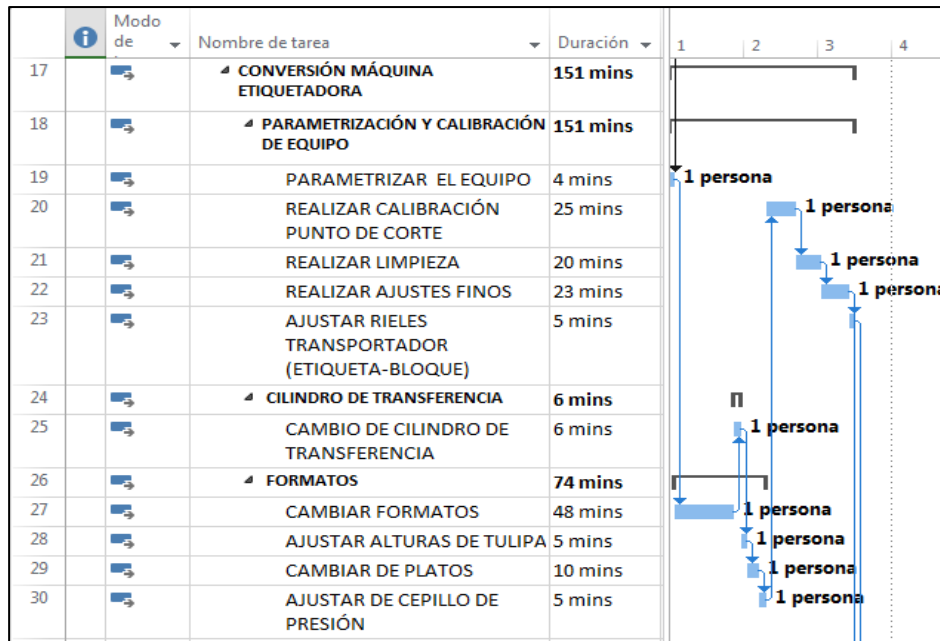


Figura 14 Conversión Etiquetadora (Mejorando máquina)

En el bloque de llenado la mejora se direcciona a la activación del sistema automático de alturas de rinse, llenadora y tapadora. En la **figura 15** se especifica cronograma y recursos humanos necesarios

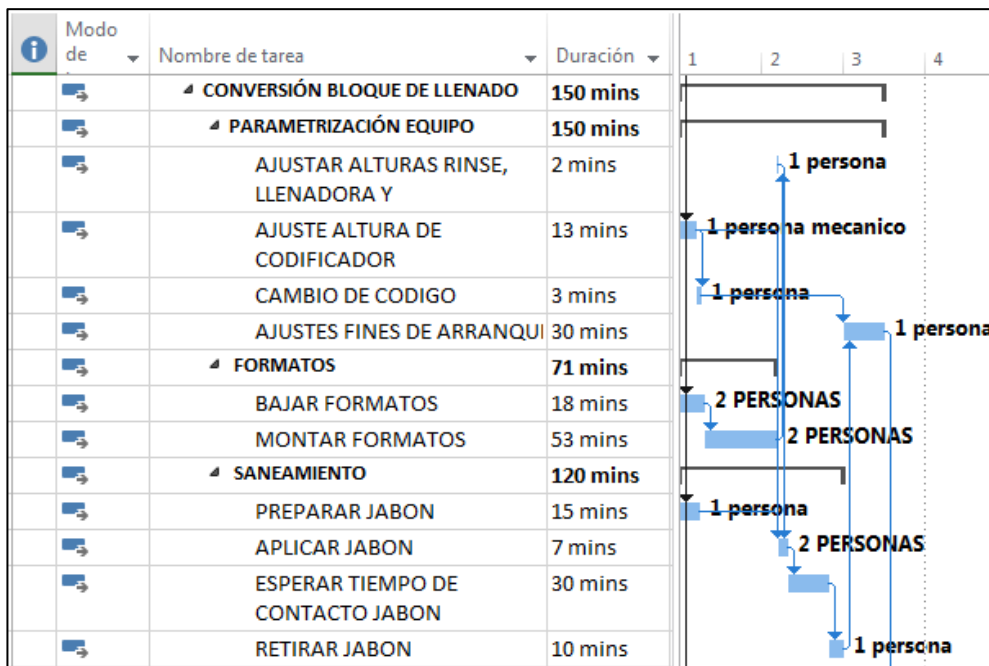


Figura 15 Conversión Bloque de llenado (Mejorando máquina)

La conversión de la máquina enfardadora y transportadores de acumulación, refleja una disminución de tiempos debido a la activación del sistema automático de

conversión de rieles en los transportadores aéreos entre la Posicionadora y la etiquetadora y los transportadores de acumulación se convierten en la ruta crítica. En la **figura 16** se especifica cronograma y recursos humanos necesarios.

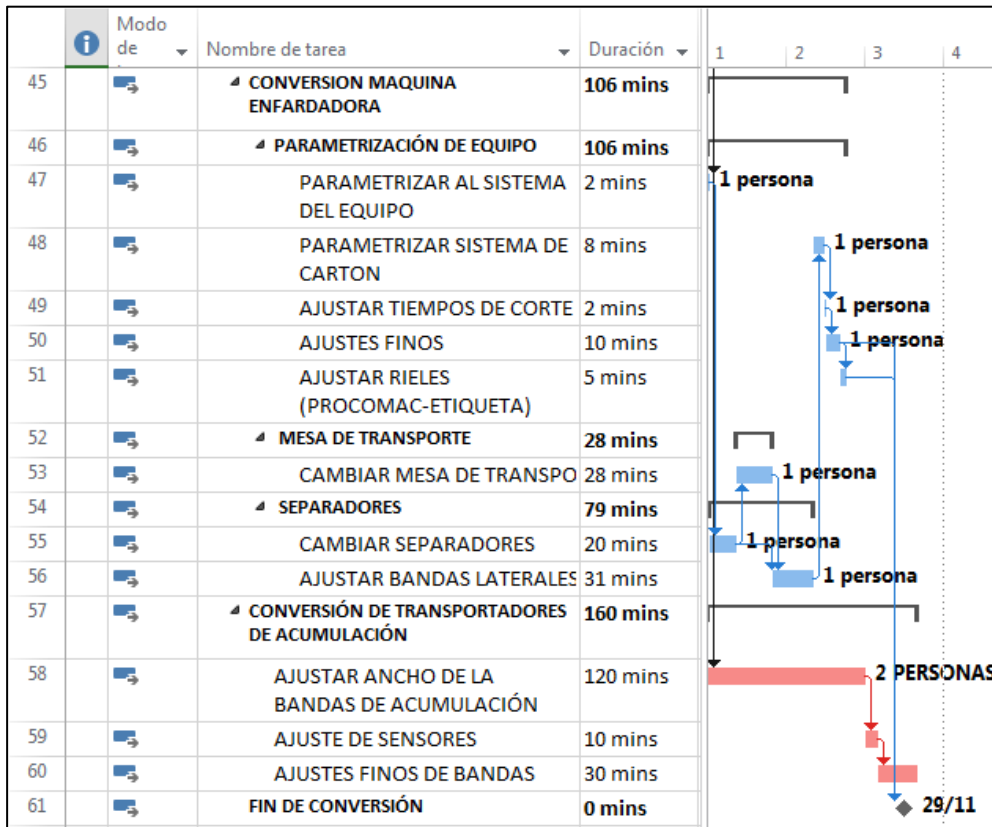


Figura 16 Conversión Máquina Enfardadora y Transportadores (Mejorando máquina)

La nueva distribución de recursos y secuencia de actividades sumado a la realización de mejoras en máquinas permiten lograr un tiempo de conversión de línea de 160 minutos. En la **tabla 10** se resumen los resultados de los tiempos de conversión en la situación sin proyecto, la situación con proyecto sin mejorar máquinas y la situación con proyecto realizando las mejoras en las máquinas.

Tabla 10 Comparativo de tiempos mejorados en la conversión de la línea de producción

SITUACIÓN	TIEMPO (minutos)
CONVERSIÓN ESTADO ACTUAL (SIN PROYECTO)	360
CONVERSIÓN CON PROYECTO SIN MEJORA DE MÁQUINAS	206
CONVERSIÓN CON PROYECTO CON MEJORA DE MÁQUINAS	160

Se observa que aplicando la nueva metodología sin mejorar las máquinas se logra pasar de 360 a 206 minutos con una disminución del 43% y realizando las mejoras en las máquinas se disminuye hasta 160 minutos, es decir, un 55 % menos de tiempo frente a la situación sin proyecto.

2.5.3. Gestión de Stakeholders

Gran parte de la estrategia se basa en gestionar adecuadamente los stakeholders para contar con su participación y contribución, es necesario iniciar un proceso de capacitación sobre la metodología, direccionado principalmente al personal de producción, mantenimiento y calidad, por tener gestión directa en la gestión de actividades en la conversión de la línea.

2.6. Evaluación de los costos y beneficios obtenidos

Los resultados en la disminución de los tiempos de conversión generan mayor disponibilidad de la línea para entregar producto, los resultados arrojan que para la situación con proyecto sin realizar las mejoras en las máquinas se disminuyen los tiempos de cada conversión 154 minutos (2,56 horas) y para la situación con proyecto realizando las mejoras en las máquinas se disminuyen 200 minutos (3,33 horas). Teniendo en cuenta que en la situación sin proyecto se están generando agotados en el mercado de la presentación PET 600 por falta de capacidad en la línea de producción, los beneficios se van a calcular de acuerdo a la cantidad adicional de producto entregado por el tiempo ahorrado en las conversiones y los ingresos recibidos (precio de venta* cantidad producto) de la venta del producto (presentación PET 600). La **tabla 11** resume los beneficios obtenidos teniendo en cuenta la cantidad de producto adicional que se puede entregar y los ingresos equivalentes.

Tabla 11 Beneficios obtenidos

SITUACIÓN CON PROYECTO	TIEMPO GANADO (MIN)	CONVERSIONES/ MES	VELOCIDAD DE LA LÍNEA (BOT/MIN)	EFIC. PRODUCCIÓN	UNID ADICIONALES PRODUCIDAS / MES	PRECIO VENTA UNITARIO	INGRESOS/ MES	INGRESOS AÑO
SIN MEJORAR MÁQUINAS	154	8	350	70%	301840	\$ 1.333	\$ 402.453.333	\$ 4.829.440.000
MEJORANDO MÁQUINAS	200	8	350	70%	392000	\$ 1.333	\$ 522.666.667	\$ 6.272.000.000

El presupuesto invertido tiene un valor muy bajo frente a los ingresos que representan las unidades adicionales producidas. El proyecto tiene un periodo de retorno inmediato al implementar la metodología de planificación estratégica en las conversiones de una línea de producción.

3. CONCLUSIONES

La formulación de la metodología de planificación estratégica en las conversiones de una línea de producción bajo los lineamientos pmbok, permite disminuir los tiempos utilizados para realizar una conversión en una línea de producción y alcanzar el objetivo del proyecto.

Para disminuir los tiempos de conversión es necesario tener en cuenta dos aspectos fundamentales. 1) Las mejoras en la distribución de personal, actividades, secuencias y la asignación de herramienta y 2) el mejoramiento de las máquinas. Si se ejecuta la primera alternativa en la situación con proyecto sin el mejoramiento de máquinas, se disminuye el tiempo de conversión de 360 a 206 minutos, equivalente a una disminución de tiempo del 43% y si se realizan las mejoras de máquinas el tiempo estimado de conversión es de 160 minutos equivalente a una disminución del 55%.

Para situación con proyecto sin el mejoramiento de máquinas la ruta crítica es la máquina posicionadora y para la situación con proyecto con el mejoramiento de máquinas la ruta crítica son los transportadores de acumulación.

En la ejecución de la conversión es importante hacer un seguimiento estricto a cada entregable y paquete de trabajo, durante la conversión se ejecutan varias actividades en paralelo y el retraso de alguna de ellas debe gestionarse oportunamente o podría generar una nueva ruta crítica en la conversión.

En la situación con proyecto sin el mejoramiento de las máquinas el aumento de tiempo en la disponibilidad de la línea por mes es de 1.232 minutos, equivalente a 301.840 unidades de producto adicionales para la venta que con un ingreso de \$ 402.453.333 y para la situación con proyecto realizando mejoras en las máquinas se tiene un tiempo adicional de 1.600 minutos por mes equivalente a 392.000 unidades de producto adicionales para la venta con un ingreso de \$ 522.666.667.

La Gestión de los Stakeholders en este proyecto requiere de un esfuerzo y atención relevante, para la aplicación de la metodología es necesario que los supervisores, auxiliares y operarios del área técnica tengan total claridad del procedimiento en la ejecución de una conversión para poder gestionar adecuadamente las actividades, su secuencia, el tiempo y recursos (personal y herramienta).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Sánchez Guailupo V. Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta procesadora de alambres de acero (Trabajo de Grado). (2002). Facultad de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. 159 p.

[2] Rodriguez Tomas, I. (Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas (Tesis de Maestría). (2011). Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Instituto Politécnico Nacional. México D.F. 87-89 p.

[3] Padre Pasco, J. Aumento de productividad en línea de fabricación de brochas a través de la reducción de paradas. (2010). Coordinación de Ingeniería de Producción y Organización Empresarial, Universidad Simón Bolívar. Sartenejas. 14 p.

[4] Flores Ortiz, M. Optimización de la producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A (Trabajo de Grado). (2009). Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 55 p-

[5] Medina G, L. y Mejías P, R., Diseño de un plan de acción para la mejora del proceso productivo de una empresa embotelladora de agua mineral, ubicada en el estado Miranda (Trabajo de Grado). (2013). Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello. Miranda. 26-36 p.

[6] Cuc Cab, A. Aplicación de la técnica SMED en la fabricación de envases aerosoles (Trabajo de Grado). (2005). Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. 37-45 p.

[7] Pérez Lopez, E. y García Cerdas, M., (2014). Implementación de la metodología DMAIC- Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. En: file:///C:/Users/gcpraccp/Downloads/Dialnet-ImplementacionDeLaMetodologiaDMAICSeisSigmaEnEIEEnv-4896365.pdf (6 de diciembre del 2016)

[8] Project Management Institute. (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (5 Ed). Newtown Square, Pensilvania. Project Management Institute, Inc.