

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA PARA REDUCIR EL TIEMPO PERDIDO EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE LA EMPRESA LEVAPAN S.A.**

**LEIDY JOHANA LLANOS ESPINOSA
DIANA PAOLA CAPERA ROJAS**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL – VALLE
2019**

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA PARA REDUCIR EL TIEMPO PERDIDO EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE LA EMPRESA LEVAPAN S.A.**

**LEIDY JOHANA LLANOS ESPINOSA
DIANA PAOLA CAPERA ROJAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:
MSc. JULIÁN GONZÁLEZ VELASCO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL – VALLE
2019**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL: ÁREA DE CORTE, PROCESO PRODUCTIVO DE LEVADURA Y DIMENSIÓN DEL PROBLEMA	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE CORTE	16
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	16
1.2.1 Terminación del producto en la línea 1 y línea 2, por presentaciones de 500 gramos	17
1.2.2 Terminación del producto en la línea ESSE-GI para presentación por bulto	18
1.3 ANÁLISIS PRELIMINAR DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS	18
1.3.1 Productividad de las líneas de producción	20
1.3.2 Priorización de las causas.....	23
2 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA COMO PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA	27
2.1 SMED	27
2.1.1 Preparación de Precapa.....	27
2.1.2 Cambio de Rollo.....	32
2.1.3 Cambio de tanque	39
2.1.4 Cambio de referencia	43
2.1.5 Cambio de alambre	44
2.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM	45
2.2.1 Pasos para la implementación del TPM	48
2.2.1.1 Mantenimiento autónomo	51
2.2.1.2 Mantenimiento planificado	53
3 SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE SMED Y TPM	57
3.1 MODELO DE SIMULACIÓN SITUACIÓN ACTUAL	57
3.2 SIMULACIÓN DE SITUACIÓN PROPUESTA.....	62
3.3 RESULTADOS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN	64
3.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	68
4 CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recorrido de la levadura para presentación comercial de 500 gr.	18
Figura 2. Recorrido de la levadura para presentación comercial por bulto	19
Figura 3. Ciclo de éxito del mantenimiento autónomo.....	52
Figura 4. Aplicación de la metodología 5´S.....	53
Figura 5. Propuesta de mejora para el formato de la base de datos por fallas mecánicas	55
Figura 6. Modelo de simulación actual en Arena L1.....	58
Figura 7. Experimento de simulación actual en Arena L1	58
Figura 8. Modelo de simulación actual en Arena L2.....	59
Figura 9. Experimento de simulación actual en Arena L2	59
Figura 10. Modelo de simulación actual en Arena Esse gi.....	60
Figura 11. Experimento de simulación actual en Arena Esse gi.....	60
Figura 12. Reporte de resultados del modelo actual L1	61
Figura 13. Reporte de resultados del modelo actual L2	61
Figura 14. Reporte de resultados del modelo actual Esse gi	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándar de producción diario	13
Tabla 2 Maquinaria en el área de Corte	17
Tabla 3. Estándar de tiempo de paro en condiciones normales de producción	19
Tabla 4. Producción de levadura por hora	19
Tabla 5. Categorización de paros de tiempo	23
Tabla 6. Tiempo perdido total por categoría en L1.....	25
Tabla 7. Tiempo perdido total por categoría en L2.....	25
Tabla 8. Tiempo perdido total por categoría en ESSE-GI	26
Tabla 9. Identificación de operaciones de la elaboración de Precapa.....	30
Tabla 10. Identificación de operaciones internas y externas para la preparación de precapa	30
Tabla 11 Conversión de operaciones internas a externas para la preparación de precapa	31
Tabla 12 Mejorar las operaciones internas y externas para la preparación de precapa	32
Tabla 13. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la L1	35
Tabla 14. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la L2	35
Tabla 15. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la Esse gi	35
Tabla 16. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la L1	35
Tabla 17. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la L2	36
Tabla 18. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la Esse gi.....	36
Tabla 19. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la L1	37
Tabla 20. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la L2	37
Tabla 21. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la Esse gi.....	37
Tabla 22. Propuesta de actividades para el cambio de rollo de la Esse gi.....	39
Tabla 23. Identificación de operaciones para cambio de tanque.....	41
Tabla 24. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de tanque	42
Tabla 25. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de tanque	42
Tabla 26. Descripción de las seis grandes pérdidas	45
Tabla 27. Pasos para la implementación del mantenimiento planificado	54

Tabla 28. Tiempos de paro situación actual y propuesta L1	62
Tabla 29. Tiempos de paro situación actual y propuesta L2	63
Tabla 30. Tiempos de paro situación actual y propuesta Esse gi.....	63
Tabla 31. Costo de unidades.....	68
Tabla 32. Costo de unidades dejadas de producir L1	68
Tabla 33. Costo de unidades dejadas de producir L2	68
Tabla 34. Costo de unidades dejadas de producir Esse gi	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea 1	20
Gráfico 2. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea 2	21
Gráfico 3. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea ESSE-GI	21
Gráfico 4. Tiempo productivo perdido en L1 durante el primer semestre de 2018	21
Gráfico 5. Tiempo productivo perdido en L2 durante el primer semestre de 2018	22
Gráfico 6. Tiempo productivo perdido en la ESSE-GI durante el primer semestre de 2018	22
Gráfico 7. Tiempo promedio de elaboración de Precapa L1	28
Gráfico 8. Tiempo promedio de elaboración de Precapa L2	28
Gráfico 9. Tiempo promedio de elaboración de precapa ESSE-GI	28
Gráfico 10. Tiempo promedio de cambio de rollo L1.....	33
Gráfico 11. Tiempo promedio de cambio de rollo L2.....	33
Gráfico 12. Tiempo promedio de cambio de rollo ESSE-GI	34
Gráfico 13. Tiempo promedio de cambio de tanque para la L1.....	40
Gráfico 14. Tiempo promedio de cambio de tanque para la L2.....	40
Gráfico 15. Tiempo promedio de cambio de tanque para la Esse-gi.....	41
Gráfico 16. Tiempo promedio de cambio de referencia L1.....	43
Gráfico 17. Tiempo promedio de cambio de referencia en L2.....	44
Gráfico 18. Tiempo promedio de cambio de referencia en la línea ESSE-GI...	44
Gráfico 19. Tiempo promedio de cambio de alambre para la L1.....	45
Gráfico 20. Tiempo promedio de cambio de alambre para la L2.....	45
Gráfico 21. Fallas mecánicas en L1	47
Gráfico 22. Fallas mecánicas en L2	47
Gráfico 23. Fallas mecánicas en la línea ESSE-GI	47
Gráfico 24. Comparación de la situación actual vs escenario 1 en toneladas..	64
Gráfico 25.Comparación de la situación actual vs escenario 2 en toneladas...	65
Gráfico 26.Comparación de la situación actual vs escenario 3 en toneladas...	65
Gráfico 27.Comparación de la situación actual vs escenario 4 en toneladas...	66
Gráfico 28. Comparación de la situación actual versus escenarios de la L1 en unidades.....	66
Gráfico 29. Comparación de la situación actual versus escenarios de la L2 en unidades.....	67

Gráfico 30. Comparación de la situación actual versus escenarios de la ESSE GI en unidades..... 67

ANEXOS

ANEXO 1. TIPOS DE PARO POR CADA LÍNEA	75
ANEXO 2. DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO PARA CADA LÍNEA	78
ANEXO 3 PRIORIZACIÓN DE LAS CAUSAS DE PARO	81
ANEXO 4. ESTUDIO DE TIEMPOS	87
ANEXO 5. FOTOGRAFIA DE LA BASE DEL ROLLO L2.....	90
ANEXO 6. FORMATO DE DIGILENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO	91
ANEXO 7. REPORTE DE RESULTADOS DE LA LÍNEA 1.....	92
ANEXO 8. REPORTE DE RESULTADOS DE LA LÍNEA 2.....	94
ANEXO 9. REPORTE DE RESULTADOS DE LA ESSE-GI.....	96

GLOSARIO

Bomba de vacío: Aspira todos los líquidos separándolo de los sólidos.

Cava: Cuarto de almacenamiento de líquidos (cremas para conservar el producto a temperatura deseada).

Crema: La levadura líquida con un 20% de sólidos.

Despilfarro: Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente.

Fermentador: Es un tanque de 8 metros de diámetro por 16 metros de alto, donde se mezclan todos los insumos para obtener una mezcla uniforme de levadura.

Filtro rotatorio al vacío: Equipo mecánico diseñado para filtrar productos, en este caso separar el líquido del sólido por medio de la técnica de vacío.

Levadura: Nombre genérico de ciertos hongos unicelulares, de forma ovoidea, que se reproducen por gemación o división. Suelen estar unidos entre sí en forma de cadena, y producen enzimas capaces de descomponer diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares, en otros más sencillos.

Levadura de panadería: *Saccharomyces cerevisiae*. Especie de levadura utilizada industrialmente para la producción de pan, vino y cerveza.

Mantenimiento autónomo: sistema de mantenimiento que define las tareas que realizan los operarios de producción y que, en general son: limpieza, lubricación y chequeo (apriete tornillos).

Mantenimiento preventivo: Es la reducción del número de paradas como consecuencia de averías imprevistas. En su planteamiento tradicional, se basa en paradas programadas para realizar una inspección detallada que evite fallos posteriores.

Manufactura esbelta: Conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

Melaza: Sustancia espesa, dulce y de color oscuro que queda como residuo de la cristalización del azúcar de caña.

Pastilla: Bloque de levadura por una libra.

PLC: Programmable Logic Controller. Controlador lógico programable. Es una computadora utilizada para controlar de forma automática distintos procesos maquinas.

Precapa: Es una capa filtro hecha a base de almidón de papa para eliminar el agua de la crema.

Salmuera: Agua saturada de sal.

SMED: Siglas que corresponden a Single Minute Exchange of Die o cambio rápido de herramienta. Se trata de una metodología de mejora, cuyo objetivo es disminuir el tiempo de preparación o set up.

Sprayers: Boquillas que expulsan agua a alta presión formando un rocío para lavar la sal de la levadura en el filtro rotatorio al vacío.

Struder: Es un molino (tornillo sin fin) que sirve para compactar la levadura, de modo que salga en un solo bloque.

Tolva: Caja en forma de cono invertido (embudo) y abierta por abajo, dentro de la cual se echan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las

piezas del mecanismo destinado a triturarlos, molerlos, limpiarlos y compactarlos.

Tornillo Sin fin: Dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí, mediante un sistema de dos piezas: el tornillo y la corona.

INTRODUCCIÓN

La optimización y mejora continua de procesos se hace indispensable en cualquier empresa en la actualidad ya que son estas herramientas las que permiten alcanzar estándares de servicio para mantener su operación (Gacharná Sanchez & González Negrete, 2013).

En ese mismo sentido, la mejora continua permite reducir costos, reducir desperdicios, reducir el índice de contaminación al medio ambiente, reducir tiempos de espera, aumentar los índices de satisfacción de los clientes, aprovechar al máximo la capacidad intelectual de todos los empleados, manteniéndolos al mismo tiempo motivados y comprometidos con la organización (Lefcovich, 2004). El objetivo final de mejorar continuamente los métodos de trabajo es aumentar la productividad al aumentar la capacidad de producción de las distintas operaciones (Gaither & Frazier, 2000).

El desarrollo de planes de mejoramiento en los procesos productivos se ha convertido en un factor determinante para que las empresas puedan mantenerse vigentes y competitivas en el mercado. Como consecuencia, y en respuesta a las exigencias del entorno comercial, se han diseñado métodos y herramientas que permiten estudiar la situación actual de la organización, identificando problemáticas y oportunidades de mejora para optimizar sus procesos e incrementar la productividad.

En las últimas dos décadas, en Colombia, algunas empresas le han apostado a la filosofía Lean Manufacturing como método para la aplicación de la mejora continua, evidenciando cambios sustanciales en su organización y producción. Esto ha servido de referente para empresas que actualmente experimentan cambios negativos en su actividad debido a que su capacidad de respuesta a las exigencias del mercado es muy limitada, en virtud de lo expuesto se ha reconocido la importancia y necesidad de adoptar en su cultura la mejora continua.

El Lean Manufacturing, o manufactura esbelta, surge a partir de la cultura que adoptaron las empresas japonesas que tenían como objetivo aplicar mejoras en la planta de fabricación y que consiguieron mejorar los resultados tanto en los puestos de trabajo como en las líneas de producción (Vizán Idoipe & Hernández Matías, 2013)

En el presente trabajo, se expondrá el caso de la Compañía Nacional de Levaduras LEVAPAN S.A, una empresa multilatinas de origen colombiano, dedicada a la producción y comercialización de levadura y sus extractos, grasas, aderezos y salsas, mermeladas, conservas de frutas y vegetales, y demás soluciones para bizcochería y nutrición animal.

La sede principal de LEVAPAN, se encuentra ubicada en el municipio de Tuluá, Valle del Cauca, donde se fabrica levadura fresca y en polvo y, proteínas para nutrición animal; ubicación que la favorece ya que es una región productora de caña de azúcar, de donde se extrae la melaza, materia prima fundamental en la

elaboración de la levadura y con una estratégica localización geográfica cerca al puerto de Buenaventura, que permite optimizar los procesos de distribución para su comercialización (Durán, 2017).

Desde hace dos años, la empresa LEVAPAN S.A creó el área de Mejoramiento Continuo, una división dedicada exclusivamente a la optimización de sus procesos para garantizar la mayor productividad posible en la planta, sin dejar de lado los estándares de calidad exigidos. Desde aquí, se controla y da seguimiento a cada factor que influye, tanto positiva como negativamente en el proceso de producción.

El proceso productivo de levadura fresca en LEVAPAN consta de seis etapas: almacenamiento de melaza, obtención de cultivo de cepas, fermentaciones comerciales, almacenamiento en cava, filtro rotatorio al vacío y corte. En esta última etapa, se cuenta con tres líneas de producción: dos de ellas para elaboración de levadura en pastillas de 500 gramos, y otra para generar levadura en bultos de 16 kilogramos.

En el segundo semestre del año 2017 la planta de LEVAPAN, empieza a dar seguimiento a la frecuencia con la que se presentan algunos paros de tiempo en el área de corte en el proceso de elaboración de levadura fresca. Identifica las posibles causas a esta situación, todas fallas mecánicas las cuales elimina con las inspecciones y reparaciones pertinentes. Sin embargo, el panorama no mejora, los paros son más frecuentes en cada turno y su tiempo de duración aumenta.

Como estrategia para encontrar la raíz de este problema, a principios del año 2018 se empieza a llevar un registro de paros de tiempo, donde se evidencia que dichos paros están relacionados con problemas de estructura organizacional y el manejo operativo de las máquinas.

Como consecuencia del desperdicio de tiempo que esto provoca, la compañía no puede mantener un margen de eficiencia óptimo, lo que lleva a que no se cumpla con el estándar de producción diario establecido en la planta (Ver tabla 1), afectando la rentabilidad y compromiso con los clientes, e impidiendo que se cumpla con el índice de productividad exigido por los accionistas. Además, generan grandes despilfarros de tiempo y materia prima, amenazando en el largo plazo, con comprometer las utilidades y hasta la confiabilidad de la empresa.

Tabla 1. Estándar de producción diario por líneas

Línea	Producción por turno
Línea 1	27.500 Pastillas
Línea 2	33.350 Pastillas
ESSE-GI	900 Bultos

Fuente: Elaboración propia

Con lo previamente expuesto, es necesario desarrollar un plan de acción que contribuya al mejoramiento del proceso por medio de la eliminación y/o

disminución del tiempo perdido ocasionado por los paros, por lo cual en el presente trabajo de grado se define la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué herramientas se pueden implementar en LEVAPAN S.A. para reducir el desperdicio de tiempo en el área de corte y mejorar el aprovechamiento de la capacidad operativa en el proceso de producción de levadura fresca?

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de aplicación de herramientas de manufactura esbelta para disminuir la frecuencia y duración de los paros, mejorando la producción diaria de levadura y contribuyendo al mejoramiento continuo del proceso, considerando únicamente el escenario del área de corte.

El primer paso para cumplir nuestro objetivo es conocer la situación actual del proceso, cuáles son sus fases, sus entradas y salidas. Identificar cuáles son las causas del desperdicio de tiempo y cómo se presenta este. Para ello se eligió el método de observación, para conocer cada paso del operario durante la elaboración de levadura, el tiempo que demora en ejecutar cada actividad y los eventos que ocasionan los paros no programados, así mismo poder identificar los paros que son necesarios.

Con toda la información obtenida del proceso y del problema se procede a priorizar aquellas causas que son más influyentes, haciendo uso del Principio de Pareto, para determinar cuáles herramientas pueden dar mejor solución al problema y proponer su implementación.

Siguiendo lo planteado por William Thomson Kelvin, físico y matemático británico, “lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar”, es de vital importancia medir los beneficios que se pueden obtener con la propuesta, y así verificar su efectividad para poder ser aceptada. Para ello, se simuló el comportamiento actual de las líneas y varios escenarios de cómo se comportaría si la propuesta es implementada. A partir de los datos obtenidos en esta fase, se presenta los resultados y conclusiones, las cuales tienen como fin sustentar la hipótesis desarrollada.

En resumen, dadas las circunstancias, la realización de un estudio de tiempos para LEVAPAN S.A. es de vital importancia ya que le permitirá a la empresa diagnosticar las causas operativas que generan los desperdicios de tiempo y cuantificar los efectos sobre la producción; diseñar un plan de acción para eliminar o minimizar el problema y adicional, identificar y prever situaciones futuras inoportunas relacionadas con la problemática actual.

La metodología propuesta para cumplir cada uno de los objetivos y obtener resultados favorables se describe a continuación (Ver tabla 2).

Tabla 2. Metodología

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACCIONES	HERRAMIENTAS
Caracterizar la situación actual del proceso de producción de levadura fresca en el área de corte	Identificación de las fases del proceso	Estudio de tiempos Método de observación Diagrama de Causa - Efecto Revisión de literatura Principio de Pareto Histogramas
	Identificación de los tipos de paros presentados	
	Toma de tiempos de paros	
	Determinación de las causas	
	Clasificación y priorización de las causas	
	Determinación de herramientas de Lean Manufacturing a implementar	
Definir el método de aplicación de cada una de las herramientas de manufactura esbelta propuestas para la solución del problema	Identificación de las actividades internas y externas en los paros obligatorios en las condiciones normales de operación	Revisión de literatura SMED TPM Mantenimiento autónomo Mantenimiento preventivo
	Obtención de resultados de la propuesta de aplicación de SMED	
	Identificación de los pilares del TPM a incluir en la propuesta	
	Establecer los pasos para implementar TPM	
	Aplicación de Mantenimiento autónomo	
	Aplicación de Mantenimiento preventivo	
Comparar la situación actual vs la propuesta con un software de simulación.	Simulación de la situación actual de las tres líneas de producción	Revisión de la literatura Software Arena Simulation Histogramas
	Simulación de la situación que se obtendría en varios escenarios si se implementa lo propuesto	
	Análisis de costos con los resultados obtenidos en la simulación	

Fuente: Elaboración propia

1. CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL: ÁREA DE CORTE, PROCESO PRODUCTIVO DE LEVADURA Y DIMENSIÓN DEL PROBLEMA

Para el desarrollo del primer objetivo se realiza la identificación del área donde ocurren los paros de tiempo y el recorrido de la levadura en esta, con el fin de determinar todos los factores que interfieren en el proceso de producción. Se hace una breve descripción del equipo y su función; además de un seguimiento a la transformación que tiene la levadura desde el momento en que entra como melaza hasta que sale empacada para la refrigeración y posterior distribución.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE CORTE

La levadura llega desde la Cava, en forma de crema, al área de corte, donde termina su proceso productivo. Aquí, la levadura se solidifica, moldea, corta y empaca.

El proceso en esta área empieza en el filtro rotatorio al vacío, el cual se encarga de deshidratar la crema para que su textura sea menos ligera, y aumente su densidad.

El área de corte tiene tres líneas de producción: Línea 1 (L1), Línea 2 (L2) y ESSE-GI; las cuales son alimentadas por los filtros rotatorios al vacío (FRV). Dado que, la empresa, solo dispone de dos FRV, las tres líneas no funcionan al tiempo. El área de planeación determina las dos líneas que operan en cada turno de acuerdo a las órdenes de producción, ya que la L1 y L2 producen levadura por pastillas, y la línea ESSE-GI la produce por bultos.

En la tabla 3 se detallan las máquinas ubicadas en el área de corte con su respectiva función.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

La melaza de caña de azúcar es la principal materia prima de la levadura que se elabora en LEVAPAN. En el laboratorio se seleccionan levaduras puras o madres. Se efectúa una primera reproducción en medio esterilizado, entretanto las levaduras madres se alimentan de melaza, nitrógeno, oxígeno, vitaminas, fósforo y otros nutrientes.

Cuando la levadura ha consumido todo el alimento pasa a un fermentador, en donde recibe en forma dosificada más sustancias nutritivas, siendo controlado todo el proceso a través de métodos automatizados y pruebas de laboratorio. Durante este proceso la levadura se convierte en crema.

Al salir del fermentador, la crema de levadura es almacenada en el área de Cava donde se garantiza la conservación de las propiedades del producto.

Tabla 3 Maquinaria en el área de Corte

Nombre de la máquina	Función	Unidades
Filtro Rotatorio al vacío	Deshidratar la crema de levadura.	2
Struder	Homogenizar la levadura, dar la forma de bloque.	2
Cortadora	Cortar la levadura en pastillas de un kilogramo.	2
Proconor	Envolver la pastilla de levadura en papel parafinado.	2
Detector de metales	Detecta contaminantes y cuerpos extraños en el producto.	2
Edos	Empaca las pastillas de levadura en cajas de cartón por 50 unidades.	2
Empacadora ESSE-GI	Moldea, llena y sella el bulto de levadura.	1

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, la crema es bombeada al área de filtro, pasando por el tanque pulmón donde se le agrega la salmuera para la deshidratación en el filtro rotatorio al vacío. La crema debe quedar con un contenido de agua entre 68 y 70% A partir de este punto, el proceso presenta variaciones dependiendo de la línea de producción que se vaya a operar.

1.2.1 Terminación del producto en la línea 1 y línea 2, por presentaciones de 500 gramos

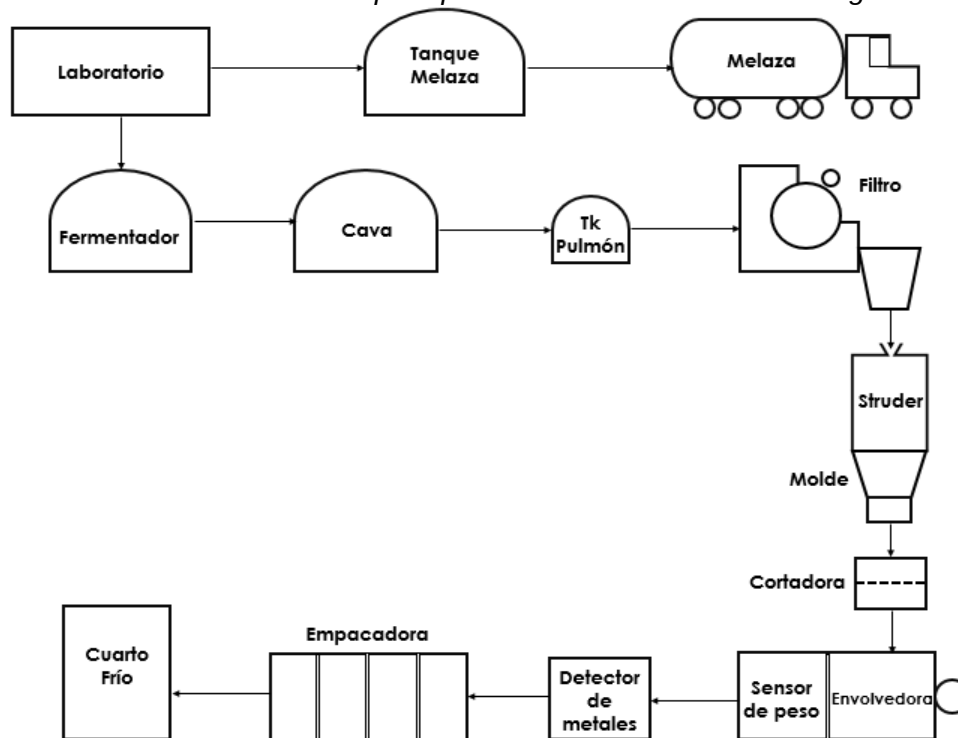
En la figura 1 se detalla el recorrido de la materia prima para la elaboración de levadura fresca por 500 gramos en LEVAPAN.

La crema de levadura es raspada y enviada al Struder, en donde se adiciona aceite de maíz y agua para la homogenización. La mezcla, es conducida hacia un molde en forma rectangular donde seguidamente pasa por un sistema de cuchilla donde se corta en bloques por 500 gramos.

Por medio de una banda transportadora, los bloques llegan al sistema de envoltura automática en papel parafinado. Luego pasan por un sensor de peso, donde las unidades que no cumplen con el peso aceptable son reprocesadas, y las aprobadas continúan por la banda hasta el detector de metales.

Cuando se pasan estos dos controles las pastillas son empacadas en cajas por 50 unidades. Por último, se almacenan en un cuarto frío para mantener una temperatura inferior a los 5° C.

Figura 1. Recorrido de la levadura para presentación comercial de 500 gr.



Fuente: Elaboración propia

1.2.2 Terminación del producto en la línea ESSE-GI para presentación por bulto

El recorrido para la elaboración de levadura fresca en presentación por bulto de 16 Kg en LEVAPAN se aprecia en la figura 2.

En el filtro rotatorio al vacío la crema de levadura es raspada y cae al sin fin, el cual traslada la levadura hasta el tubo formador, donde se da forma al empaque, se llena y se sella. Luego este es transportado por una banda hasta el codificador de empaque.

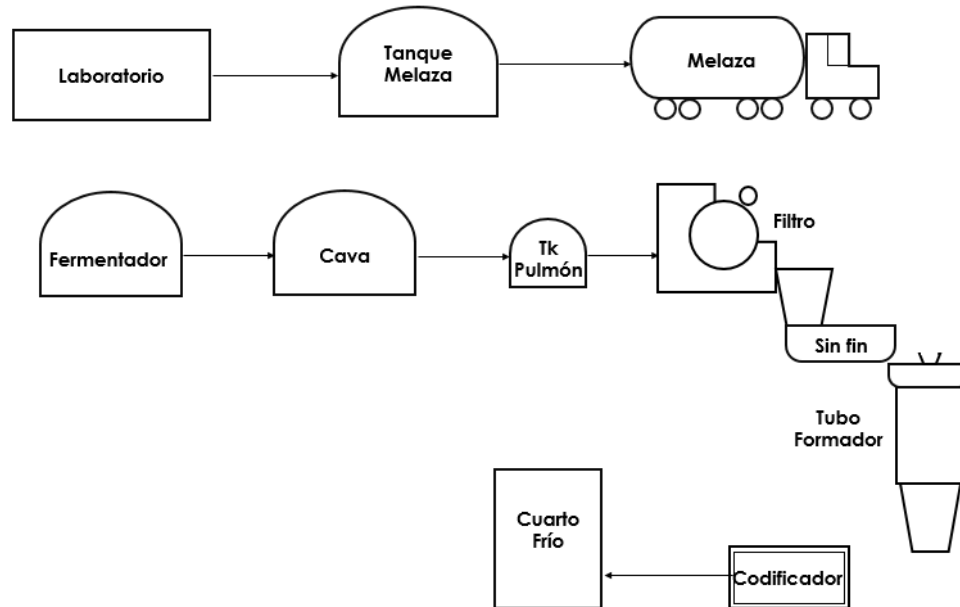
Por último, los bultos son estibados y almacenados por el operario, en el cuarto frío.

1.3 ANÁLISIS PRELIMINAR DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS

El área de producción opera todo el día durante turnos de ocho horas. Sin embargo, la organización tiene definido que el tiempo productivo por turno es de siete horas, ya que se descuenta un estándar de tiempo de paro bajo condiciones normales de operación (ver tabla 4), y treinta minutos de descanso que tiene cada operario durante el turno.

De acuerdo con la capacidad de producción de cada línea en el área de corte y a su demanda, la organización ha establecido un estándar de producción por hora (ver tabla 5).

Figura 2. Recorrido de la levadura para presentación comercial por bulto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Estándar de tiempo de paro en condiciones normales de producción

Motivo del paro	Tiempo estándar (min)
Preparación precapa	35
Cambio de rollo L1 y L2	3
Cambio de rollo ESSE-GI	10
Cambio de tanque	10
Total	58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Producción de levadura por hora

Línea	Capacidad de producción (Unidades/hora)	Estándar de producción (Unidades/hora)
L1	3600	3571
L2	4800	4764
ESSE-GI	132	128

Fuente: Adaptado de información organizacional de LEVAPAN S.A.

Como consecuencia de los frecuentes paros de tiempo, el estándar de producción no se cumple, lo que afecta directamente el rendimiento de la empresa.

1.3.1 Productividad de las líneas de producción

Con el objetivo de determinar en cuanto afecta a la productividad el desperdicio de tiempo ocasionado por los paros, se realizó un análisis a este indicador. LEVAPAN tiene como meta organizacional que su productividad sea del 100%.

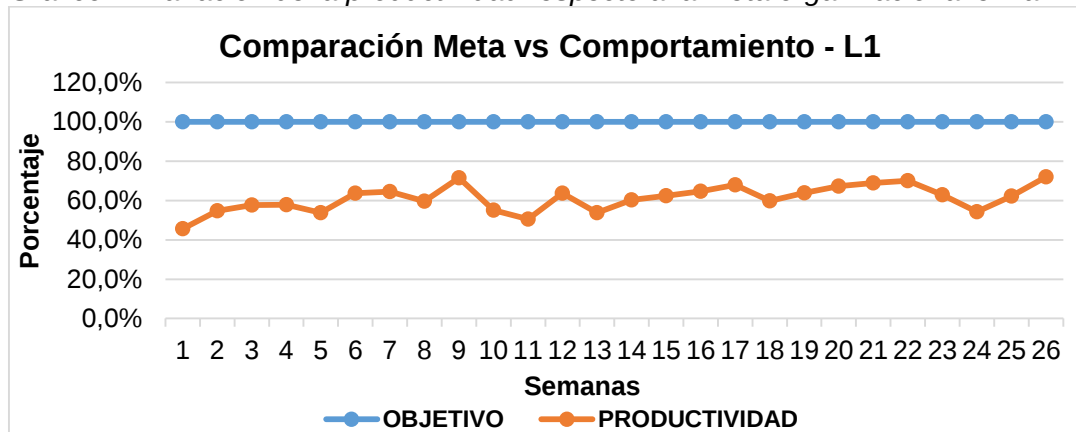
Los gráficos 1, 2 y 3 representan el comportamiento de la productividad en cada una de las líneas de producción, por semana durante el primer semestre del 2018 y se compara con su respectiva meta.

En el análisis se puede evidenciar que, durante el periodo estudiado, la productividad no llegó a cumplir la meta en ninguna semana, presentando cifras críticas que revela la necesidad de minimizar el tiempo perdido a causa de los paros para no comprometer el cumplimiento de la empresa a las órdenes de pedido de los clientes.

Seguidamente, se analizó el Delay, el cual indica el porcentaje de tiempo productivo que se pierde debido a los paros. La empresa tiene como meta que este indicador no sea mayor al 10%. Los gráficos 4, 5 y 6 muestran los resultados del análisis del Delay en la L1, L2 y ESSE-GI respectivamente.

Como se aprecia en el grafico 5, el tiempo productivo perdido de la línea dos superó el límite definido por la empresa durante el 96% del periodo analizado. Aunque en la línea 1, (Ver gráfico 4), el Delay estuvo dentro del límite durante más semanas, presentó picos que sobrepasaban el 20%. La línea ESSE-GI, fue la que presentó el Delay más bajo de las tres, sin embargo, también tuvo tiempos críticos alcanzando el 27% en una de las semanas analizadas.

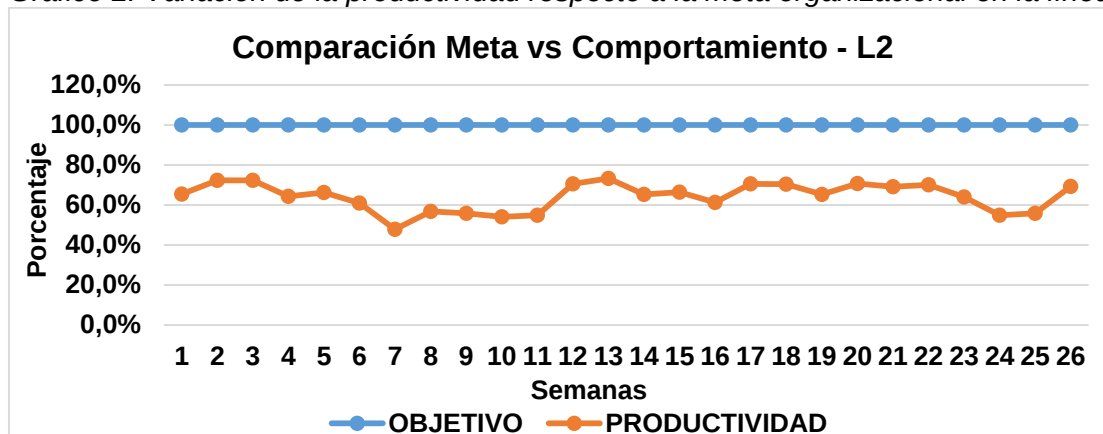
Gráfico 1. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea 1



Fuente: Elaboración propia

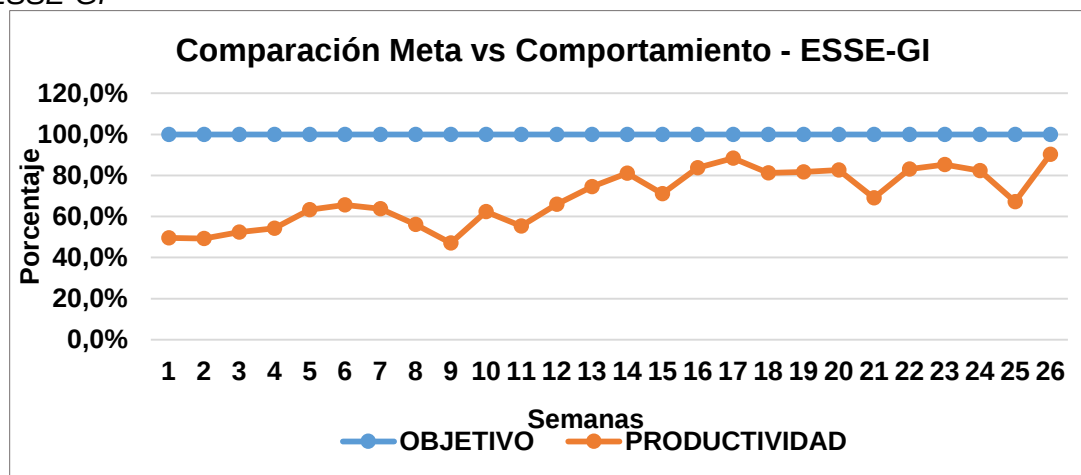
Con los datos obtenidos de los análisis anteriores, y charlas con los líderes de las áreas de producción y de mejoramiento continuo, se pudo establecer la relación que tiene la baja de productividad con la pérdida de tiempo productivo a causa de los paros; la cual ya era objeto de seguimiento de las dos áreas mencionadas, quienes, en 2017, implementaron un sistema de registro de paros de tiempo, donde los operarios que están de turno durante su ocurrencia deben diligenciarlo.

Gráfico 2. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea 2



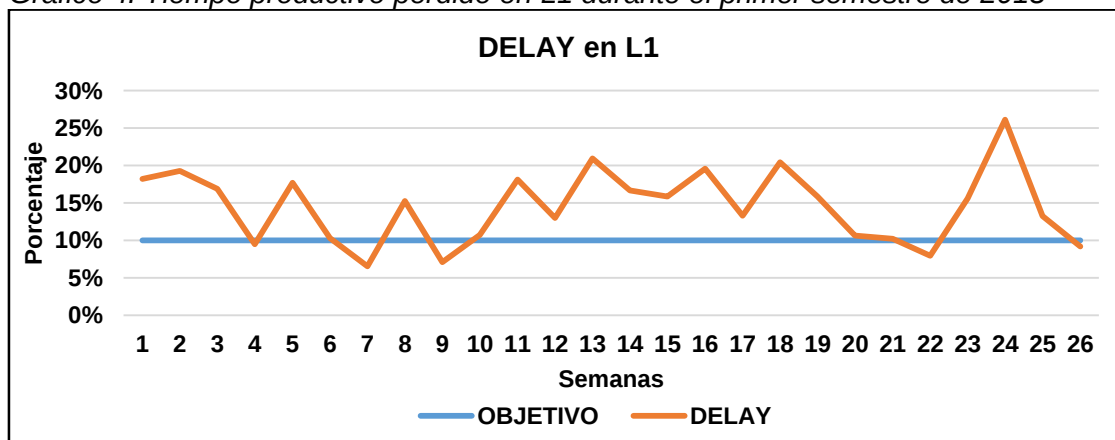
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Variación de la productividad respecto a la meta organizacional en la línea ESSE-GI



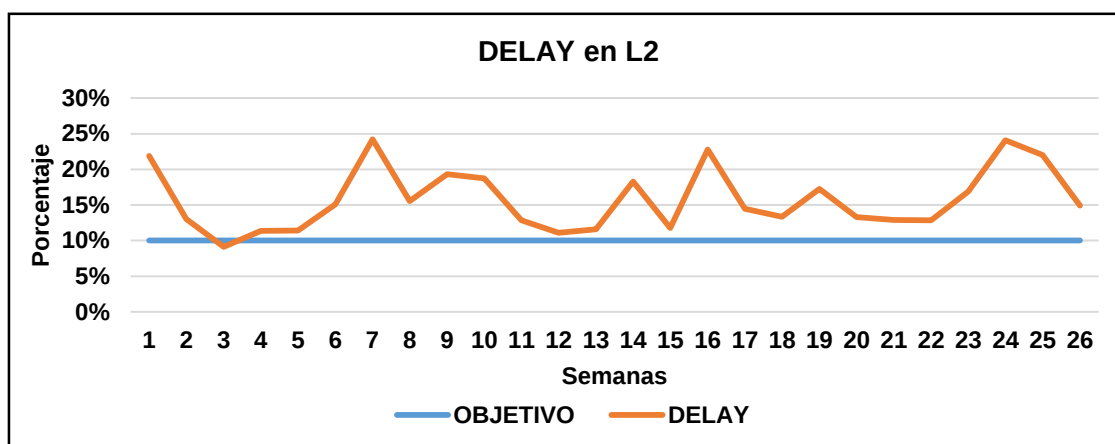
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Tiempo productivo perdido en L1 durante el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Tiempo productivo perdido en L2 durante el primer semestre de 2018

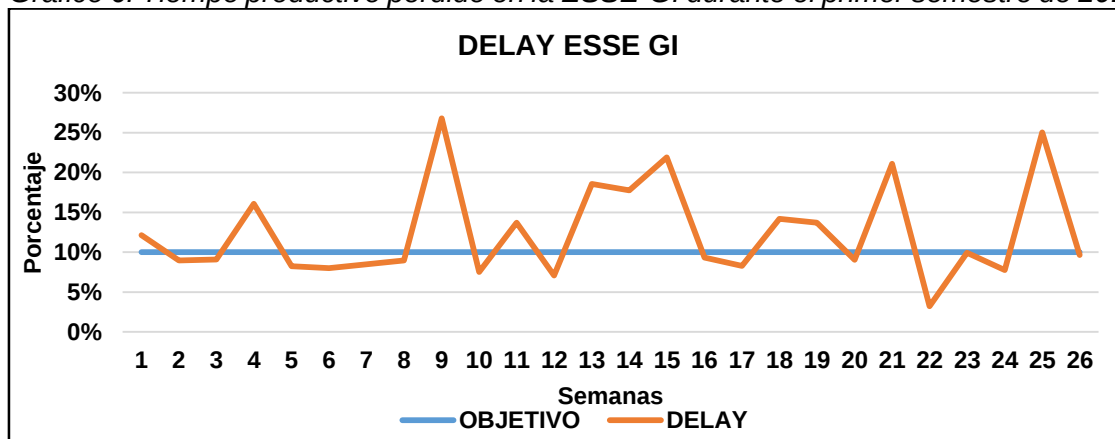


Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, este registro no era claro ni organizado, ya que no había un protocolo para su diligenciamiento y los operarios omitían información relevante y agregaban datos erróneos. A finales del 2017, la división de mejoramiento continuo llevó a cabo charlas y capacitaciones para mejorar la recolección de los datos. Por esta razón, la información con la que se desarrolla este trabajo data del primer semestre del año 2018.

En el anexo 1, se muestra los paros presentados en la línea 1, la línea 2 y en la línea ESSE-GI, el tiempo total de su duración durante el periodo enero – junio de 2018 y su respectiva frecuencia.

Gráfico 6. Tiempo productivo perdido en la ESSE-GI durante el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia

Una vez se obtuvieron los datos, se procedió a la identificación de las causas de los paros. En el anexo 2 se presentan los diagramas de causa y efecto, los cuales tienen los resultados de los análisis causales de la L1, L2 y ESSE-GI.

Se puede concluir, del análisis causal, que en las tres líneas hay causas en común, es decir, que estas no están relacionadas con la línea de producción exactamente, sino, por ejemplo, con el comportamiento de los operarios, la

ausencia de tiempos estándar para algunos subprocesos, errores en la planificación del área de compras y calidad, entre otros.

Debido a lo anterior, y que, en el registro, se identificaron 39 motivos de paro para L1, 41 para L2 y 26 para la línea ESSE-GI, se optó por agrupar los paros en categorías, según la naturaleza de los mismos; con el objetivo de manejar de forma más óptima la información. En la tabla 6 se exponen las categorías con sus respectivos paros.

1.3.2 Priorización de las causas

Con las categorías definidas, se procedió a calcular la suma del tiempo perdido que representa cada una durante el periodo estudiado, con el fin de continuar con la priorización de las causas para conocer cuáles son las más influyentes (por su frecuencia y tiempo de duración) y buscar posibles soluciones que minimicen los tiempos de paros y, por consiguiente, mejore la productividad. Para dicha priorización se aplicó el principio de Pareto que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos vitales), y las que lo son menos (los muchos triviales).

En la tabla 7, se tiene el tiempo productivo total en horas que se perdió a causa de los paros en L1, la frecuencia con la que se presentaron durante las semanas en cuestión y el porcentaje de tiempo que representa cada categoría. El tiempo perdido por los paros bajo condiciones normales de operación fue de 124 horas con una frecuencia de 481, equivalentes a 15,5 turnos; es decir que se dejaron de producir 446.400 bloques de levadura a causa de esta situación, que es la más crítica en toda la línea. Los atascos y las fallas de las máquinas suman 96 horas, sin embargo, los atascos se presentaron 640% más que las fallas mecánicas.

En L2, el tiempo perdido en condiciones normales de operación es aún mayor que en L1 (Ver tabla 7 y 8), con 192 horas y frecuencia de 247 es el paro que más desperdicia tiempo en la línea. Seguidamente, los paros ocasionales también provocaron una considerable pérdida durante el semestre, pero esta categoría no se tendrá en cuenta para la propuesta de mejora en ninguna de las líneas ya que son solo dos paros los que tienen tiempo significativo, con ocurrencia de una sola vez y de los cuales son responsables el área de planeación y logística (Ver anexo 1).

Tabla 6. Categorización de paros de tiempo

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	PAROS
Alistamiento de equipos	Incluye el tiempo perdido mientras se alistan algunos instrumentos y equipos cuando ya está operando la línea	Alistamiento de equipos Tratamiento de la bomba Sprayer Cambio de filtro Ajuste de molinos sin fines

Aseo de sección	Contiene el paro ocasionado por el aseo en el área	Aseo de sección
Atascos	Comprende aquellos paros provocados por fallas en las bandas transportadoras	Atasco en Proconor Atasco de papel Atasco en Edos Falla de envoltura en Proconor Atasco de bultos Atasco de láminas
Bajo nivel de tolva	Abarca el tiempo perdido por el bajo nivel de crema en la tolva.	Bajo nivel de tolva Baja productividad
Condiciones normales de operación	Incluye los paros que se presentan cuando las líneas operan en condiciones normales.	Cambio de alambre Cambio de referencia Cambio de rollo Cambio de tanque Cuadre de codificación Cambio de lámina Precapa Remienda de precapa
Falla eléctrica	Engloba los paros ocasionados por fallas eléctricas en los equipos y en la planta del municipio.	Falla eléctrica Corte de energía
Falla instrumentación	Contiene los paros ocasionados por fallas en instrumentos y en los sensores.	Falla detector de metales Falla de instrumentos Falla de codificador
Falla mecánica	Incluye los paros provocados por fallas en las máquinas	Falla mecánica Intervención de mantenimiento
Falla operativa	Agrupar los paros ocasionados por acciones inadecuadas o innecesarias de los operarios.	Cuadre de conductividad Falla operativa Levadura húmeda Levadura quebradiza Error en codificación de cajas Error en codificación de libras Taponamiento de la línea de sal Reproceso Taponamiento del filtro TK Exceso de Salmuera Verificación varilla del tubo formador
Homogenización levadura	Comprende el tiempo desperdiciado en la homogenización de la levadura	Homogenización de levadura

Paros ocasionales	Abarca los paros que se producen por motivos ajenos al área de producción y cuya frecuencia no es mayor a 3.	5 minutos seguros Retraso de crema Nevera llena Pausa activa Reuniones por fuera de planta Servicios generales Agotamiento de crema Agotamiento de corrugado Retraso de aprobación de calidad Cambio de codificador Retraso de autorización de codificación
--------------------------	--	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Tiempo perdido total por categoría en L1

TIPO PARO	HORAS	Fr.	% DE TIEMPO
Condiciones normales de operación	123,62	481	34,51%
Atascos	49	289	13,68%
Falla mecánica	46,6	45	13,01%
Falla instrumentación	39,45	64	11,01%
Paros ocasionales	30,06	12	8,39%
Falla operativa	20,05	58	5,60%
Bajo nivel de tolva	18,29	82	5,11%
Homogenización levadura	15,8	80	4,41%
Falla eléctrica	7,53	7	2,10%
Aseo de sección	5,83	28	1,63%
Alistamiento de equipos	1,97	5	0,55%

Fuente: Elaboración propia

En la línea ESSE-GI hay menos pérdida de tiempo productivo (Ver tabla 9), sin embargo, los paros en condiciones normales de operación son los más representativos pues equivalen al 46% del desperdicio total.

Tabla 8. Tiempo perdido total por categoría en L2

TIPO PARO	HORAS	Fr.	% DE TIEMPO
Condiciones normales de operación	192,22	747	38,45%
Paros ocasionales	61,88	28	12,38%
Falla instrumentación	53,22	45	10,65%
Atascos	52,61	401	10,52%
Bajo nivel de tolva	41,63	128	8,33%
Falla operativa	37,62	111	7,53%
Falla mecánica	20,24	38	4,05%
Homogenización levadura	18,27	96	3,65%
Alistamiento de equipos	11,98	13	2,40%
Falla eléctrica	5,55	7	1,11%
Aseo de sección	4,68	40	0,94%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Tiempo perdido total por categoría en ESSE-GI

TIPO PARO	HORAS	Fr.	% DE TIEMPO
Condiciones normales de operación	70,72	216	45,81%
Falla instrumentación	40,37	63	26,15%
Paros ocasionales	11,59	6	7,51%
Falla mecánica	11,4	16	7,38%
Falla operativa	10,23	12	6,63%
Alistamiento de equipos	6,41	22	4,15%
Falla eléctrica	2,63	3	1,70%
Atascos	0,52	5	0,34%
Aseo de sección	0,52	3	0,34%

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la priorización en el anexo 3 se muestran los Paretos por horas y frecuencia de cada línea donde se obtuvo que los paros en condiciones normales de operación son los más relevantes en las tres líneas, seguido por los ocasionados por los atascos y las fallas de instrumentación. Los atascos y las fallas mecánicas producen paros de la misma naturaleza, la diferencia es que los atascos se pueden solucionar sin la intervención del área de mantenimiento.

2 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA COMO PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Con la priorización de las causas de los paros, se logró identificar aquellas que más influyen en el desperdicio de tiempo.

A continuación, se propone la aplicación de herramientas de la filosofía de manufactura esbelta como una alternativa de solución para minimizar, y si es posible, eliminar los paros tiempo no programados durante el proceso de producción.

2.1 SMED

El sistema SMED permite reducir drásticamente el tiempo que se tarda en realizar los cambios de maquinaria o equipos en el proceso productivo. Su esencia consiste en transformar el proceso, y realizar la mayor cantidad de pasos de cambio posible mientras el equipo está en funcionamiento, y facilitar y agilizar los pasos sobrantes (Iglesias, 2016).

Para dar solución a la pérdida de tiempo productivo en el área de corte por la no estandarización de procesos productivos, los cuales derivan de los paros por condiciones normales de operación que comprende la preparación de precapa, cambio de tanque, cambio de rollo, cambio de referencia y cambio de alambre, se propone la utilización de la técnica SMED que permitirá reducir el tiempo requerido para los cambios que generan más tiempo perdido y ocurren con mayor frecuencia. Dicha técnica se compone de 4 pasos, los cuales se realizarán para cada tipo de operación.

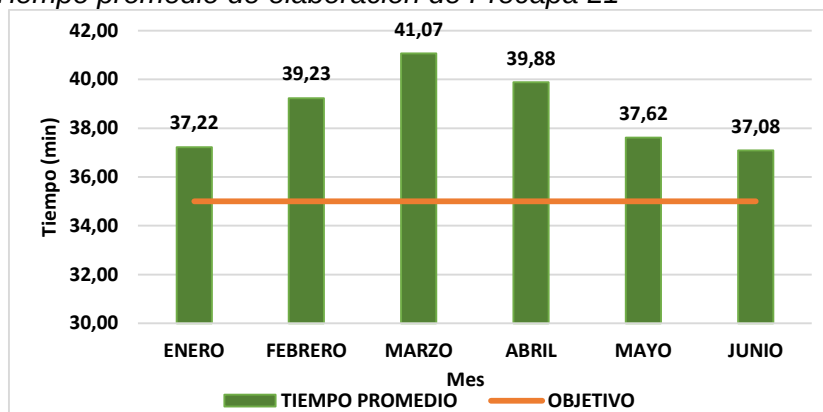
2.1.1 Preparación de Precapa

La preparación de Precapa se realiza para las tres líneas de producción. Este proceso consta de las mismas actividades para cada línea, por lo que la planta tiene definido un estándar de tiempo de 35 minutos para su realización. Cuando la Precapa queda con pequeños orificios, algunos operarios se toman unos minutos para hacer un remiendo, contando este como un paro más. Sin embargo, dentro de la planta se toma la precapa y remiendo de precapa como el mismo tipo de paro, por lo que para este último no se tiene definido ningún tiempo.

Analizando los datos, se evidenció que en L1 se detuvo la producción 134 veces con un promedio de 38,68 minutos para la preparación de precapa y se detuvo 27 veces con un promedio de 16,03 minutos para remienda. En L2 se detuvo la producción 147 veces para la realización de la precapa, con un promedio de 37,86 minutos; y se detuvo 21 veces con un promedio de 11,10 minutos para su remienda. En la línea ESSE-GI se detuvo la producción 52 veces con un promedio de 41,38 minutos y 9 veces con un promedio de 13,89 minutos para la precapa y remienda respectivamente.

En el gráfico 7 se presenta gráficamente el tiempo promedio de cada paro por motivo de precapa y se compara con el estándar que tiene la empresa para la línea 1. Se puede evidenciar que en ningún mes del periodo analizado se cumple con la meta.

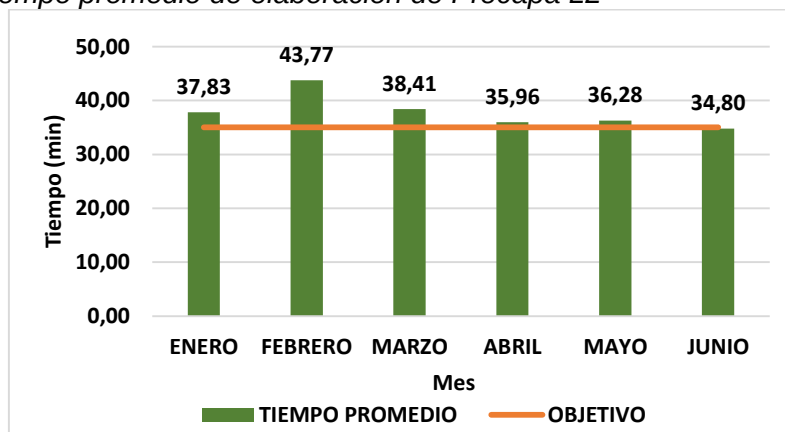
Gráfico 7. Tiempo promedio de elaboración de Precapa L1



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

En el gráfico 8, se presenta la misma comparación para L2, la cual presenta una disminución en el tiempo de preparación de precapa en los últimos tres meses, cumpliendo la meta en el mes de junio.

Gráfico 8. Tiempo promedio de elaboración de Precapa L2

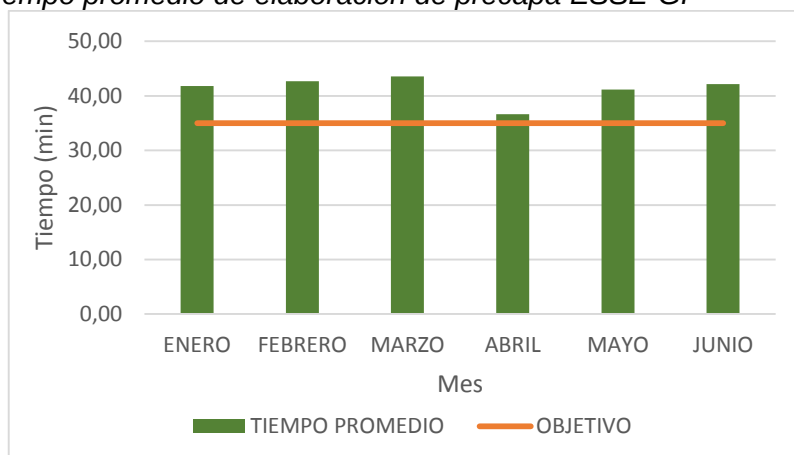


Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A

En el gráfico 9, se presenta la comparación en la línea ESSE-GI, la cual tampoco cumple con la meta establecida en ningún mes.

Se realizó un estudio de tiempos para observar y medir las actividades desarrolladas por los operarios, y determinar la causa raíz por la cual no se cumple con el tiempo estándar para la elaboración de la precapa.

Gráfico 9. Tiempo promedio de elaboración de precapa ESSE-GI



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

A partir del estudio de tiempos, se procede a desarrollar las etapas de la técnica SMED:

a. Identificación de operaciones

Se observó la preparación de precapa y se identificó que consta de 6 actividades. Inicialmente se suspende la caída de levadura hacia la Proconor; el operario inicia el tumble de Precapa y empieza con la limpieza del filtro.

Al terminar la limpieza, el operario enciende la bomba de almidón y abre las válvulas para empezar a alimentar el filtro con almidón; luego de que la capa de almidón está entre 11 y 13 milímetros, se hace la inyección de la crema y se ajusta el cuadro de conductividad, el flujo y el nivel de llenado; por último, se inicia el arranque del Proconor y empieza la caída de la levadura. De las actividades identificadas se tomó el tiempo de duración de cada una y se calculó el promedio para obtener un solo tiempo aproximado de la duración del paro (Ver tabla 10)

b. Identificar las operaciones de preparación internas y externas

Debido a que el paro por preparación de precapa, es un paro necesariamente interno (el cual se ejecuta cuando la línea esta parada y no se produce durante este periodo de tiempo). Todas las actividades de dicho paro son internas. Sin embargo, existen actividades que se pueden clasificar como internas o externas, entendiendo como que la maquina en este caso el FRV, cuando se suspende su funcionamiento estaría en paro, y cuando empieza de nuevo su rotación, estaría en marcha. De acuerdo a esto se procede a dar clasificación a las actividades (Ver tabla 11)

Tabla 10. Identificación de operaciones de la elaboración de Precapa

No.	Descripción de la Actividad	Actividades Simultaneas	Promedio
1	Suspender alimentación de levadura hacia la Proconor	Retirar la tolva del filtro Disminuir la velocidad del filtro Tapar caída de levadura Tumbar precapa	0:02:26
2	Limpieza del filtro y herramientas		0:07:18
3	Alimentar el filtro con almidón	Encender la bomba de almidón Abrir las válvulas Llevar la bandeja de recuperar almidón al filtro	0:15:29
4	Alimentar el filtro con almidón recuperado		0:13:35
5	Inyección de la crema	Cuadre conductividad Cuadre del flujo de la Cava Cuadre del llenado del tanque pulmón	0:02:33
6	Cae levadura a la tolva	Tiempo Total	0:41:20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Identificación de operaciones internas y externas para la preparación de precapa

No.	Descripción de la Actividad	Actividades Simultaneas	Operación Interna	Operación Externa
1	Suspender alimentación de levadura hacia la Proconor	Retirar la tolva del filtro Disminuir la velocidad del filtro Tapar caída de levadura	X	
2	Limpieza del filtro y herramientas		X	
3	Alimentar el filtro con almidón	Encender la bomba de almidón Abrir las válvulas Llevar la bandeja de recuperar almidón al filtro		X
4	Alimentar el filtro con almidón recuperado	Cuadre conductividad Cuadre del flujo de la Cava Cuadre del llenado del tanque pulmón		X
5	Inyección de la crema			X
6	Cae levadura a la tolva			X

Fuente: Elaboración propia

c. Convertir las operaciones internas a externas

Una vez definidas cuales son las operaciones internas y operaciones externas, para disminuir el tiempo de preparación de precapa, se determina que no es posible convertir todas las actividades a externa, sin embargo, se puede disminuir el tiempo de las actividades e incluso, eliminar una de las operaciones, con el objetivo de que el tiempo total del paro sea igual o menor al estándar definido en la planta (Ver tabla 12)

Tabla 12 Conversión de operaciones internas a externas para la preparación de precapa

No.	Descripción de la Actividad	Actividades Simultaneas	Operación Interna	Operación Externa
1	Suspender alimentación de levadura hacia la Proconor	Retirar la tolva del filtro Disminuir la velocidad del filtro Tapar caída de levadura	X	
2	Limpieza del filtro y herramientas			X
3	Alimentar el filtro con almidón	Encender la bomba de almidón Abrir las válvulas Llevar la bandeja de recuperar almidón al filtro		X
4	Alimentar el filtro con almidón recuperado	Cuadre conductividad Cuadre del flujo de la Cava Cuadre del llenado del tanque pulmón		X
5	Inyección de la crema			X
6	Cae levadura a la tolva			X

Fuente: Elaboración propia

En la actividad 2, el filtro está parado porque se debe realizar su limpieza, en esta misma actividad se limpian la tolva, el raspador y el piso. De acuerdo a lo observado en el estudio de tiempos, se concluye que durante este paro solo es necesario limpiar el FRV, la limpieza de los demás elementos se puede realizar mientras se está alimentando el filtro con almidón, lo que daría una disminución en dicha actividad (Ver anexo 4).

La actividad 4: alimentar el filtro con almidón recuperado, es una actividad que se puede eliminar, o en su defecto definir un tiempo máximo de tres minutos, puesto que esta se ejecuta por criterio del operario, es decir, si al realizarse la capa de almidón, el operario nota no está totalmente homogénea procede a realizar la actividad, de lo contrario no es necesaria (Ver anexo 4)

d. Mejora a las operaciones internas y externas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el paso anterior y las mediciones que se tomaron, se propone:

Realizar una secuencia de actividades y redefinir el estándar para cada actividad, (Ver tabla 13) Con esta propuesta se puede lograr reducir en un 29,24% el tiempo de preparación de precapa actual que equivale a una disminución de 12,05 minutos.

Tabla 13 Mejorar las operaciones internas y externas para la preparación de precapa

No.	Descripción de la Actividad	Actividades Simultaneas	Tiempo Promedio
1	Suspender alimentación de levadura hacia la Proconor	Retirar la tolva del filtro Disminuir la velocidad del filtro Tapar caída de levadura Tumbar precapa	0:02:29
2	Limpieza del filtro		0:06:04
3	Alimentar el filtro con almidón	Encender la bomba de almidón Abrir las válvulas Llevar la bandeja de recuperar almidón al filtro Limpieza de herramientas	0:12:36
4	Alimentar el filtro con almidón recuperado	Realizarse solo si es estrictamente necesario	0:05:50
5	Inyección de la crema	Cuadre conductividad Cuadre del flujo de la Cava Cuadre del llenado del tanque pulmón	0:02:15
6	Cae levadura a la tolva	Tiempo Total	0:29:15

Fuente: Elaboración propia

Conclusión: Se evidenció que el tipo de paro denominado remienda de precapa, hace parte de la preparación de esta, y no debe ser contemplado como un paro aparte; y que su duración máxima debe ser de tres minutos en los casos en que sea necesario realizarlo.

Se recomienda que en el registro de paros por turno del área de corte se especifique si se realiza la remienda de precapa y que el tiempo se sume al paro Precapa.

2.1.2 Cambio de Rollo

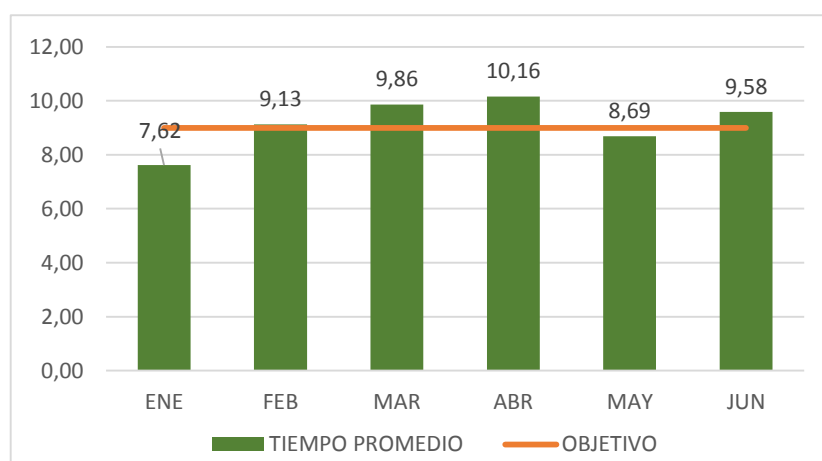
Se realiza cambio de rollo para las 3 líneas, de producción, L1, L2 y ESSE GI.

En L1, la máquina solo cuenta con un tubo para rollo por lo que al momento del cambio se debe: parar la máquina, desajustar el rollo, retirar el tubo de papel, retirar el papel sobrante de la máquina y montar el nuevo rollo, ajustar en los rodillos y en la máquina, el operario a cargo debe cortar una lámina del papel para que se ajuste en la cortadora y poner en marcha de nuevo la línea.

En L2, la máquina cuenta con dos tubos para rollo, por lo que solo es necesario retirar el papel sobrante del rollo consumido y ajustar el papel del nuevo rollo de la misma forma que en L1.

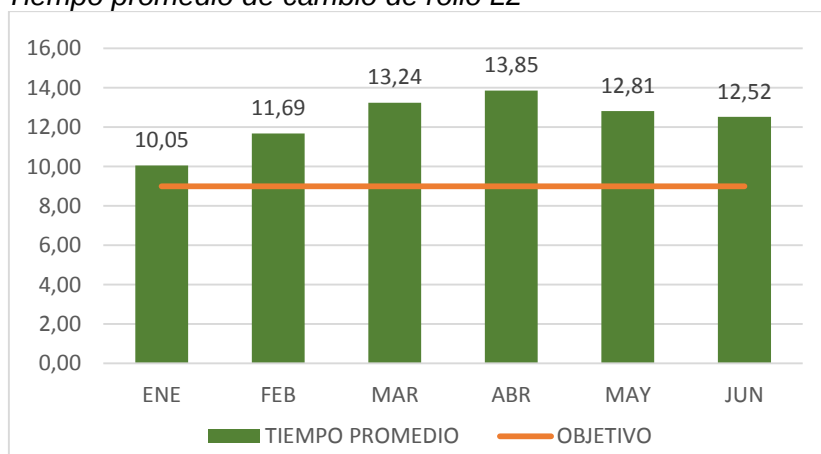
En la ESSE GI el procedimiento es diferente por la forma del producto: se debe desajustar el rollo que se acaba, desmontarlo, poner y ajustar el nuevo rollo en los rodillos, pegar con cinta el extremo del nuevo rollo con el extremo del papel sobrante del rollo anterior. Cuando el empalme está listo se enciende de nuevo la máquina y se realiza el ajuste de los bultos.

Gráfico 10. Tiempo promedio de cambio de rollo L1



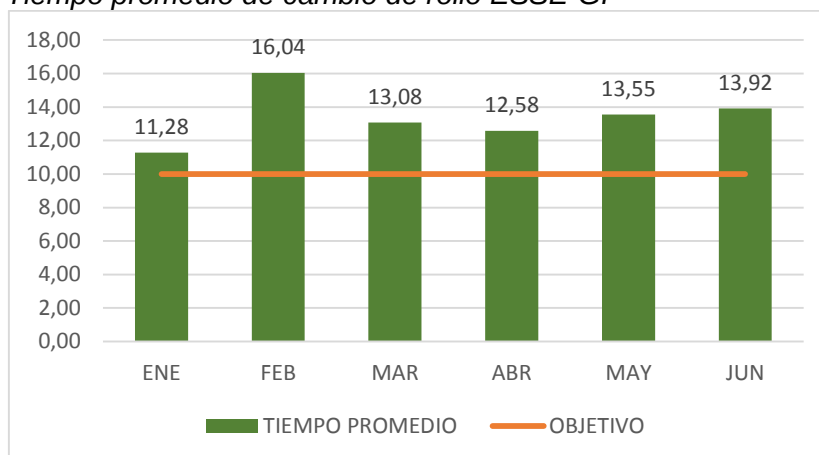
Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 11. Tiempo promedio de cambio de rollo L2



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 12. Tiempo promedio de cambio de rollo ESSE-GI



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Para las tres líneas se analizaron los tiempos de paro por cambio de rollo durante el primer semestre de 2018.

La planta tiene definido un estándar de cambio de rollo para la Línea 1 y la línea 2, de 9 minutos por turno y para la ESSE GI, de 10 minutos por cada cambio. En esta última línea no se considera un cambio por turno ya que el rollo es más largo y puede durar hasta dos turnos.

Analizando los datos, se evidenció que en la L1 se detuvo la producción 207 veces con un promedio de 9,14 minutos por turno (Ver gráfico 10).

En la L2 se detuvo la producción 274 veces con un promedio de 11,99 minutos por turno (Ver gráfico 11).

En la ESSE GI se detuvo la producción 96 veces con un promedio de 13,42 minutos por cambio (Ver gráfico 12).

En el gráfico 10, se puede evidenciar que en los meses de febrero a mayo el tiempo promedio de cambio de rollo sobrepasa el tiempo estándar definido por la empresa para L1. En el gráfico 11 y 12 se aprecia que en todos los meses analizados el tiempo promedio es superior al tiempo estándar para L2 y para la ESSE-GI respectivamente.

De acuerdo a esto, se procedió a realizar el estudio de tiempos para el cambio de rollo en cada línea y así obtener las posibles causas que conllevan a que el paro dure más tiempo (Ver anexo 4). A partir de esto se procede a realizar el SMED.

a. Identificación de operaciones

Se observó el cambio de rollo para cada una de las líneas, donde se identificaron las actividades que comprende cada cambio y se tomó el tiempo promedio de

cada una de ellas para obtener un tiempo promedio por actividad y calcular el tiempo total del paro. (Ver tabla 14, 15 y 16).

Tabla 14. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la L1

No.	Descripción de la Actividad	Tiempo Promedio
1	Operario va por el nuevo rollo	0:01:03
2	Se desmonta el rollo anterior	0:00:34
3	Se desempaca el rollo nuevo y se ajusta en el rodillo	0:01:00
4	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	0:00:54
5	Arranque de la maquina	0:03:32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la L2

No	Descripción de la Actividad	Tiempo Promedio
1	Operario va por el nuevo rollo	0:00:46
2	Se desempaca en rollo y se ajusta en el rodillo	0:00:45
3	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	0:00:46
4	Arranque de la maquina	0:02:16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Identificación de operaciones para cambio de rollo de la Esse-gi

No	Descripción de la Actividad	Tiempo Promedio
1	Desajuste de papel	0:01:22
2	Retirar el rollo	0:01:26
3	Traer el rollo nuevo	0:02:56
4	Se pone el rollo, se despega y se ajusta	0:01:27
5	Se pega papel de la cinta anterior	0:01:06
6	Se ajusta papel	0:02:06
7	Se cuadra bolsa	0:02:15
8	Arranca la máquina	0:12:38

Fuente: Elaboración propia

b. Identificar las operaciones de preparación internas y externas

Se identificó cada una de las actividades del cambio de rollo para cada línea, obteniendo que todas sus actividades son de operación interna, excepto el arranque de la máquina, que es cuando ya se empieza de nuevo la producción. (Ver tablas 17, 18 y 19)

Tabla 17. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la L1

No.	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Operario va por el nuevo rollo	X	
2	Se desmonta el rollo anterior	X	
3	Se desempaca el rollo nuevo y se ajusta en el rodillo	X	
4	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	X	
5	Arranque de la maquina		X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la L2

No.	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Operario va por el nuevo rollo	X	
2	Se desempaca en rollo y se ajusta en el rodillo	X	
3	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	X	
4	Arranque de la maquina		X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de rollo de la Esse-gi

No	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Desajuste de papel	X	
2	Retirar el rollo	X	
3	Traer el rollo nuevo	X	
4	Se pone el rollo, se despega y se ajusta	X	
5	Se pega papel de la cinta anterior	X	
6	Se ajusta papel	X	
7	Se cuadra bolsa	X	
8	Arranca la máquina		X

Fuente: Elaboración propia

c. Convertir las operaciones internas a externas

Ya definidas cuales son las operaciones internas y externas, se procede a definir cuáles de ella se pueden convertir en externas (Ver tablas 20, 21 y 22)

Tabla 20. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la L1

No.	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Operario va por el nuevo rollo	X	X
2	Se desmonta el rollo anterior	X	X
3	Se desempaca el rollo nuevo y se ajusta en el rodillo	X	X
4	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	X	X
5	Arranque de la maquina		X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la L2

No	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Operario va por el nuevo rollo	X	X
2	Se desempaca en rollo y se ajusta en el rodillo	X	X
3	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	X	X
4	Arranque de la maquina	X	X

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de rollo en la Esse-gi

No	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Desajuste de papel	X	
2	Retirar el rollo	X	
3	Traer el rollo nuevo	X	X
4	Se pone el rollo, se despega y se ajusta	X	
5	Se pega papel de la cinta anterior	X	
6	Se ajusta papel	X	
7	Se cuadra bolsa	X	
8	Arranca la máquina		X

Fuente: Elaboración propia

En el cambio de rollo para L1 (ver tabla 14), todas las actividades se pueden convertir en externas de la siguiente forma:

En la actividad 1, el operario puede traer el nuevo rollo antes de que se acabe el que está en la máquina y tenerlo cerca para el cambio, así se evita el desplazamiento hasta el cuarto de materiales con la máquina en pausa.

Para las actividades 2, 3 y 4, se puede realizar un ajuste en la máquina, para añadir un nuevo tubo y que se puedan tener 2 rollos en la máquina, para no tener que desmontar el rollo anterior y montar el nuevo. Así se tendría ya ajustado el rollo nuevo y solo se tendría que ajustar a la máquina para arrancar de nuevo la producción.

Para el cambio de rollo de la línea 2 (Ver tabla 15), todas sus actividades se pueden convertir en externas.

En las actividades 1, 2 y 3, el operario puede ya tener el nuevo rollo listo en la máquina, dado que está tiene dos tubos disponibles para rollo. (Ver anexo 5) por lo que solo se debería realizar el ajuste de papel en la máquina. Aunque, es posible también, hacer un empalme de ambos rollos sin parar la línea. De ser así, el paro por cambio de rollo se eliminaría de L1 y L2.

Para el cambio de rollo de la ESSE GI (Ver tabla 16), solo se puede convertir en externa la actividad 3, pues el operario puede traer al área el rollo y dejarlo muy cerca a la máquina, evitando este desplazamiento cuando se realice el cambio. Con respecto a las demás actividades, su tiempo puede reducirse si se hacen algunos alistamientos: tener disponible el bisturí para cortar el papel rápidamente, pues en la toma de tiempos se evidenció que casi siempre el operario debe ir a buscarlo por fuera del área, lo mismo sucede con la cinta. En la actividad 6 y 7 se puede disminuir su tiempo teniendo un mejor manejo de la máquina, pues a algunos operarios se les dificulta hacer el cuadro del rollo en (para que quede en forma de bolsa) demorando más.

d. Mejora a las operaciones internas y externas

Con base a las respectivas mediciones tomadas en la fase de caracterización y a lo anteriormente mencionado, se propone:

Modificar la L1 de modo que tenga disponible dos tubos con sus respectivos rodillos que permitan tener listo el nuevo rollo en cualquier momento, así como en L2 (Ver anexo 5). De esta forma solo se debe realizar el ajuste del papel a la máquina, lo que tardaría aproximadamente 54 segundos y daría arranque a la máquina. Es muy importante que antes de dar comienzo al turno se verifique que se tienen los rollos de papen nuevos en el área.

En L2, hacer siempre uso del tubo adicional que ya se tiene y realizar solo el ajuste de papel a la máquina que tardaría aproximadamente 46 segundos. Capacitar al personal de como empalmar los dos rollos y así no realizar el cambio, para eliminar por completo este paro.

Para la ESSE GI, el operario debe tener el rollo listo antes del cambio para evitar el desplazamiento, es decir que a principio de cada turno se verifique si es necesario traer el rollo nuevo. Contar con las herramientas necesarias para hacerlo y adicional, se puede capacitar a los operarios más nuevos de cómo realizar más rápido el cuadre de la bolsa. Obteniendo una secuencia y un tiempo promedio propuesto presentado en la tabla 23.

Tabla 23. Propuesta de actividades para el cambio de rollo de la Esse-gi

No	Descripción de la Actividad	Tiempo Promedio
1	Desajuste de papel	0:01:15
2	Retirar el rollo	0:00:59
3	Se pone el rollo, se despega y se ajusta	0:01:06
4	Se pega papel de la cinta anterior	0:00:47
5	Se ajusta papel	0:01:54
6	Se cuadra bolsa	0:01:02
7	Arranca la máquina	0:07:03

Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta se realiza con base en el estudio de tiempos que se realizó. (Ver anexo 4).

Eliminado el desplazamiento de ir por el rollo y disminuyendo el cuadre de la bolsa, se puede obtener un tiempo promedio de 7 minutos. Disminuyendo en un 44,2 % el tiempo promedio del paro con una diferencia de 5 minutos con 35 segundos por cambio.

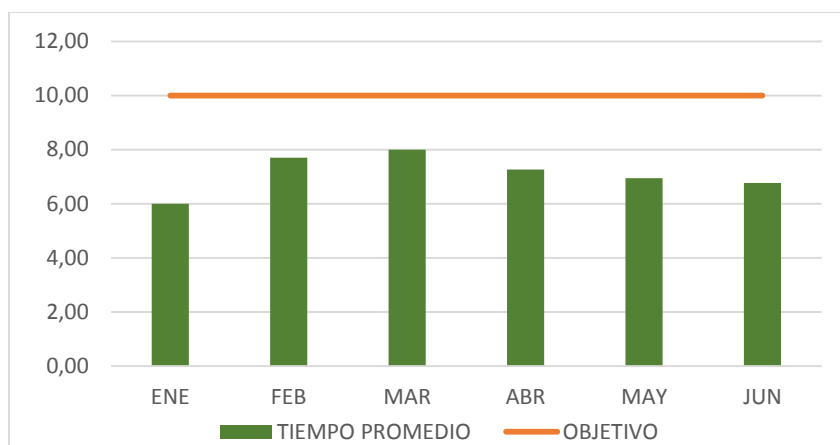
2.1.3 Cambio de tanque

El cambio de tanque se realiza para las tres líneas de producción, L1, L2 y ESSE-GI. Este proceso consta de las mismas actividades para cada línea, por lo que la planta tiene definido un estándar de tiempo de 10 minutos para su realización.

El cambio empieza cuando se suspende la alimentación de la crema y se apaga la bomba de alimentación, aunque en ocasiones queda encendida. El operario baja a la Cava a realizar el cambio de tanque por medio de una manguera que se conecta desde la bomba de cada filtro hasta el tanque, los tanques impares tienen una boquilla diferente a los tanques pares, por lo que cuando se realiza un cambio de un tanque par a impar, se debe tener un adaptador que permita ajustar la manguera al tanque. Una vez conectada la manguera al tanque con el que se va a alimentar el filtro, se debe esperar a que empiece a subir la crema y se active nuevamente la caída de la levadura; Cuando no se suspende la alimentación, la bomba sigue funcionando normal y se bombea crema del nuevo tanque.

Analizando los datos del registro de paros, se evidencio que en la L1 se detuvo la producción 91 veces con un promedio de 7,20 minutos por turno. (Ver gráfico 13) En la L2 se detuvo la producción 167 veces con un promedio de 8,09 minutos por turno. (Ver gráfico 14) En la línea ESSE-GI se detuvo la producción 41 veces con un promedio de 12,02 minutos por cambio. (Ver gráfico 15)

Gráfico 13. Tiempo promedio de cambio de tanque para la L1

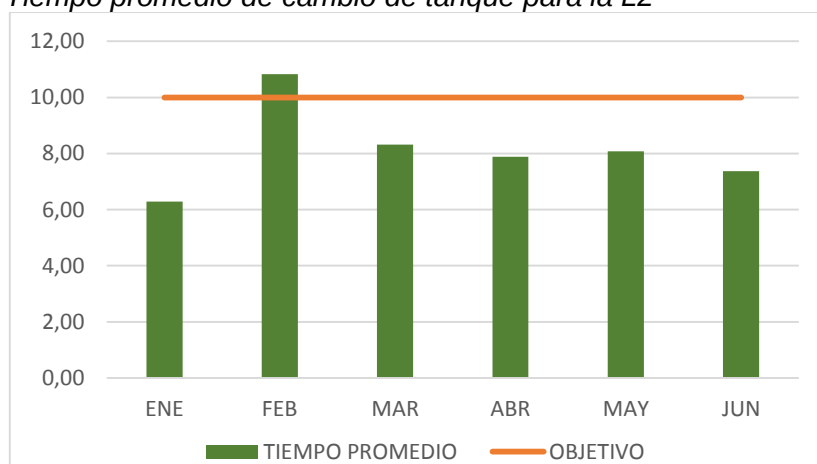


Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

En L1, el tiempo promedio de cada mes estuvo por debajo de la meta cumpliendo con el estándar, la L2 también cumplió con el estándar en todos los meses a excepción del de febrero que se sobrepasó unos segundos; por su parte, en la ESSE-GI solo se cumplió la meta en los meses de enero y mayo.

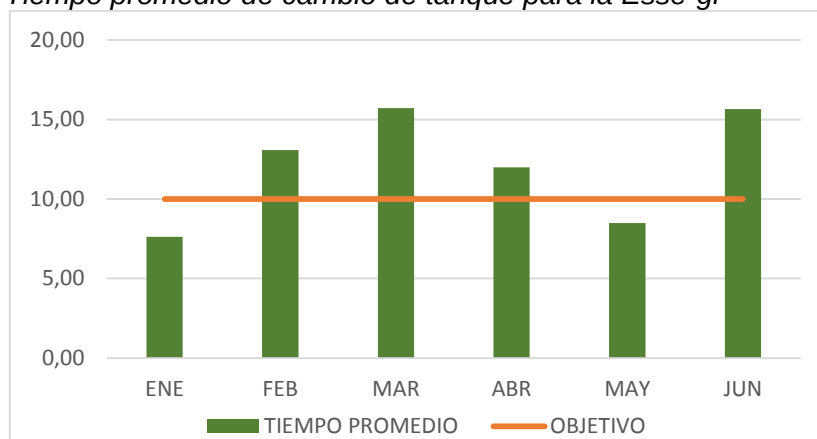
El estudio de tiempos de este paro está disponible en el Anexo 4. La solución propuesta con la técnica SMED se presenta a continuación.

Gráfico 14. Tiempo promedio de cambio de tanque para la L2



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 15. Tiempo promedio de cambio de tanque para la Esse-gi



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

a. Identificación de operaciones

Se observó el cambio de tanque para la L1, L2 y ESSE-GI, donde se identificaron las actividades que comprende este cambio y el tiempo promedio de cada una para obtener el tiempo promedio por actividad y calcular el tiempo total del paro. (Ver tabla 24)

Se identificó que cada una de las actividades del cambio de tanque son de operación interna.

Tabla 24. Identificación de operaciones para cambio de tanque

No	Descripción de la Actividad	Promedio
1	Suspender la alimentación de crema hacia el FRV	0:00:51
2	Desplazarse hasta la CAVA para realizar el cambio de tanque	0:02:55
3	Realizar cambio de tanque	0:03:57
4	Iniciar la alimentación de crema hacia el FRV	0:03:34
5	Arranca la maquina	0:11:17

Fuente: Elaboración propia

b. Identificar las operaciones de preparación internas y externas

Ya definidas cuales son las operaciones internas y externas, se procede a definir cuáles de ellas se pueden convertir en externas. (Ver tabla 25)

Tabla 25. Identificación de operaciones internas y externas para cambio de tanque

No	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Suspender la alimentación de crema hacia el FRV	X	
2	Desplazarse hasta la CAVA para realizar el cambio de tanque	X	
3	Realizar cambio de tanque	X	
4	Iniciar la alimentación de crema hacia el FRV	X	
5	Arranca la maquina		X

Fuente: Elaboración propia

c. Convertir las operaciones internas a externas

Todas las actividades se pueden convertir en externas, ya que no es necesario que la producción pare, ya que el cambio de tanque se hace cuando el nivel del tanque de Cava actual está por debajo del 31% y el PLC (Programmable Logic Controller) de cada filtro enciende una alarma de alerta cuando se alcanza este nivel. Adicional, los operarios pueden calcular cuando es necesario empezar a hacer el cambio de tanque por el número de cajas que salen de cada tanque de crema. Aunque no es un método exacto porque el margen de error, brinda una idea aproximada para que el operario verifique si es hora del cambio antes de que la línea se pare.

Cuando el operario revisa el nivel del tanque y está por debajo de 31% se debe empezar a trabajar manualmente para que se detenga el bombeo y se consuma el restante de la crema hasta un 14% mínimo; durante ese tiempo se debe realizar el cambio, ya que si el nivel llega al 14% se suspende el proceso automáticamente.

Tabla 26. Conversión de operaciones internas a externas para cambio de tanque

No	Descripción de la Actividad	Operación Interna	Operación Externa
1	Suspender la alimentación de crema hacia el FRV	X	X
2	Desplazarse hasta la CAVA para realizar el cambio de tanque	X	X
3	Realizar cambio de tanque	X	X
4	Iniciar la alimentación de crema hacia el FRV	X	X
5	Arranca la maquina		X

Fuente: Elaboración propia

d. Mejora a las operaciones internas y externas

El operario debe estar pendiente del nivel de llenado del tanque, para poder realizar el cambio mientras la maquina está en funcionamiento de modo manual y se alimenta de la crema que está en el tanque pulmón. Una vez el cambio del tanque de Cava está listo se vuelve a activar el modo automático y a bombear la crema hasta el filtro sin necesidad de reiniciar el FRV.

2.1.4 Cambio de referencia

Este cambio es muy similar al cambio de rollo, puesto que es cambiar el rollo de la referencia con la que se está produciendo, al rollo de la nueva referencia y cambiar su codificación (actividad que no involucra parar la producción), solo se cambia de rollo cuando el empaque es diferente, de seguir con el mismo empaque lo único que cambia es la codificación.

Los pasos de SMED para este paro son los mismos pasos de cambio de rollo y por lo tanto son las mismas oportunidades de mejora ya descritas anteriormente.

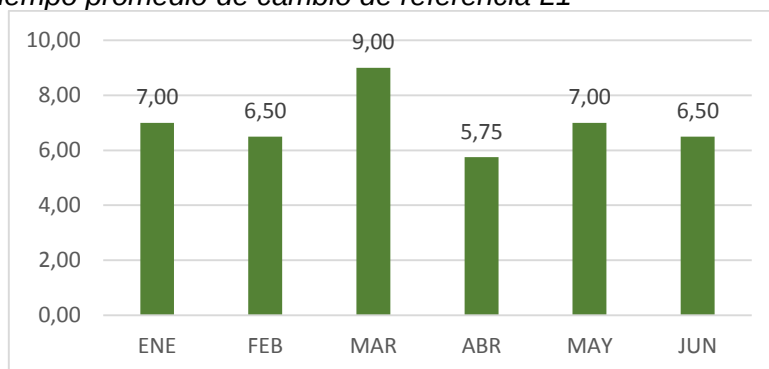
Se tiene que durante el tiempo analizado:

En L1 se detuvo la producción 13 veces con un promedio de 6,62 minutos por turno (Ver gráfico 16).

En L2 se detuvo la producción 103 veces con un promedio de 7,47 minutos por turno (Ver gráfico 17).

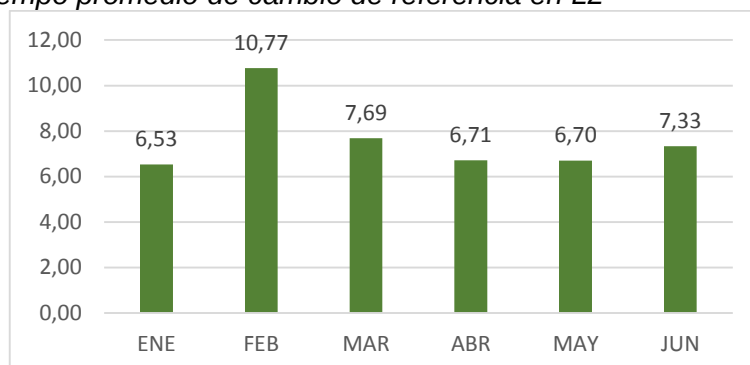
En la línea ESSE-GI se detuvo la producción 18 veces con un promedio de 10,28 minutos por cambio (Ver gráfico 18)

Gráfico 16. Tiempo promedio de cambio de referencia L1



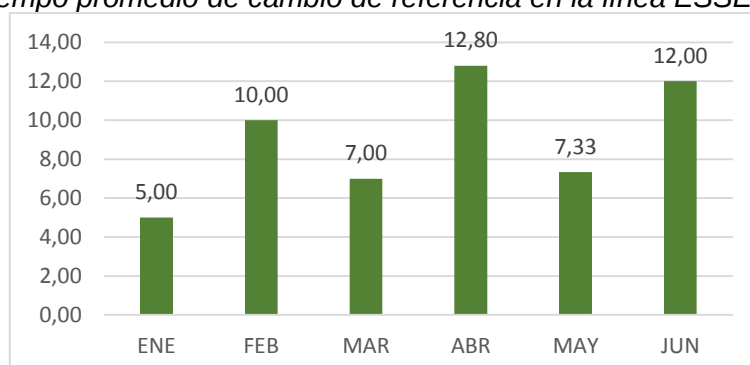
Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 17. Tiempo promedio de cambio de referencia en L2



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 18. Tiempo promedio de cambio de referencia en la línea ESSE-GI



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Las frecuencias del paro tanto para la L1 como para la ESSE-GI no son muy altos, puesto que es un paro que en ocasiones no necesita del cambio de rollo, y se realiza con la maquina funcionando. Para las 3 líneas el tiempo promedio es un poco elevado por lo que se propone seguir las recomendaciones del cambio de rollo, y además de esto que el encargado del cambio de codificación lo realice cuando la maquina esté en funcionamiento y no vaya tener que pararla.

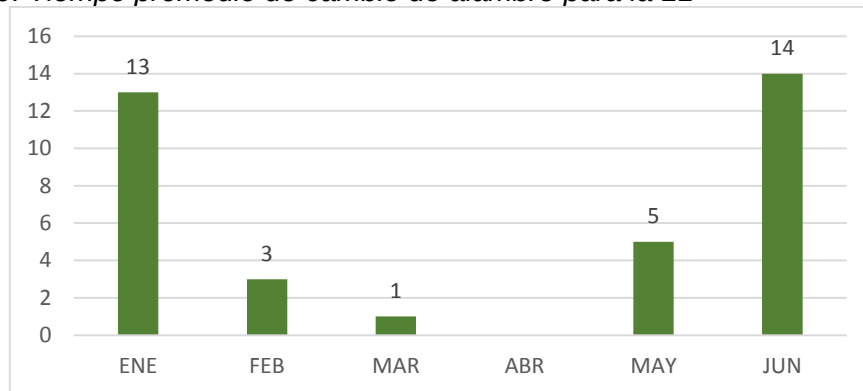
2.1.5 Cambio de alambre

Este cambio solo se realiza para línea 1 y 2, ya que es el cambio de alambre de la cortadora de pastillas. No se consideró en el presente trabajo ya su frecuencia es baja porque el alambre tiene una gran durabilidad. Sin embargo, un cambio en el proveedor de este material significó un aumento en la frecuencia, pero se tomaron las medidas pertinentes.

Durante el primer semestre del 2018 en L1 se obtuvo una frecuencia de cambio de alambre de 36 veces con un tiempo promedio de 5,86 minutos; en L2 se obtuvo una frecuencia de 29 veces con un promedio de 7,48 minutos. En los gráficos 19 y 20, se muestra la frecuencia del paro por cada mes, donde se puede observar que en la línea 1, los meses con mayor frecuencia fueron enero y junio,

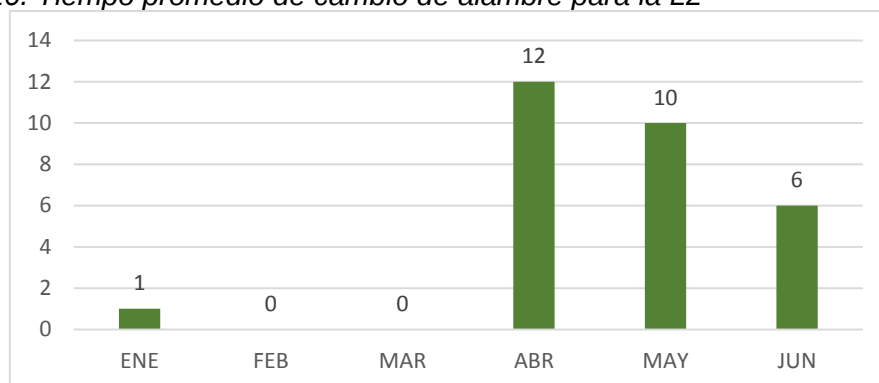
y que incluso en abril no se realizó. En la línea 2 abril y mayo son los meses con mayor frecuencia del paro y lo que son febrero y marzo no se presentó el cambio.

Gráfico 19. Tiempo promedio de cambio de alambre para la L1



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 20. Tiempo promedio de cambio de alambre para la L2



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

2.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM

Para dar solución a los problemas asociados al área de mantenimiento, se procede a aplicar la filosofía TPM cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, es decir, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada sin paradas no programadas. (García, 2012).

Martínez (2001) y Cuatrecasas y Torrel (2010) sugieren que el TPM no es responsabilidad solo del personal de mantenimiento sino de todos los que intervienen en el proceso operativo. Los operarios se deben ocupar de algunas tareas de mantenimiento tales como la limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones.

Tabla 27. Descripción de las seis grandes pérdidas

1. Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
2. Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos) que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o al hacer un ajuste.
3. Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores) durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones, etc.
4. Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima), que produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
5. Defectos en el proceso, que producen pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.
6. Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha en vacío, periodo de prueba, etc.

Fuente: Elaboración propia

Esta metodología identifica seis fuentes de pérdidas (denominadas las seis grandes pérdidas) que reducen la efectividad de las máquinas por interferir con la producción. En la tabla 27 se describen las seis grandes pérdidas.

Teniendo en cuenta la información suministrada de los paros de tiempo en el área de corte (Ver anexo 1) y las causas identificadas en el análisis causal (Ver anexo 2) se evidenció que uno de las principales causas que generan el desperdicio de tiempo son las fallas mecánicas de las máquinas e instrumentos. Debido a esto, se evidencia la necesidad de actuar en la mejora del proceso de mantenimiento, como medida para evitar y minimizar los retrasos ocasionados por estas fallas. Se propone la implementación de la metodología TPM como solución a esta problemática.

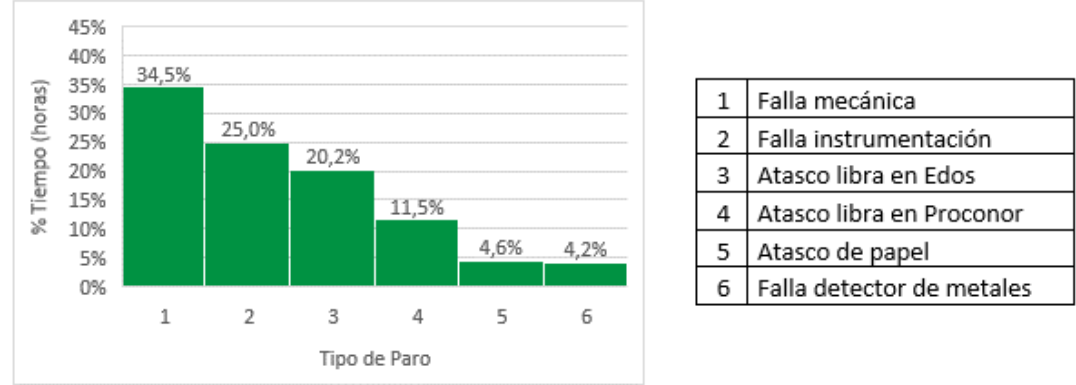
En primera instancia se priorizan las fallas que generan más pérdida de tiempo para determinar cuales se deben tratar primero.

Para la priorización se realizaron gráficos de barras con el tipo de paro en cada una de las líneas y su porcentaje de tiempo, (ver gráfico 21, 22 y 23). A partir de esto, se evidenció la existencia de fallas en común para las tres líneas, aunque su relevancia en cada una representa porcentajes diferentes.

El tiempo total de paro en L1, por fallas mecánicas de las maquinas e instrumentos es de 135,05 horas, de las cuales el 34,5% corresponde a falla mecánica, que son las asociadas a las averías del FRV, la Proconor y la Edos; el 25% corresponde a falla de instrumentación, las cuales se ocasionan cuando falla algún instrumento o herramienta; los atascos de libra en Edos representan el 20,2%, asociados al atasco de las libras a la hora de empacarse; el atasco de libra en Proconor representa el 11,5% el cual se ocasiona cuando se atasca la libra mientras se envuelve y se sella; el atasco de papel representa el 4,6%,

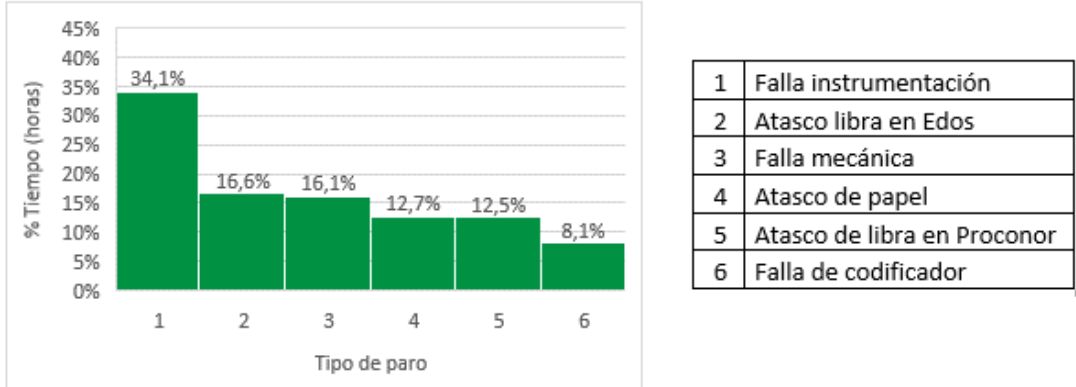
cuando hay mala calibración entre el rollo de papel y el sensor; y el 4,2% cuando falla el detector de metales.

Gráfico 21. Fallas mecánicas en L1



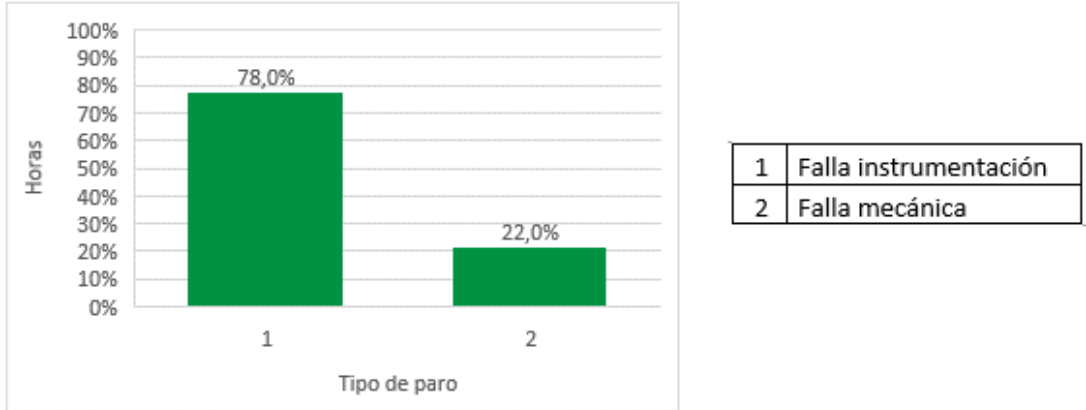
Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Gráfico 22. Fallas mecánicas en L2



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A

Gráfico 23. Fallas mecánicas en la línea ESSE-GI



Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A

En L2, el tiempo total del paro es de 126,07 horas, de las cuales el 34,1% es debido a falla de instrumentación, el atasco de libra en Edos y la falla mecánica representan el 16% cada una, el atasco de papel y atasco de libra en Proconor ocasionan el 12% cada una, por último, el 8,1% lo representa la falla del codificador.

En la Línea ESSE-GI el tiempo total de paro es de 51,77 horas de las cuales el 78% corresponde a falla de instrumentación y el 22% a falla mecánica.

De lo anterior, se puede inferir que la falla mecánica y falla de instrumentación son comunes y representativas en las tres líneas, y los atascos de libra en Edos y Proconor son comunes en la L1 y L2. Por tal razón se decide dar una propuesta para minimizar el tiempo y la frecuencia de dichas fallas mediante la implementación del TPM.

2.2.1 Pasos para la implementación del TPM

A continuación, se explican cada uno de los pasos de las etapas de preparación e implementación preliminar (pasos 1-5); a partir de este punto es el comienzo de la implementación y la práctica del TPM en la empresa; por lo cual la propuesta no aborda las etapas de implementación y estabilización.

Fase 1: Decisión de la dirección de aplicar el TPM en la organización

La alta dirección debe hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM en la compañía. Esta decisión se debe infundir con entusiasmo para generar expectativas en los empleados. El objetivo de este comunicado es hacer una presentación formal para introducir el concepto, las metas y los objetivos esperados del TPM, además de explicar y justificar la decisión de implantar esta metodología.

Es de vital importancia el apoyo persistente y firme liderazgo de la alta dirección para crear un ambiente favorable que genere un cambio efectivo.

Fase 2: Lanzamiento de una campaña educativa

Inmediatamente se ejecute el paso 1, se debe dar paso al entrenamiento y promoción del programa de desarrollo del TPM. El objetivo principal de la campaña es motivar el ánimo de los trabajadores y romper con la resistencia al cambio.

La resistencia frente al TPM puede adoptar diferentes formas, ya que la mayoría de operarios de producción creen que el TPM incrementara la carga de trabajo mientras que el personal de mantenimiento es escéptico sobre la capacidad de los operarios para practicar actividades de mantenimiento preventivo.

Se diseñará un plan de capacitaciones para explicar al personal un conjunto de técnicas y procedimientos que se pueden ejecutar para el desarrollo de los pilares del TPM.

Una vez se hayan transmitido las bases teóricas necesarias al personal y en combinación con la experiencia acumulada del trabajo diario, se espera que su desempeño sea correcto en las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos.

Para lograr esto el TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades en el desempeño de las siguientes actividades (Sánchez & Lozada, 2013):

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Poder analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

Planeación de las capacitaciones

Se propone una capacitación inicial introductoria para enseñar los conceptos básicos necesarios del TPM para iniciar un proceso de reconocimiento y concientización. Esta capacitación será dada a todo el personal de la empresa (jefes, coordinadores y operarios).

Los temas a tratar serán: concepto, historia, primeras implementaciones, objetivo, función, visión, resultados esperados y características básicas del TPM.

Se proponen capacitaciones adicionales y específicas para los jefes y supervisores de cada área involucrada, ya que deben conocer a detalle la metodología del TPM para dirigir su personal a cargo.

Se recomienda la evaluación al personal al final de cada capacitación para medir la efectividad de estas.

Fase 3: Estructura de promoción TPM

La estructura promocional TPM está conformada por comités y grupos de proyectos en cada nivel de la empresa.

De acuerdo a la estructura de la organización y a los recursos disponibles, se propone estructurar los equipos de trabajo por los pilares a abordar:

mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y educación y entrenamiento.

Para garantizar la participación de todos los niveles de la empresa, en cada comité/grupo debe haber al menos un jefe, un coordinador y un operario. Cada integrante debe tener habilidades desarrolladas de comunicación, liderazgo, organización, trabajo en equipo, atención al detalle, creatividad y análisis. Además, debe cumplir con los respectivos requisitos de educación, experiencia y entrenamiento que se definan para cada cargo.

Fase 4: Establecer políticas y objetivos del TPM

Cada equipo de los pilares a implementar del TPM debe diseñar un logo y eslogan que identifique su objetivo dentro del proyecto. También se debe estructurar una misión y visión donde se incluyan los periodos de tiempo estimados para cada meta propuesta, las cuales deben ser claras, precisas, cuantitativas y razonables de acuerdo a la situación actual de la empresa.

La alta dirección debe crear una política que será la base para la implementación de los pilares del TPM, en la cual se manifieste el compromiso y la persistencia de toda la compañía durante el proceso de implementación.

Fase 5: Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

Mediante la revisión de la literatura se evidenciaron diferentes casos de éxito en la implementación del TPM, obteniendo como resultados lo siguiente:

En la planta de producción Ofixpres S.A.S de Palmira Valle del Cauca se implementaron los pilares del TPM de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo obteniendo como resultados disminuciones del 25% en tiempos promedios de arreglos a la maquinaria.

En una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, gracias a la capacitación que se dio al personal sobre las reparaciones a las maquinas se logró disminuir el tiempo de reparación de los equipos en un 31%.

Una de las empresas más grandes de México, dedicada a la manufactura de galletas, golosinas, pastas, cereales y otros productos alimenticios decidió implementar la estrategia de TPM para reducir las demoras de distribución por tiempo muerto de las máquinas. La solución implementada logró dar un uso más eficiente a las máquinas reduciendo los tiempos muertos en un 40%.

A través de una prueba piloto en la empresa Donaldson S.A. de C.V. en el proceso de Roscado del Baffle el cual tiene tiempos elevados de paros por desajustes en la maquina el número de paros no programados al día después de la implementación del programa TPM, se redujo un 75%.

En una empresa de fabricación semiautomática de Bangladesh se realizó una investigación sobre las causas clave del tiempo de inactividad y diversos factores del tiempo de inactividad durante TPM, donde a partir del análisis de datos se evidencio que el tiempo de inactividad total del tiempo de inactividad medio se redujo en un 14,5% en el segundo año de la implementación TPM. Esto muestra el impacto positivo de la implementación.

A partir de las cifras de disminución de tiempos muertos y frecuencia de paros mencionados anteriormente se pretende reducir entre un 15 y 40% el tiempo perdido debido a la ineffectividad del plan de mantenimiento actual y a las fallas mecánicas de la maquinaria e instrumentos; además, de mejorar la capacidad

Con la implementación del TPM de respuesta rápida de los operarios a pequeñas averías durante cada turno y la reestructuración del plan de mantenimiento preventivo.

Para ello se proponen aplicación del mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y educación y entrenamiento.

2.2.1.1 Mantenimiento autónomo

Comprende la participación de todos los operarios para prevenir deterioros y averías de primer nivel en las máquinas e instrumentos.

Por medio de capacitaciones, el operador será un experto en cada uno de los equipos, capaz de evaluarlos y anticiparse al fallo.

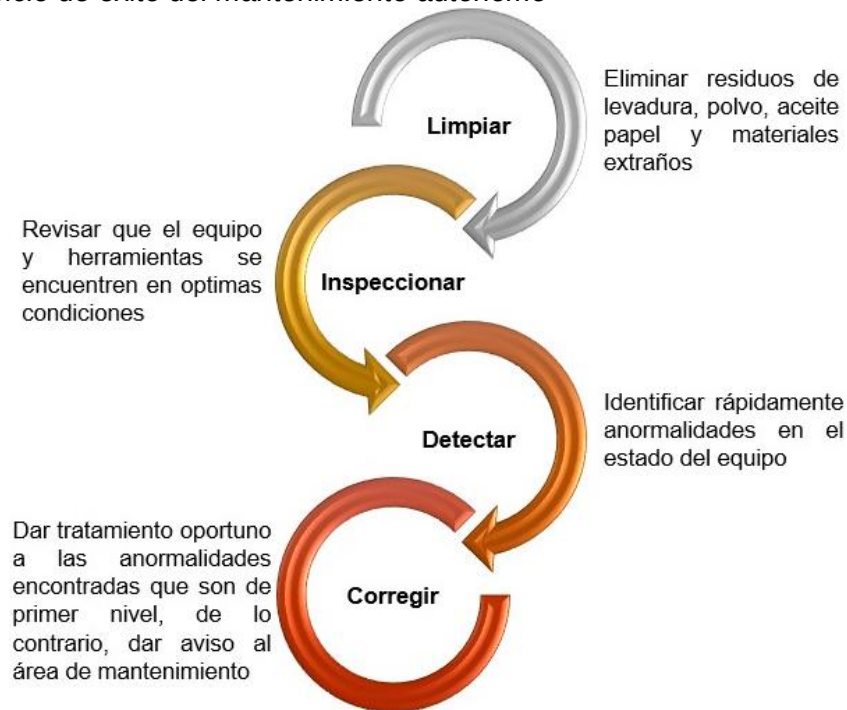
Existen tres etapas de desarrollo que se pretenden alcanzar con la implementación del mantenimiento autónomo (Álvarez, 2008):

- Mejorar la efectividad de los equipos con la participación del personal
- Mejorar las habilidades y capacidades de los operarios para mantener altos niveles de eficiencia de los procesos de producción.
- Mejorar el funcionamiento en general de la organización.

Se sugiere que el operario, en el primer turno de cada día pueda detectar cualquier anomalía en su respectiva máquina, mediante el seguimiento a un ciclo que permita el éxito del mantenimiento autónomo. (Ver figura 3).

La primera y segunda etapa del ciclo, limpieza e inspección, se puede cumplir mediante la aplicación de la metodología 5'S (Ver figura 4) la cual crea una cultura de orden y aseo en los operarios y hace de la limpieza un proceso de inspección para evitar el deterioro a través de la mejora de las condiciones básicas de operación.

Figura 3. Ciclo de éxito del mantenimiento autónomo



Fuente: Elaboración propia

En la tercera fase del ciclo, detección, se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación activa del operario; quien ha sido preparado y entrenado sobre la composición del equipo, elementos, partes, como también sobre el proceso de como reconstruir el fallo encontrado.

Para garantizar que las fallas detectadas serán tratadas y/o corregidas, se crea un formato que debe ser diligenciado en el momento de la ejecución de las etapas anteriores, en el cual se especifica si se realizaron cada una de las fases, sus respectivos hallazgos y las acciones tomadas. (Ver anexo 6).

Figura 4. Aplicación de la metodología 5 S

PALABRA EN JAPONES		TRADUCCIÓN	BENEFICIOS
SEIRI	整理	ORGANIZAR O CLASIFICAR	• Disminuir la interrupción en el flujo de producción. • Tiempos de respuesta más rápidos. • Liberar espacio Físico. • Disminuir defectos. • Gestión con Stocks reducidos. • Crear áreas de trabajo seguras. • Disminuir los factores de riesgo. • Mejorar la responsabilidad y compromiso.
SEITON	整頓	ORDENAR	• Eliminar accidentes causados por elementos dejados en sitios en los cuales no deben estar. • Disminuir la probabilidad de incurrir en un error al tratar de ubicar un elemento. • Crear una Cultura o pensamiento visual que ayude a establecer y actuar con base a estándares y señales visibles utilizadas para la ubicación de elementos.
SEISO	清掃	LIMPIAR	• Aumento de la vida útil del equipo e instalaciones. • Menos probabilidad de contraer enfermedades. • Menos accidentes. • Mejor aspecto. • Ayuda a evitar mayores daños a la ecología.
SEIKETSU	清潔	ESTANDARIZAR	• Se guarda el conocimiento producido durante años. • Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente. • Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo. • Se evitan errores de limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
SHITSUKE	躰	DISCIPLINA	• Se evitan reprimendas y sanciones. • Mejora la eficacia de los operarios. • El personal es más apreciado por los jefes y compañeros. • Mejora nuestra imagen.

Fuente: El mantenimiento productivo total TPM y la importancia de recurso humano para su exitosa implementación. 2009.

2.2.1.2 Mantenimiento planificado

Para la aplicación de este pilar es necesario contar con la ficha técnica de cada equipo, ya que el plan de mantenimiento planificado debe estar preparado en función a lo que establece el fabricante.

En LEVAPAN, el área de mantenimiento tiene incluido en su política el mantenimiento planificado. Con las pérdidas identificadas en el registro como resultado de las fallas mecánicas y de instrumentación (Ver gráfico 21, 22 y 23). se evidencia la necesidad de reestructurar dicha política y el plan de mantenimiento planificado.

Por lo anterior se propone seguir los seis pasos sugeridos por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) para la implementación del mantenimiento planificado (Ver tabla 28).

Tabla 28. Pasos para la implementación del mantenimiento planificado

PASOS	DESCRIPCIÓN
1. Identificar el punto de partida del estado de los equipos	Mejorar la información disponible de cada equipo para crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas del equipo.
2. Eliminar deterioro del equipamiento y mejorarlo	Eliminar los problemas de los equipos y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallos similares
3. Mejorar el sistema de información para la gestión	Mejorar el sistema de información de tal forma que se puedan identificar las fallas y averías para su eliminación
4. Mejorar el sistema de mantenimiento periódico	Establecer estándares de mantenimiento, preparar el mantenimiento periódico y crear flujos de trabajo.
5. Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo	Introducir tecnologías que permitan conocer el comportamiento de las máquinas.
6. Desarrollo superior del sistema de mantenimiento	Desarrollar procesos Kaizen para la mejorar del sistema de mantenimiento periódico desde el punto de vista técnico, humano y organizativo. Se debe evaluar los resultados de los indicadores para conocer los beneficios económicos y tecnológicos.

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A

Para identificar cuáles de los pasos anteriores falta por ejecutar, se debe realizar una comparación de estos con el programa de mantenimiento de la empresa; y así definir las acciones necesarias para la completa implementación del mantenimiento planificado.

Cabe señalar que el cumplimiento de algunos pasos se puede lograr de forma simultánea con la implantación del mantenimiento autónomo ya que se basan en la identificación y eliminación de la recurrencia de fallos y averías, en proponer mantenimientos periódicos y llevar de forma clara y precisa el registro de la información asociada al área de mantenimiento. Para este último aspecto, se propone mejorar el formato de la base de datos de paros por fallas mecánicas. (Ver figura 5)

Con la información que se obtenga de la base de datos, se deben crear indicadores que midan el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de

reparación (MTTR) los cuales permitan identificar nuevas oportunidades de mejora.

Figura 5. Propuesta de mejora para el formato de la base de datos por fallas mecánicas

MES	SEMANA	DÍA	LÍNEA	EQUIPO	TIPO DE PARO	HORA DE NOTIFICACIÓN
Especificación de la fecha en que se produce el paro			Especificación de la línea en que ocurre el paro L1-L2-ESSEGI	Nombre del equipo donde se presenta la falla.	Nombre del tipo de paro ocurrido.	Hora en que el área de mantenimiento es notificado de la falla.

HORA DE RESPUESTA	TIEMPO (MIN)	HORAS	DESCRIPCION DEL PARO	SOLUCIÓN	RESPONSABLE
Hora en que el técnico llega al equipo averiado.	Tiempo en minutos del paro.	Tiempo en horas del paro.	Descripción detallada de la causa del paro.	Descripción detallada de la acción tomada para eliminar la avería.	Técnico responsable de dar solución a la falla.

Fuente: Elaboración propia a partir del registro de paros de LEVAPAN S.A.

Educación y entrenamiento

Uno de los objetivos de la etapa de preparación de la implantación del TPM es educar y entrenar continuamente al personal acerca de los diferentes tipos de mantenimiento y demás elementos que involucra el TPM: conceptos generales, 5'S, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, diligenciamiento de registros y herramientas de análisis para los comités del TPM. Estas capacitaciones se deben impartir a todos los niveles de la planta como son, la alta dirección, jefes de turno, coordinadores, técnicos y operarios.

Con la implementación del pilar de entrenamiento se pretende eliminar el tiempo perdido ocasionado por la falta de habilidades de los colaboradores para desarrollar sus actividades.

Para el entrenamiento en la aplicación TPM es utilizada la herramienta LUP's o Lecciones de un punto, la cual permite transmitir conocimientos y habilidades a los operarios sobre la maquinaria y se logra a través del análisis de casos que son socializados en grupo con el apoyo del líder de área o de proceso. (Álvarez, 2002).

Lecciones de punto

Las LUP's (Lecciones de punto) son una herramienta fundamental en la aplicación del TPM y se pueden aplicar durante todos los pilares de este. Se

aplica mediante un documento gráfico para asegurar el conocimiento en el proceso de implementación tanto industrial como de formación del puesto de trabajo por parte del personal; una LUP's involucra casos de mejora y casos de problemas a manera de retroalimentación y asimismo fomenta las habilidades del trabajo en equipo (López, 2009)

Con esta herramienta se pretende principalmente incrementar los conocimientos y habilidades a corto plazo, consignándolos y teniéndolos disponibles en el momento que sean requeridos.

Todo lo anterior, corresponde a la etapa de preparación de la implantación del TPM, el paso a seguir es la puesta en marcha de una prueba piloto en una de las maquinas del área de corte para obtener resultados preliminares, analizarlos y evaluarlos, y decidir si se continua con la implementación total del TPM.

3 SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE SMED Y TPM

La simulación de un proceso pretende ahorrar costes reduciendo los tiempos perdidos en el proceso y permitiendo la optimización de éste. Además, se produce un ahorro en la fabricación de prototipos y permite ver el funcionamiento antes que se realice el propio proceso, ayudando a descubrir posibles deficiencias en éste antes de causar mayores consecuencias. (López Hernández, 2016)

A partir del análisis preliminar realizado en el área de corte para la producción de levadura fresca y la propuesta de aplicación de herramientas de manufactura esbelta, SMED y TPM para la disminución de tiempos perdidos, se construye un modelo de simulación a través del programa Arena Simulation que representa la situación actual de la empresa y diferentes escenarios de propuesta que permita validar la efectividad de las herramientas de la manufactura esbelta en los procesos.

El lenguaje de programación utilizado para los diferentes modelos a utilizar es el lenguaje SIMAN, el cual contiene dos programas: modelo y experimento. El modelo contiene las instrucciones ejecutables (la lógica), estas instrucciones se llaman Bloques; el experimento contiene las condiciones experimentales, se definen las variables, atributos, recursos, filas y otros, aquí las instrucciones se llaman Elementos.

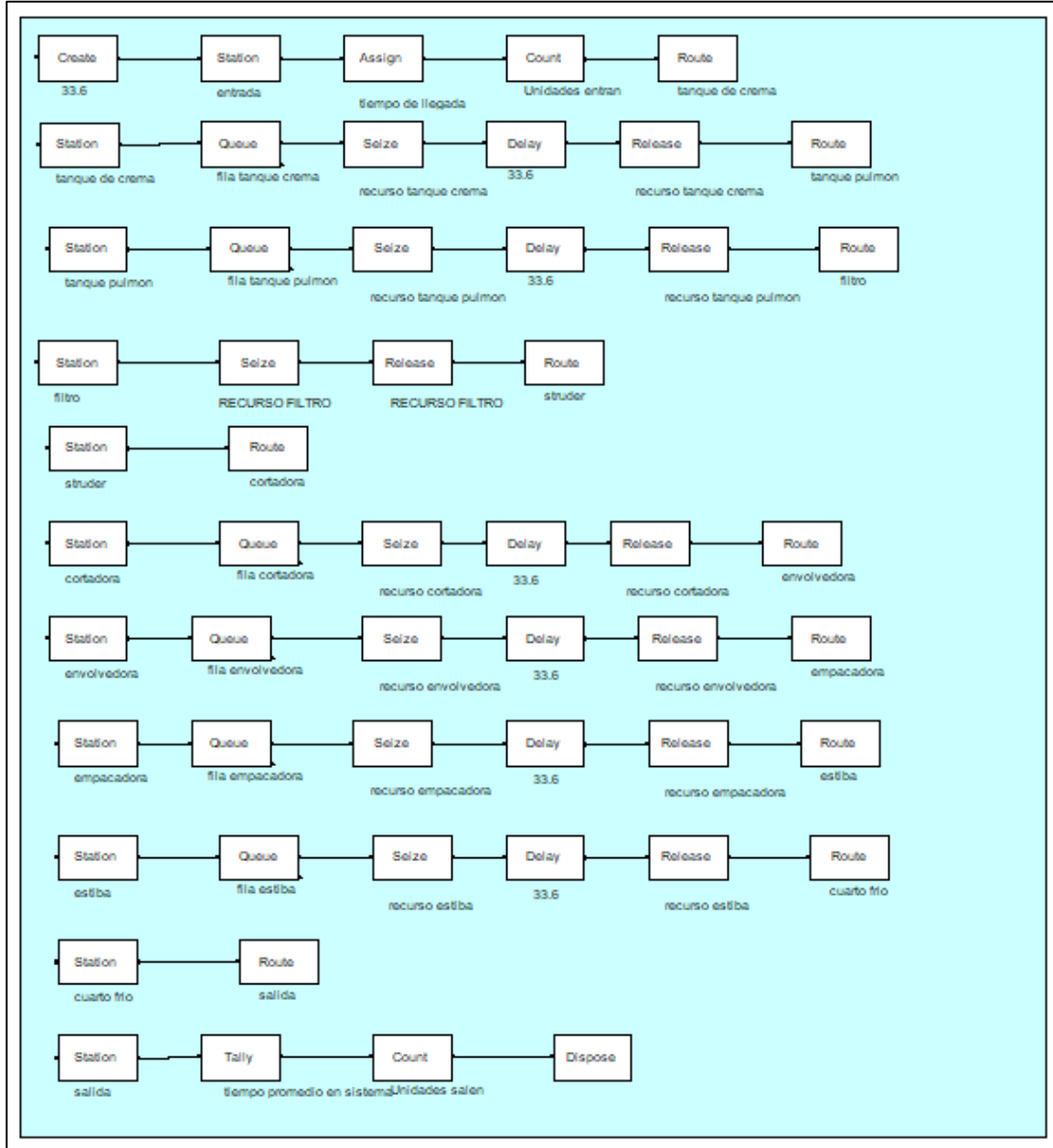
3.1 MODELO DE SIMULACIÓN SITUACIÓN ACTUAL

Se construyó bajo el análisis preliminar del proceso, mediante la observación, el análisis de la base de datos paros en corte y el estudio de tiempos realizado para los paros por condiciones normales de operación.

El modelo de simulación actual se realizó para las tres líneas de producción, L1, L2 y ESSE GI.

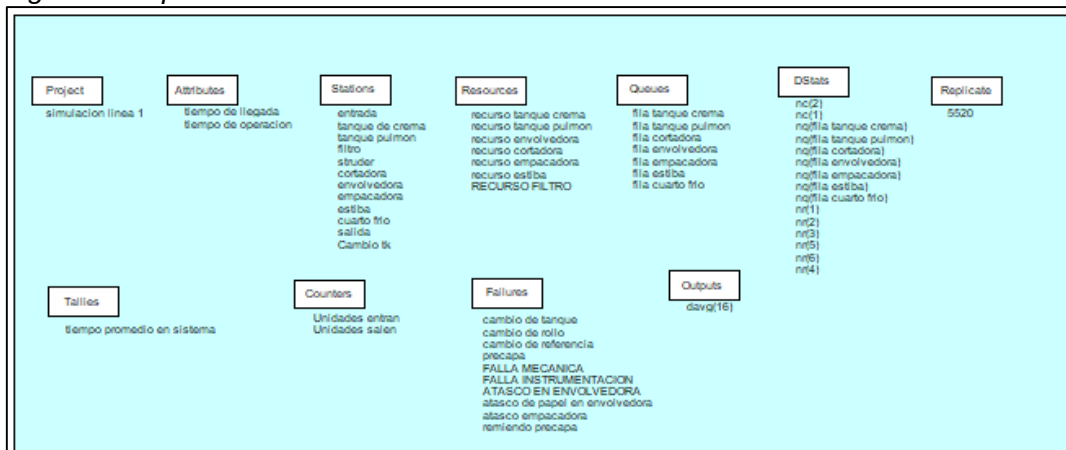
Para la línea 1 (Ver figura 6 y 7), corre un tiempo de 92 horas, que representa en promedio una semana de trabajo, se realizaron 26 réplicas para representar las semanas del periodo enero-junio, la simulación se realiza en toneladas semanales debido a las limitaciones con que cuenta el programa por ser la versión estudiantil, para este escenario se encontró un promedio de toneladas producidas de 71.442. (Ver figura 12). Para la línea 2 se corre un tiempo de 122 horas, encontrando en promedio 123.08 toneladas (Ver figura 13). En la ESSE-GI se corre un tiempo de 47 horas, con un promedio de toneladas producidas de 38.499. (Ver figura 14).

Figura 6. Modelo de simulación actual en Arena L1



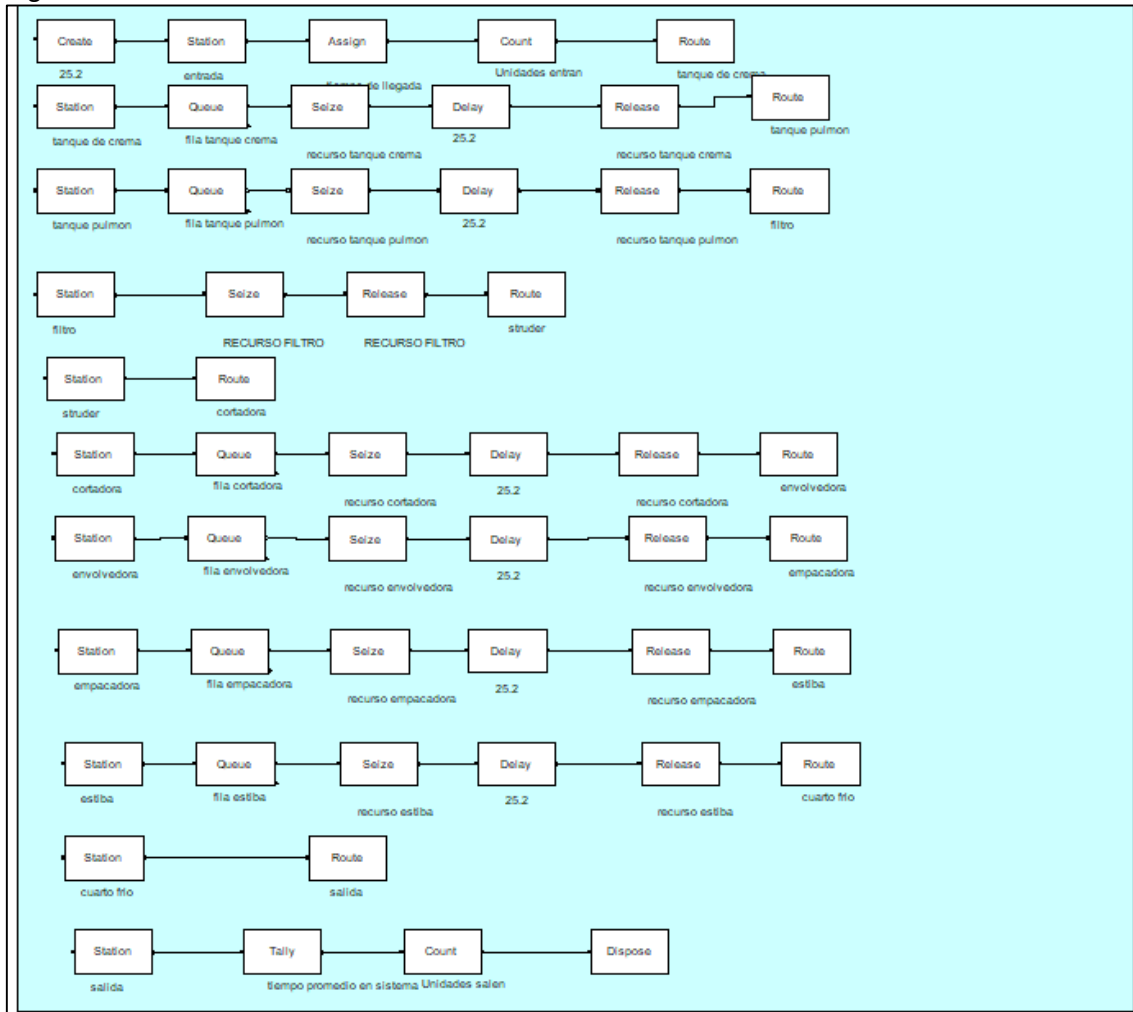
Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 7. Experimento de simulación actual en Arena L1



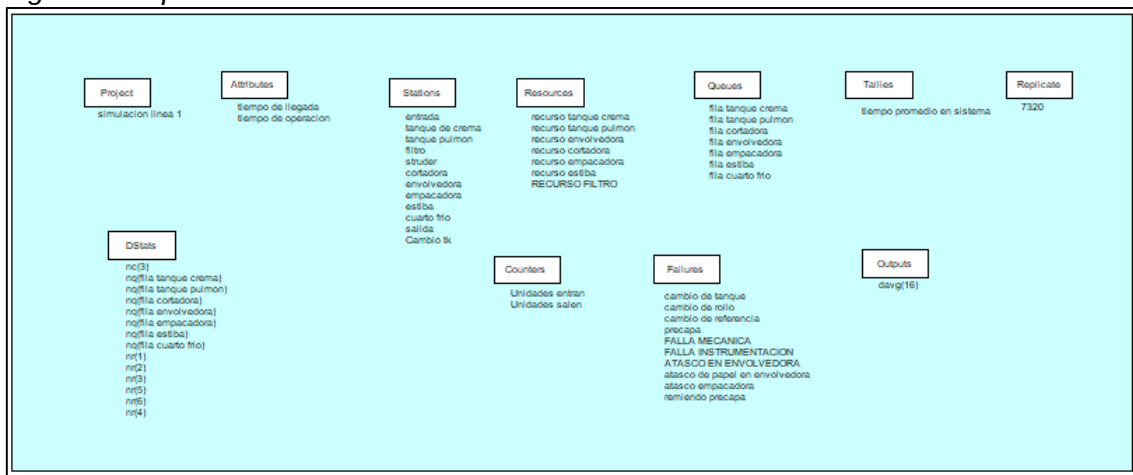
Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 8. Modelo de simulación actual en Arena L2



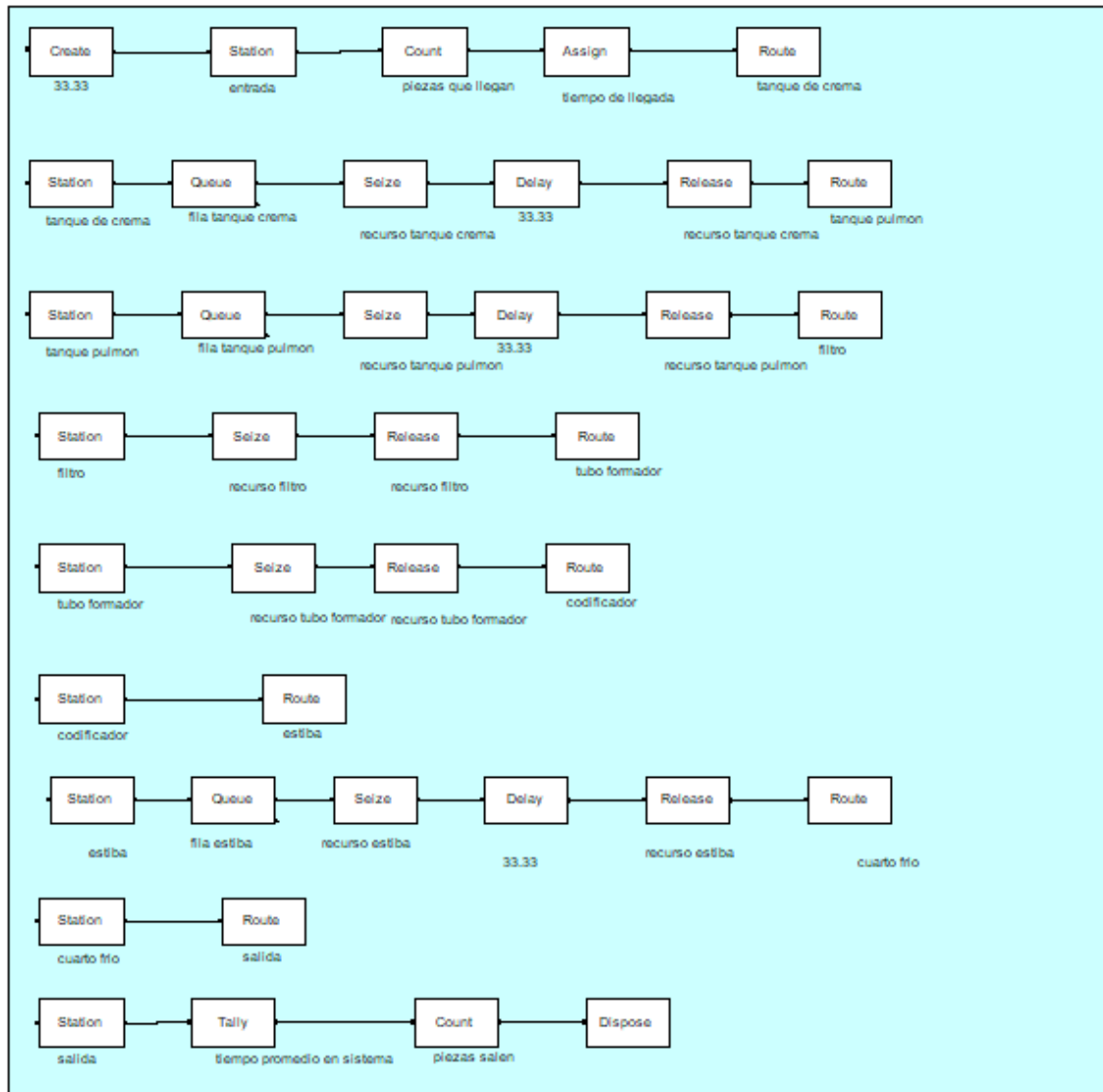
Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 9. Experimento de simulación actual en Arena L2



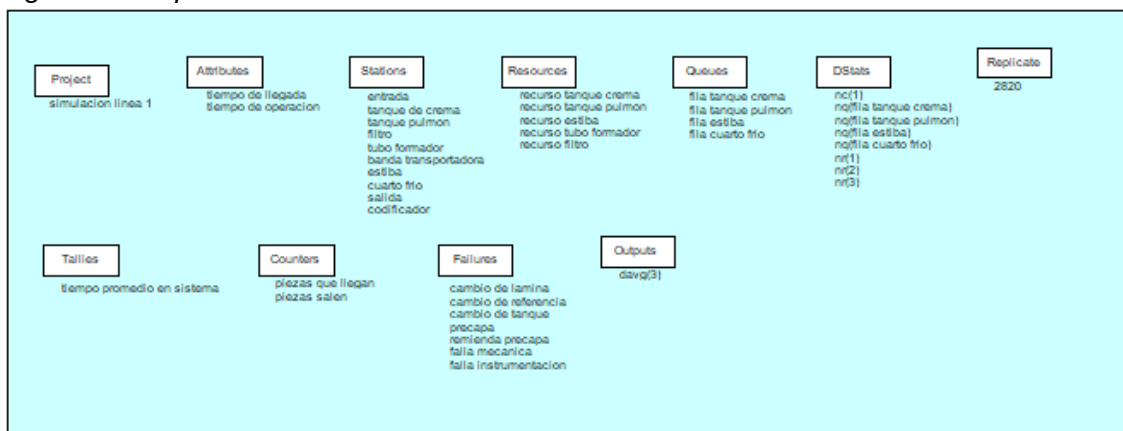
Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 10. Modelo de simulación actual en Arena ESSE-GI



Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 11. Experimento de simulación actual en Arena ESSE-GI



Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 12. Reporte de resultados del modelo actual L1

ARENA Simulation Results					
Estudiante					
Output Summary for 26 Replications					
Project: simulacion linea 1			Run execution date : 5/ 1/19		
Analyst: Leidy Llanos			Model revision date:25/ 4/18		
OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L1	71.442	.74122	67.673	73.943	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26
Simulation run time: 0.12 minutes.					
Simulation run complete.					

Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 13. Reporte de resultados del modelo actual L2

ARENA Simulation Results					
Estudiante					
Output Summary for 26 Replications					
Project: simulacion linea 2			Run execution date : 5/ 2/19		
Analyst: Leidy Llanos			Model revision date:25/ 4/18		
OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L2 SA	123.08	1.3379	110.22	126.64	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26
Simulation run time: 0.23 minutes.					
Simulation run complete.					

Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

Figura 14. Reporte de resultados del modelo actual ESSE-GI

ARENA Simulation Results					
Estudiante					
Output Summary for 26 Replications					
Project: simulacion Esse gi			Run execution date : 5/ 2/19		
Analyst: Leidy Llanos			Model revision date:25/ 4/19		
OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas Esse gi SA	38.499	.49065	33.882	39.210	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26
Simulation run time: 0.05 minutes.					
Simulation run complete.					

Fuente: Extraído de resultado de simulación en Software Arena Simulation.

3.2 SIMULACIÓN DE SITUACIÓN PROPUESTA

El modelo de simulación de la propuesta se construye a partir de las mejoras propuestas para la aplicación del SMED y del TPM, a partir de estos datos se determinó la reducción del tiempo de paros, los cuales se utilizaron para el modelo de la situación propuesta, se realizaron cuatro escenarios propuestos, variando los tiempos de paro por falla mecánica, falla de instrumentación y atascos en el caso de la L1 y L2, estos escenarios se realizan con el fin de mostrar el éxito que puede tener la implementación del TPM, en el caso del SMED la propuesta de mejora se comporta igual en los 4 escenarios. En la tabla 29, 30 y 31 se muestran los tiempos de paro para la situación actual y los propuestos para la simulación en las tres líneas.

Tabla 29. Tiempos de paro situación actual y propuesta L1

PAROS	SITUACION ACTUAL (MIN)	SITUACIÓN PROPUESTA (MIN)			
		PROPUESTA A ESCENARIO 1	PROPUESTA ESCENARIO 2	PROPUESTA ESCENARIO 3	PROPUESTA ESCENARIO 4
CAMBIO TK	11,28	0	0	0	0
CAMBIO DE ROLLO	3,53	0	0	0	0
CAMBIO REFERENCIA	POIS(6.5)	0	0	0	0
PRECAPA	41,3	29,25	29,25	29,25	29,25
REMIENDA PRECAPA	13,58	0	0	0	0
FALLA MECANICA	5 + WEIB(43, 0.66)	4 + LOGN(39.6, 0.74)	4+WEIB(34.5, 0.663)	3 + LOGN(33.6, 0.763)	2.5 + WEIB(10.8, 0.938)
FALLA INSTRUMENTACION	2 + WEIB(28, 0.727)	1 + LOGN(29.6, 2.5)	1 + LOGN(28, 50.5)	1 + LOGN(24.8, 47.3)	1 + WEIB(18, 0.793)
ATASCO EN ENVOLVEDORA	4 + WEIB(9.98, 0.51)	3 + WEIB(11.1, 0.65)	3 + WEIB(9.85, 0.627)	2 + LOGN(10.3, 0.696)	0
ATASCO DE PAPEL EN ENVOLVEDORA	1.5 + 8 * BETA (0.785, 1.32)	1.1 + 6.9 * BETA (0.88, 1.37)	1.04 + 6.72 * BETA (0.927, 1.52)	1 + 5.79 * BETA (0.852, 1.45)	0
ATASCO EN EMPACADORA	2 + 46 * BETA(1.01, 3.48)	2 + 46 * BETA(1.01, 2.48)	2 + 43 * BETA(0.988, 3.4)	2 + WEIB(8.9, 1.3)	0

Fuente: Elaboración propia

Para los cuatro escenarios propuestos de simulación se tienen en cuenta las mismas condiciones de la situación actual, únicamente cambiando los tiempos de paro. Para lo cual se obtiene un resultado promedio de toneladas producidas.

Para la línea 1 se obtuvo, 74.520 toneladas en el escenario 1, 74.674 toneladas en el escenario 2, 74.875 toneladas en el escenario 3 y 75.913 toneladas en el escenario 4. (Ver Anexo 7).

Tabla 30. Tiempos de paro situación actual y propuesta L2

PAROS	SITUACION ACTUAL (MIN)	SITUACIÓN PROPUESTA (MIN)			
		PROPUESTA ESCENARIO 1	PROPUESTA ESCENARIO 2	PROPUESTA ESCENARIO 3	PROPUESTA A ESCENARIO 4
CAMBIO TK	11,28	0	0	0	0
CAMBIO DE ROLLO	2,26	0	0	0	0
CAMBIO REFERENCIA	1.5 + GAMM(1.86, 3.21)	0	0	0	0
PRECAPA	41,3	29,25	29,25	29,25	29,25
REMIENDA PRECAPA	3.5 + WEIB(8.17, 1.27)	0	0	0	0
FALLA MECANICA	2 + 178 * BETA(0.37, 0.982)	1 + LOGN(28.4, 53.3)	1 + LOGN(26.9, 51.5)	1 + LOGN(24, 48.6)	1 + LOGN(21.5, 48.2)
FALLA INSTRUMENTACION	2 + WEIB(57.4, 0.739)	1 + LOGN(67.5, 155)	1 + LOGN(26.9, 51.5)	1 + LOGN(57.1, 139)	1 + LOGN(51.1, 135)
ATASCO EN ENVOLVEDORA	0.5 + LOGN(7.29, 7.45)	LOGN(7.33, 1.12)	LOGN(6.9, 1.12)	LOGN(6.04, 1.12)	0
ATASCO DE PAPEL EN ENVOLVEDORA	1.5 + WEIB(6.6, 1.13)	1.5 + WEIB(6.6, 1.13)	1 + WEIB(3.5, 1.5)	1 + WEIB(3.27, 1.36)	0
ATASCO EN EMPACADORA	1.5 + LOGN(4.69, 0.996)	1 + LOGN(6.25, 1.19)	1 + LOGN(5.8, 1.18)	1 + LOGN(4.9, 1.15)	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Tiempos de paro situación actual y propuesta Esse-gi

PAROS	SITUACION ACTUAL (MIN)	SITUACIÓN PROPUESTA (MIN)			
		PROPUESTA ESCENARIO 1	PROPUESTA ESCENARIO 2	PROPUESTA ESCENARIO 3	PROPUESTA ESCENARIO 4
CAMBIO TK	11,28	0	0	0	0
CAMBIO DE LAMINA	12,63	7	7	7	7
CAMBIO REFERENCIA	1.5 + GAMM(1.86, 3.21)	0	0	0	0
PRECAPA	41,3	29,25	29,25	29,25	29,25
REMINEDA PRECAPA	3.5 + WEIB(8.17, 1.27)	0	0	0	0
FALLA MECANICA	5 + WEIB(25.1, 0.598)	4 + WEIB(23.9, 0.691)	4 + WEIB(20.1, 0.601)	3 + LOGN(20.7, 0.718)	3 + WEIB(15.2, 0.605)
FALLA INSTRUMENTACION	5 + WEIB(20.3, 0.527)	4 + WEIB(20.9, 0.677)	4 + WEIB(16.3, 0.532)	3 + LOGN(18.3, 0.714)	3 + WEIB(12.3, 0.538)

Fuente: Elaboración propia

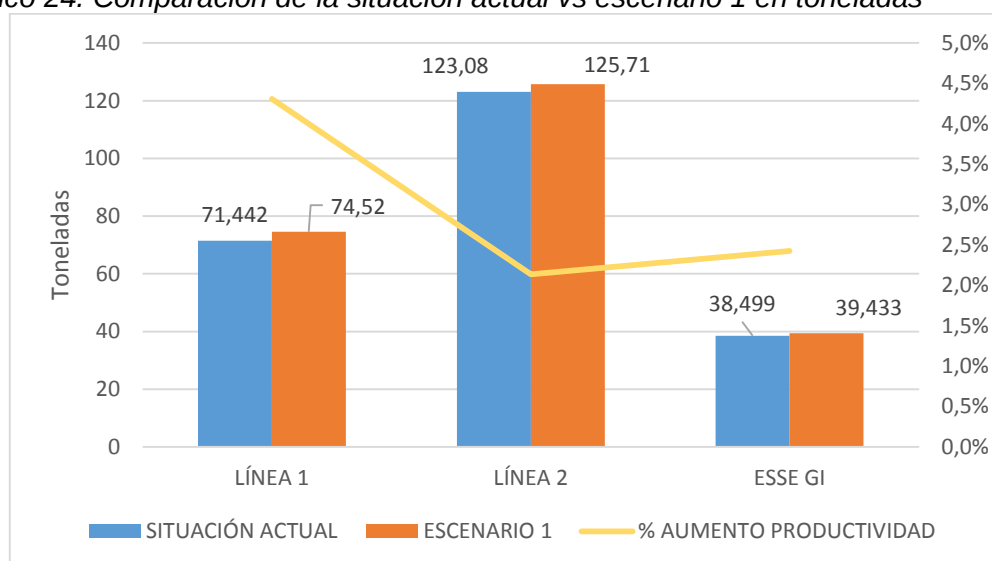
Para la línea 2 se obtuvo en el escenario 1 125.71 toneladas, en el escenario 2 128.39 toneladas, en el escenario 3 129.24 toneladas y en el escenario 4 136.21 toneladas. (Ver Anexo 8)

En la Esse-gi se obtuvo 39.433 toneladas para el escenario 1, 39.405 toneladas para el escenario 2, 39.540 toneladas para el escenario 3 y 39.558 toneladas para el escenario 4. (Ver Anexo 9)

3.3 RESULTADOS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

De lo anterior, se puede concluir que para los diferentes escenarios aumenta la productividad de cada línea, en el escenario 1 aumenta la productividad de la línea 1 en un 4.3% pasando de 71.442 toneladas a 74.520; la línea 2 aumenta su productividad en un 2.1% pasando de 123.08 toneladas a 125.71; y la ESSE-GI pasa de 38.499 toneladas a 39.433 con un aumento del 2.4%. (Ver gráfico 24).

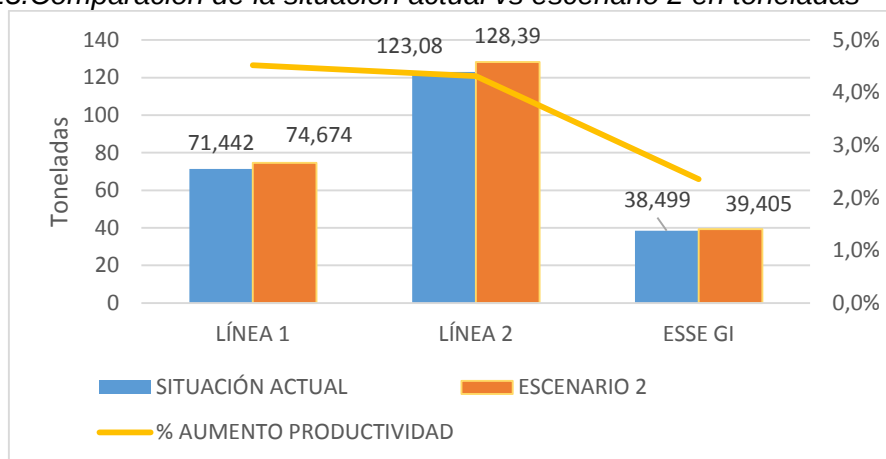
Gráfico 24. Comparación de la situación actual vs escenario 1 en toneladas



Fuente: Elaboración propia

Para el escenario 2, la línea 1 aumenta su productividad en un 4.5% pasando de 71.442 toneladas a 74.574; la línea 2 pasa de 123.08 toneladas a 128.39 toneladas con un aumento de 4.3%; y la ESSE-GI pasa de 38.499 toneladas a 39,405 con un aumento de 2.4%. (Ver gráfico 25)

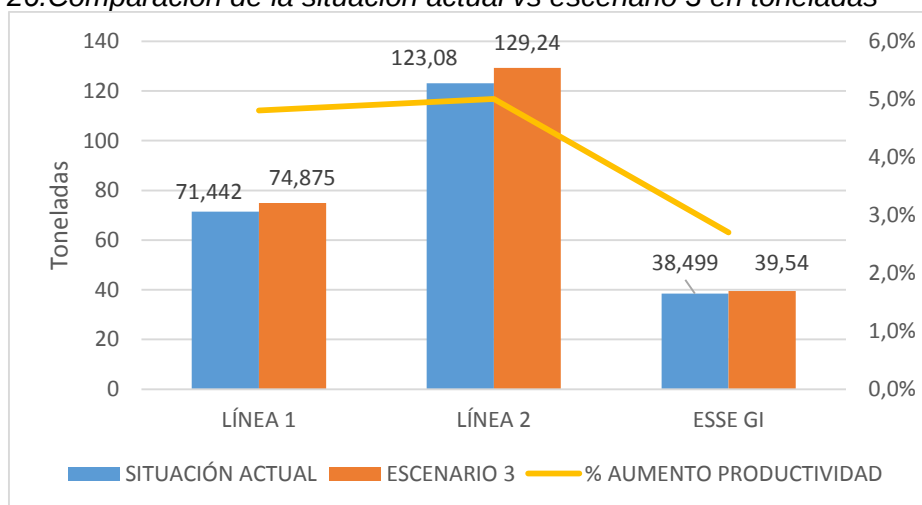
Gráfico 25. Comparación de la situación actual vs escenario 2 en toneladas



Fuente: Elaboración propia

Durante el escenario 3, la línea 1 aumenta su productividad en un 4.8% pasando de 71.442 toneladas a 74.875; la línea 2 pasa de 123.08 toneladas a 129.24 toneladas con un aumento de 5%; y la ESSE-GI pasa de 38.499 toneladas a 39,54 con un aumento de 2.7%. (Ver gráfico 26)

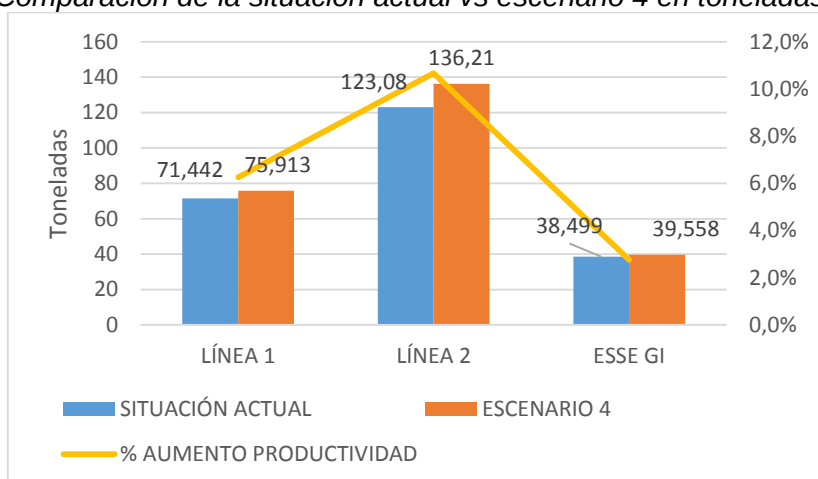
Gráfico 26. Comparación de la situación actual vs escenario 3 en toneladas



Fuente: Elaboración propia

Por ultimo en el escenario 4, la línea 1 aumenta su productividad en un 6.3%% pasando de 71.442 toneladas a 74.875; la línea 2 pasa de 123.08 toneladas a 136.21 toneladas con un aumento de 10.7%; y la ESSE-GI pasa de 38.499 toneladas a 39,558 con un aumento de 2.8%. (Ver gráfico 27)

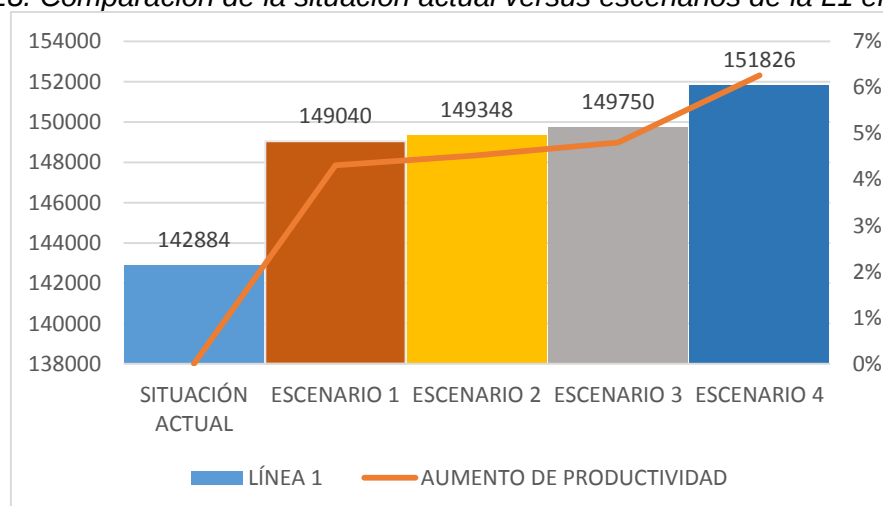
Gráfico 27. Comparación de la situación actual vs escenario 4 en toneladas



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos en los gráficos 24, 25, 26 y 27, se analiza cada línea con sus respectivos escenarios, realizando la conversión de toneladas a unidades. En el gráfico 28 se observa el comportamiento que tiene la L1 durante cada escenario; produciendo actualmente un promedio de 142.884 pastillas semanales, en el escenario 1 aumentan en promedio 6.156 pastillas pasando a 149.040 pastillas, en el escenario 2 aumentan 6.464 pastillas pasando a un promedio de 149.348 pastillas, en el escenario 3 el aumento es de 6.866 pastillas para una producción promedio de 149.750 pastillas y en el escenario 4 aumentan 8.942 pastillas para una producción de 151.826.

Gráfico 28. Comparación de la situación actual versus escenarios de la L1 en unidades

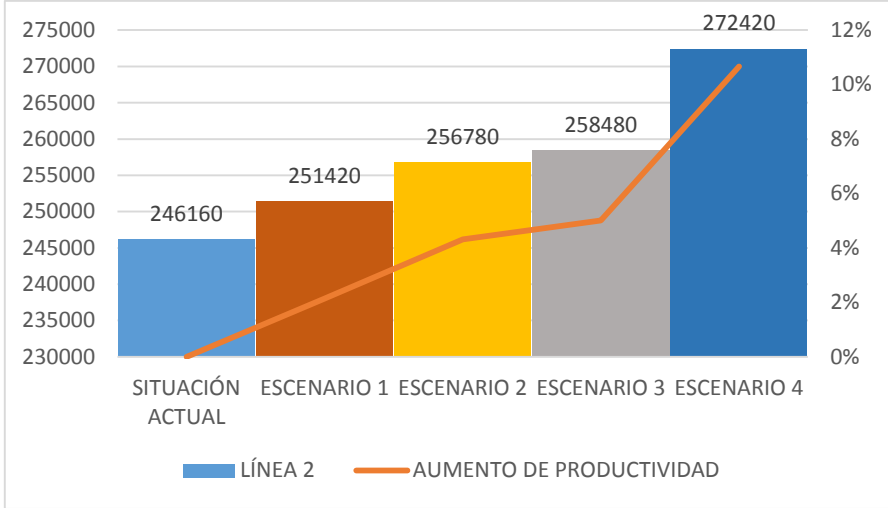


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 29 se analizan los escenarios de la L2, teniendo actualmente una producción promedio de 246.160 pastillas semanales, durante el escenario 1 la producción pasa a 251.420 pastillas con un aumento de 5.260 pastillas, para el escenario 2 el aumento de pastillas es de 10.620 pasando a una producción de

256.780 pastillas, en el escenario 3 se obtiene una producción de 258.480 pastillas con un aumento de 12.320 pastillas y en el escenario 4 aumentan 26.260 pastillas para una producción de 272.420 pastillas.

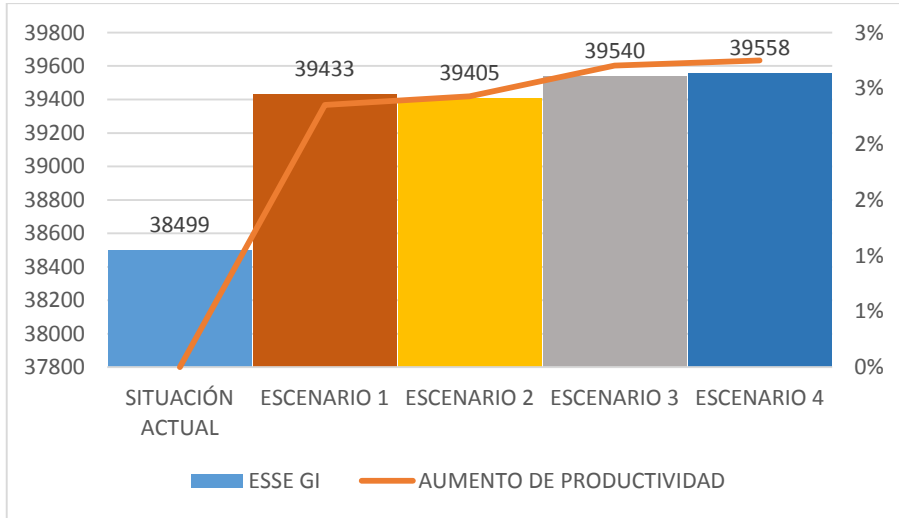
Gráfico 29. Comparación de la situación actual versus escenarios de la L2 en unidades



Fuente: Elaboración propia

Por ultimo en el grafico 30 se observa el comportamiento de la línea ESSE GI que actualmente tiene una producción promedio de 38.499 kg, en el escenario 1 los kg aumentan a 39.433 con un aumento de 930 kg, para el escenario 2 aumentan 906 kg pasando a una producción de 39.405 kg, en el escenario 3 se tiene una producción de 39.540 kg con un aumento de 1.041 kg y para el escenario 4 la producción aumenta en 1.059 kg con una producción promedio de 39,558 kg.

Gráfico 30. Comparación de la situación actual versus escenarios de la ESSE GI en unidades



Fuente: Elaboración propia

3.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Con el aumento de la productividad, disminuyen los costos generados por los paros, ya que cada unidad de levadura dejada de producir significa menos ingresos e iguales costos fijos para la empresa. (Ver tabla 32).

En la tabla 33, 34 y 35 se muestran las unidades que aumenta para cada escenario, por lo tanto, dichas unidades son las que en la situación actual se están dejando de producir y generando un costo mayor.

Tabla 32. Costo de unidades

EQUIPO	EQUIPO	COSTO UNIDADES	UNIDAD
Línea 1	Línea 1	\$ 2.199	Libra
Línea 2	Línea 2	\$ 2.199	Libra
ESSE GI	ESSE GI	\$ 1.817	Kilos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Costo de unidades dejadas de producir L1

ESCENARIO	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN TONELADAS	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN LIBRAS	COSTO UNIDADES
Escenario 1	3,078	6156	\$ 13.537.044
Escenario 2	3,232	6464	\$ 14.214.336
Escenario 3	3,433	6866	\$ 15.098.334
Escenario 4	4,471	8942	\$ 19.663.458

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Costo de unidades dejadas de producir L2

ESCENARIO	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN TONELADAS	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN LIBRAS	COSTO UNIDADES
Escenario 1	2,63	5260	\$ 11.566.740
Escenario 2	5,31	10620	\$ 23.353.380
Escenario 3	6,16	12320	\$ 27.091.680
Escenario 4	13,13	26260	\$ 57.745.740

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Costo de unidades dejadas de producir ESSE-GI

ESCENARIO	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN TONELADAS	AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS	COSTO UNIDADES
Escenario 1	0,934	934	\$ 1.697.078
Escenario 2	0,906	906	\$ 1.646.202
Escenario 3	1,041	1041	\$ 1.891.497
Escenario 4	1,059	1059	\$ 1.924.203

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 se puede observar que mediante la aplicación de las propuestas de mejora la línea 1 puede ahorrarse aproximadamente entre \$13.537.044 hasta \$19.663.458 semanales.

En la tabla 33 se observa el ahorro que tendría la línea 2 ahorrándose aproximadamente entre \$11.566.740 hasta \$ 19.663.458 semanales.

En la tabla 34 la ESSE-GI muestra valores más bajos en el ahorro, pero que influyen de forma positiva para la empresa ya que aproximadamente se ahorrarían entre \$1.697.078 hasta \$1.924.203 semanales.

El aumento de la productividad para cada escenario no solo muestra el ahorro que se da por cada unidad dejada de producir sino que este influye en metas futuras de la empresa, como disminuir los días que se laboran, actualmente se trabajan los 7 días de la semana; si se logra aumentar la productividad se pueden producir las mismas unidades en menos tiempo, contribuyendo a que la empresa pueda trabajar solo 6 días a la semana, de lunes a sábado, esto evitaría pagarle a los operarios el recargo dominical y el recargo nocturno para uno de los turnos, además de que el personal tendría un descanso a la semana contribuyendo a su salud física y mental, y la posibilidad de realizar otras tareas que permitan su desarrollo integral como persona e integrante de un grupo familiar.

4. CONCLUSIONES

La productividad, en cualquier empresa, sea de manufactura o de servicios, permite medir la efectividad de los procesos; de allí parte la necesidad de que siempre sea alta y con tendencia al cien por ciento, para garantizar máximas utilidades, óptima utilización de los recursos y aprovechamiento total de la capacidad instalada.

Cada compañía diseña y desarrolla diferentes estrategias, según su misión y visión, para mantener la productividad en niveles favorables, a través de actividades que generen más valor al producto final y poder obtener una ventaja competitiva, y también, minimizando o eliminando, se ser posible, aquellos factores que influyen negativamente en la productividad.

Mediante la metodología Lean Manufacturing se pueden detectar operaciones en los procesos que no son necesarias para la producción porque no agregan ningún valor, todo lo contrario, generan despilfarros que incrementan los costos.

Hoy en día el sistema Lean Manufacturing, se aplica en su totalidad o en variantes a todo tipo de empresa, debido a que ofrece soluciones a variables problemáticas. Este sistema se fundamenta en la creación de una cultura de mejora continua en todos los colaboradores de una empresa.

Un elemento en común en todas las empresas, que es determinante para su productividad es el tiempo, pues a mayor aprovechamiento del tiempo productivo se supone más eficiencia. Por esta razón, el desperdicio de tiempo impacta directamente en la productividad de una empresa manufacturera, constantes paros en sus líneas productivas se pueden ver representados en grandes pérdidas en sus ganancias.

El desperdicio de tiempo se puede presentar por diversos motivos como malas prácticas de los operarios, averías en los equipos y máquinas, procesos no estandarizados, como también causas ajenas al proceso productivo.

En la empresa LEVAPAN S.A, mediante la caracterización de la situación actual del proceso productivo de levadura se evidencia la relación directa entre el desperdicio de tiempo generado por diferentes tipos de paros en las líneas de producción y la disminución de su productividad en el primer semestre de 2018.

Dentro del análisis realizado se determina que el mayor desperdicio se da a causa de actividades cuya realización no está estandarizada, falta de capacitación a los operarios para concientizar, fallas de instrumentos y máquinas por suciedad y poco mantenimiento.

Mediante la aplicación de sistemas como el SMED y el TPM, se puede lograr una disminución en los tiempos muertos, lo que favorece la productividad de la empresa en cuestión. Con el primer método se busca lograr la estandarización de operaciones que inevitablemente ocasionan un paro, pero cuya duración se puede reducir considerablemente. Con la propuesta del TPM se pretende principalmente reducir los paros ocasionados por las fallas asociadas al

funcionamiento de las máquinas e instrumentos, mejorando la política organizacional de mantenimiento e implantando el mantenimiento autónomo. Es importante tener presente que el TPM es gestión, por lo que el aporte que haga el factor humano es determinante para el éxito de la herramienta.

Para obtener una aproximación de los resultados que se pueden obtener con la propuesta planteada, se simuló en el software Arena Simulation cuatro escenarios para cada una de las líneas de producción, L1, L2 y ESSE-GI. En todos los escenarios se evidenció un aumento de la productividad al disminuir el desperdicio de tiempo, lo que significa que la probabilidad de éxito es alta.

Según lo obtenido con la simulación, en la línea 1 se podrían recuperar más de trece millones de pesos en una semana; en la línea 2, hasta cincuenta y siete millones en la misma semana, y por último, en la ESSE-GI, hasta dos millones de pesos. La diferencia de costos entre cada una de las líneas se debe a que la línea dos, tiene mayor capacidad de producción y es la que más está en funcionamiento a lo largo de la semana; la línea 1 por su parte, tiene menor capacidad de producción y sus horas de funcionamiento son menos que las de la línea dos, mientras que la ESSE-GI es la línea que menor uso presenta, ya que, entre bultos y libras, comercialmente las libras son más demandadas.

En conclusión, la empresa LEVAPAN necesita intervenir prontamente en mejorar el rendimiento de su proceso productivo para minimizar las pérdidas por no aprovechar su capacidad de producción por los frecuentes paros de tiempo, y mejorar su productividad para intentar generar una ventaja en el mercado sobre su principal competencia Fleischmann Foods. S.A. ubicada en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca.

De acuerdo a su problema de desperdicio de tiempo, la mejor opción es la manufactura esbelta para contribuir al mejoramiento continuo, vale la pena repetir que es clave que la dirección se comprometa con la implementación de dichas herramientas ya que son a largo plazo y los colaboradores necesitan ser entrenados, y sin el oportuno apoyo de alta gerencia podría fracasar todo este proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Durán, C. (22 de Marzo de 2017). LEVAPAN inauguraré planta en Tulua Valle del Cauca. *La Republica*. (A. F. Vega, Entrevistador) Colombia.
- Gacharná Sanchez, V. P., & González Negrete, D. C. (2013). propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean manufacturing. Bogotá, Colombia.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones*. Thompson editores.
- Iglesias, Y. A. (Julio de 2016). Modelo para la implantación de técnicas Lean Manufacturing en una empresa del sector de las artes gráficas. Madrid, España.
- Lefcovich, M. (13 de Abril de 2004). Kaizen para la eliminación de desperdicios y reducción de costos. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/kaizen-para-la-eliminacion-de-desperdicios-y-reduccion-de-costos/>
- López Hernández, S. (Julio de 2016). MODELADO Y SIMULACIÓN EN ARENA DE SISTEMAS DE PROCESOS CONTINUOS. Valladolid, España.
- Álvarez laverde, H. Kuratomi (2008). Necesidad de implementar los pilares fundamentales TPM. [online]. Disponible en: <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/articulospublicados/2001-4.htm>
- Harrington, H. J., & Harrington, J. S. (1996). *Administración total del mejoramiento continuo: la nueva generación*. McGraw-Hill.
- Posada, J. G. A. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. Tecnura.
- Pedraza, L. M. (2014). Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta.
- García, M. Á. G., Angulo, P. S., de Benito Martín, J. J., & Melero, J. G. (2012). Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Técnica industrial*, 298, 46-54.
- Arrieta, J. G., Domínguez, J., Echeverri, A., & Gutiérrez, S. (2011). Aplicación lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado. *Revista Virtual Pro*, 132.
- Carbonell, F. E. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación. *3c Tecnología*.
- Madrid Herrera, D. L. (2001). Mejoramiento del proceso productivo de la empresa Calza cuero CA a través de un estudio de tiempos y movimientos y un análisis de desperdicios (Bachelor's thesis, LATACUNGA/ESPE/2001).
- Orozco Cardozo, E. S. (2016). Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas TODO SPORT. Chiclayo–2015.
- Castañeda Huamán, D., & Suyón, J. (2016). Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de elaboración de mango congelado de la empresa procesadora PERÚ SAC, basado en Lean Manufacturing.

- Bances Paz, R. G. (2017). Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros sa, Puente Piedra.
- Sacristán, F. R. (2001). Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. FC Editorial.
- Marmolejo, N., Milena Mejía, A., Pérez-Vergara, I. G., Rojas, J. A., & Caro, M. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. Ingeniería industrial.
- Takus, D. A., & Profozich, D. M. (1997). ARENA software tutorial. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Smith, J. S., Peters, B. A., Curry, J., Drake, G. R., & LaJimodiere, C. (1996, November). Advanced tutorial—simulation-based scheduling and control. In Proceedings of the 28th conference on Winter simulation (pp. 194-198). IEEE Computer Society.
- Perera, T., & Liyanage, K. (2000). Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of manufacturing systems. Simulation Practice and Theory, 7(7), 645-656.
- ALBUJA, C. L., & RAMOS, L. L. (2016). Propuesta para la estandarización de los procesos de producción de la empresa calzado giorginna . Pereira, Colombia.
- Calluchi, H. M. (Mayo de 2014). Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta. Lima, Perú.
- CAÑÓN, M. L., & MARTÍNEZ, S. J. (2015). Desarrollo de manufactura esbelta en los procesos de la empresa martinplast S.A.S. . BOGOTÁ, D.C , COLOMBIA .
- ECHEVERRI, L. A. (2014). Estandarizacion de los procesos mediante la aplicación del modelo toyota a la produccion de panela "LA REINA" . Pereira, Colombia.
- Gaitán, H. H., Grisales, N. M., & Correa, F. J. (2018). Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso. EAN, 85,199-218. DOI.
- Gordillo, N. R., Gómez, N. C., & Sánchez, P. M. (2014). Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A. LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN - Vol. 11 No. 2 .
- Guerrero, L. C. (2010). Propuesta para un plan de mejoramiento continuo en los procesos productivos de la empresa de calzado crainich impex. Piedecuesta, Bolivia .
- Matías, J. C., & Idoipe, A. V. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid : Fundación EOI.
- MEDRANDA, C. A. (2013). diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de guayaquil por medio de la aplicacion del tpm (mantenimiento total productivo). 2013. GUAYAQUIL, ECUADOR.
- PérezVergara, I. G., Marmolejo, N., Mejía, A. M., Caroll, M., & Rojas, J. A. (2014). *Ingeniería Industrial/ISSN 1815-5936/Vol. XXXVII/No. 1/*.

- Rahman, C. M., Hoque, M. A., & Uddin, S. M. (2014). Assessment of Total Productive Maintenance Implementation through Downtime and Mean Downtime Analysis (Case study: a Semi-automated Manufacturing Company of Bangladesh). *ResearchGate*.
- TORRES, A. J. (Abril de 2016). propuesta de mejora del proceso productivo para incrementar la productividad en una empresa dedicada a la fabricacion de sandalias de baño . Chiclayo, Perú.
- Vázque, P. M., & Valde, O. D. (2018). El Mantenimiento Productivo Total "TPM" como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado . *ECORFAN*.
- Vergara, I. G., Marmolejo, N., Mejía, A. M., Caro, M., & Rojas, J. A. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones . *Ingeniería Industrial/ISSN 1815-5936/Vol. XXXVII/No. 1*.
- Yague, A. I. (Julio de 2016). Modelo para la implantación d etecnicas lean manufacturing en una empresa del sector de las artes gráficas.

ANEXOS

ANEXO 1. TIPOS DE PARO POR CADA LÍNEA

LÍNEA 1		
TIPO DE PARO	TIEMPO PARO (H)	FRECUENCIA
5 MINUTOS SEGUROS	0,17	1
ALISTAMIENTO DE EQUIPOS	0,4	1
ASEO DE SECCIÓN	5,83	28
ATASCO DE LIBRA EN PROCONOR	8,27	36
ATASCO DE PAPEL	6,17	52
ATASCO DE LIBRA EN EDOS	27,28	165
BAJA PRODUCTIVIDAD	0,72	4
BAJO NIVEL DE TOLVA	17,57	78
CAMBIO DE ALAMBRE	3,52	36
CAMBIO DE REFERENCIA	1,27	12
CAMBIO DE ROLLO	31,55	207
CAMBIO DE TANQUE	10,92	91
CORTE DE ENERGÍA	4,75	4
CUADE DE CONDUCTIVIDAD	5,63	22
CUADRE DE CODIFICACIÓN	0,17	1
FALTA DE CREMA	0,83	1
FALLA DE CODIFICADOR DE CAJAS	0,6	3
FALLA DE CODIFICADOR	2,17	4
FALLA DE DETECTOR DE METALES	5,68	27
FALLA ELÉCTRICA	2,78	3
FALLA ENVOLTURA PROCONOR	7,28	36
FALLA INSTRUMENTACIÓN	33,77	37
FALLA MECÁNICA	45,6	42
FALLA OPERATIVA	8,45	15
FALTA DE CORRUGADO	4	1
FALTA DE CREMA	6,48	2
HOMOGENIZACIÓN DE LEVADURA	15,8	80
INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO	1	3
LEVADURA HÚMEDA	0,17	1
LEVADURA QUEBRADIZA	1,83	10
NEVERA LLENA	16,75	3
PAUSA ACTIVA	0,5	1
PRECAPA	68,97	107
REMIENDA DE PRECAPA	7,22	27
REUNION CON JEFE DE PLANTA LAV	0,5	2
SERVICIOS GENERALES	0,83	1
TAPONAMIENTO LINEA DE SAL	1,2	3
TRATAMIENTO LINEA BOMBA SPRAYER	1,57	4

LÍNEA 2		
TIPO DE PARO	TIEMPO PARO (H)	FRECUENCIA
5 MINUTOS SEGUROS	0,17	1
ALISTAMIENTO DE EQUIPOS	1,4	3
ASEO DE SECCIÓN	4,68	40
ATASCO DE LIBRA EN PROCONOR	9,28	68
ATASCO DE PAPEL	16	123
ATASCO LIBRA EN EDOS	20,89	156
BAJA PRODUCTIVIDAD	28,83	47
BAJO NIVEL DE TOLVA	12,8	81
CAMBIO DE ALAMBRE	3,62	29
CAMBIO DE CODIFICADOR	0,5	1
CAMBIO DE REFERENCIA	12,82	103
CAMBIO DE ROLLO	55,1	274
CAMBIO DE TANQUE	22,52	167
CORTE DE ENERGÍA	4,05	5
CUADRE DE CONDUCTIVIDAD	13,95	10
CUADRE DE CODIFICACIÓN	1,53	6
ENSAYOS CODIFICADOR	6,63	5
ESPERANDO APROBACIÓN CONTROL CALIDAD	2	1
ESPERANDO AUTORIZACIÓN JEFE DE PLANTA PARA CODIFICACIÓN	1	1
FALTA DE CREMA	1,08	2
FALLA OPERATIVA	6,62	21
FALLA CODIFICADOR DE CAJAS	0,2	2
FALLA DE CODIFICADOR	10	8
FALLA ELÉCTRICA	1,5	2
FALLA ENVOLTURA PROCONOR	6,44	54
FALLA INSTRUMENTACIÓN	43,02	35
FALLA MECANICA	18,32	35
FALTA DE CORRUGADO	5	1
FALTA DE CREMA	19,83	7
HOMOGENEIZANDO LEVADURA	18,27	96
INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO	1,92	3
LEVADURA QUEBRADIZA	14,13	71
NEVERA LLENA	22,83	3
PRECAPA	92,75	147
REMIENDA DE PRECAPA	3,88	21
REPROCESO	0,17	1
REUNION CON JEFE DE PLANTA LAV	1,17	3
SERVICIOS GENERALES	1,67	3
TAPONAMIENTO FILTRO TK SALMUERA	0,08	1
TAPONAMIENTO LINEA DE SAL	2,67	7
TRATAMIENTO LINEA BOMBA SPRAYER	10,58	10

ESSE GI		
TIPO DE PARO	TIEMPO PARO (H)	FRECUENCIA
5 MINUTOS SEGUROS	0,17	1
AJUSTE DE VISINFINES	3,75	19
ALISTAMIENTO DE EQUIPOS	0,33	1
ASEO DE SECCIÓN	0,52	3
ATASCO DE BULTO	0,37	3
ATASCO DE LAMINA	0,1	1
ATASCO DE PAPEL	0,05	1
CAMBIO DE ALAMBRE	0,25	1
CAMBIO DE FILTRO	0,33	1
CAMBIO DE LÁMINA	21,47	96
CAMBIO DE REFERENCIA	3,08	18
CAMBIO DE TANQUE	8,22	41
CORTE DE ENERGÍA	0,5	1
CUADRANDO CONDUCTIVIDAD	4,72	4
FALLA ELÉCTRICA	2,13	2
FALLA INSTRUMENTACIÓN	40,37	63
FALLA MECANICA	11,15	15
FALLA OPERATIVA	2,67	4
FALTA DE CREMA	4	3
NEVERA LLENA	7	1
PRECAPA	35,87	52
REMIENDA DE PRECAPA	2,08	9
SERVICIOS GENERALES	0,42	1
TAPONAMIENTO LINEA DE SAL	2,42	2
TRATAMIENTO LINEA BOMBA SPRAYER	2	1
VERIFICACIÓN VARILLA FORMADOR	0,42	2

ANEXO 2. DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO PARA CADA LÍNEA

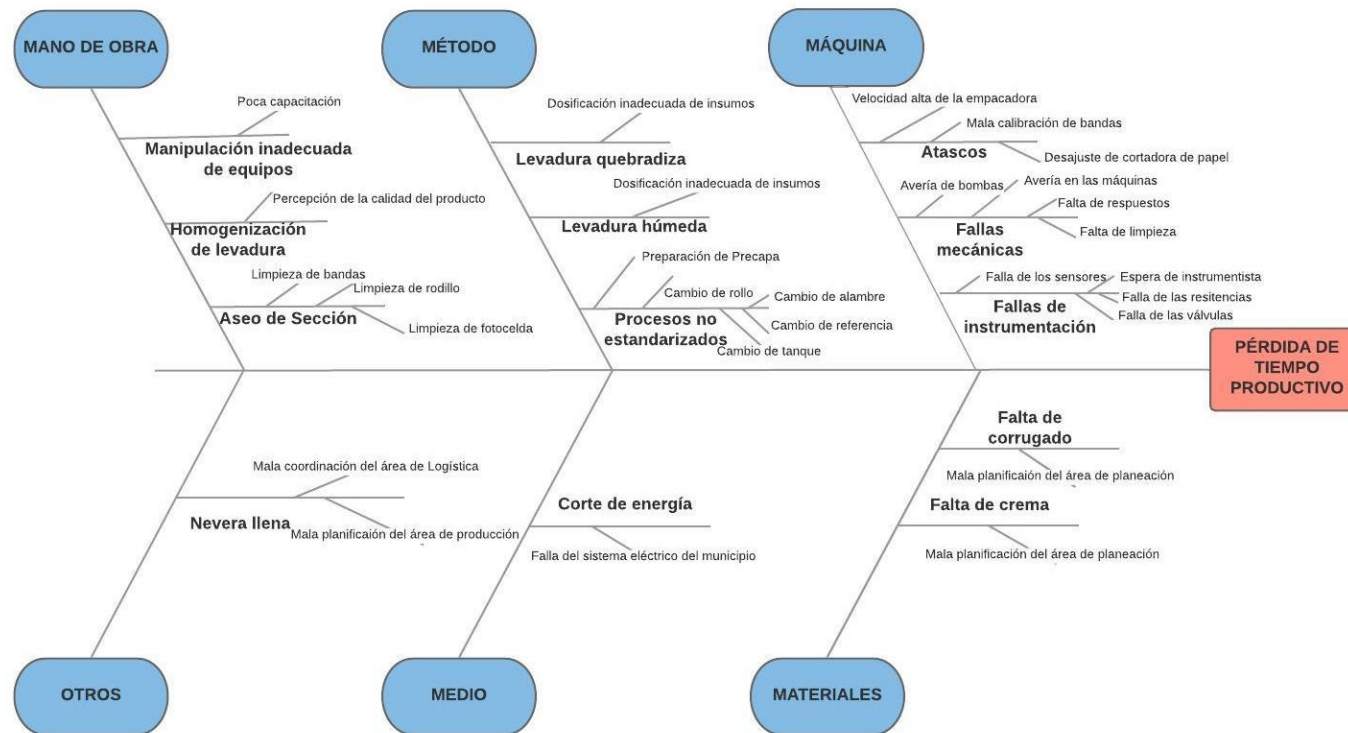


Diagrama de causa y efecto L1

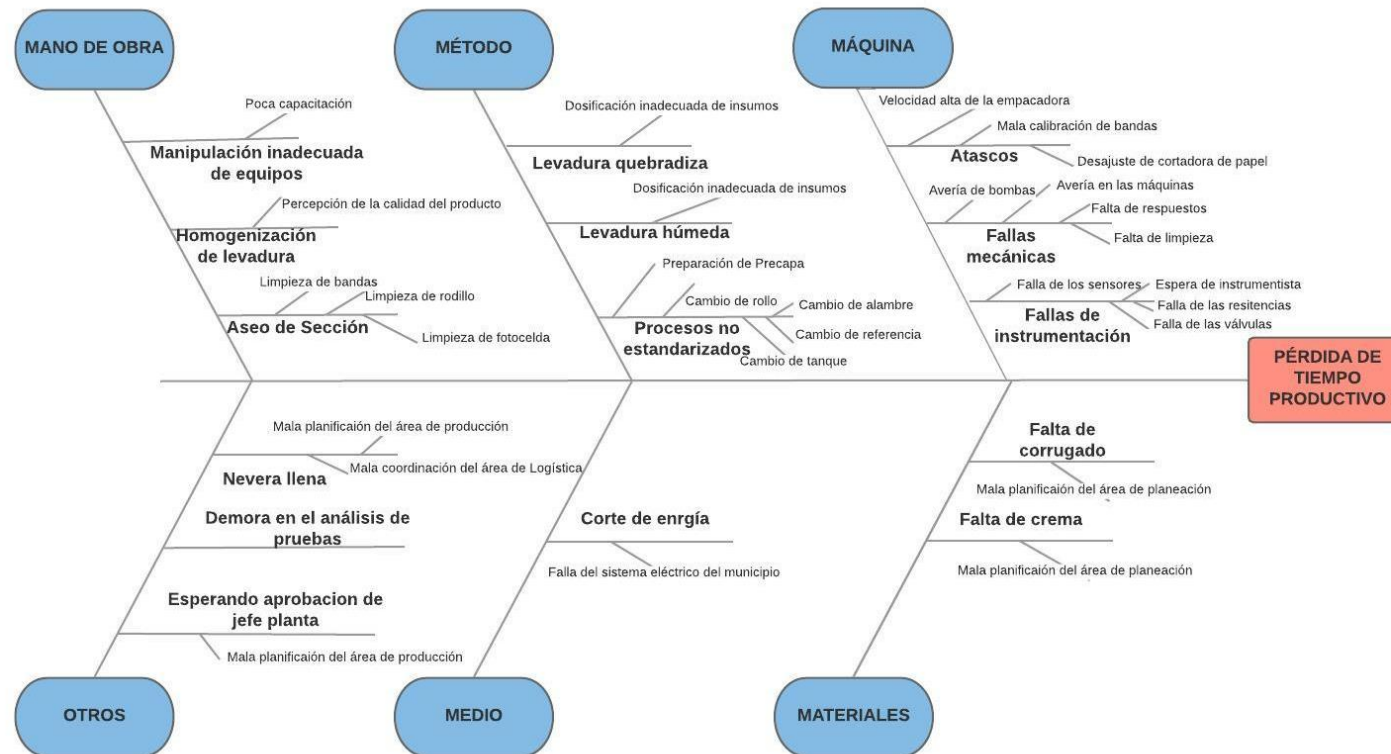


Diagrama de causa y efecto L2

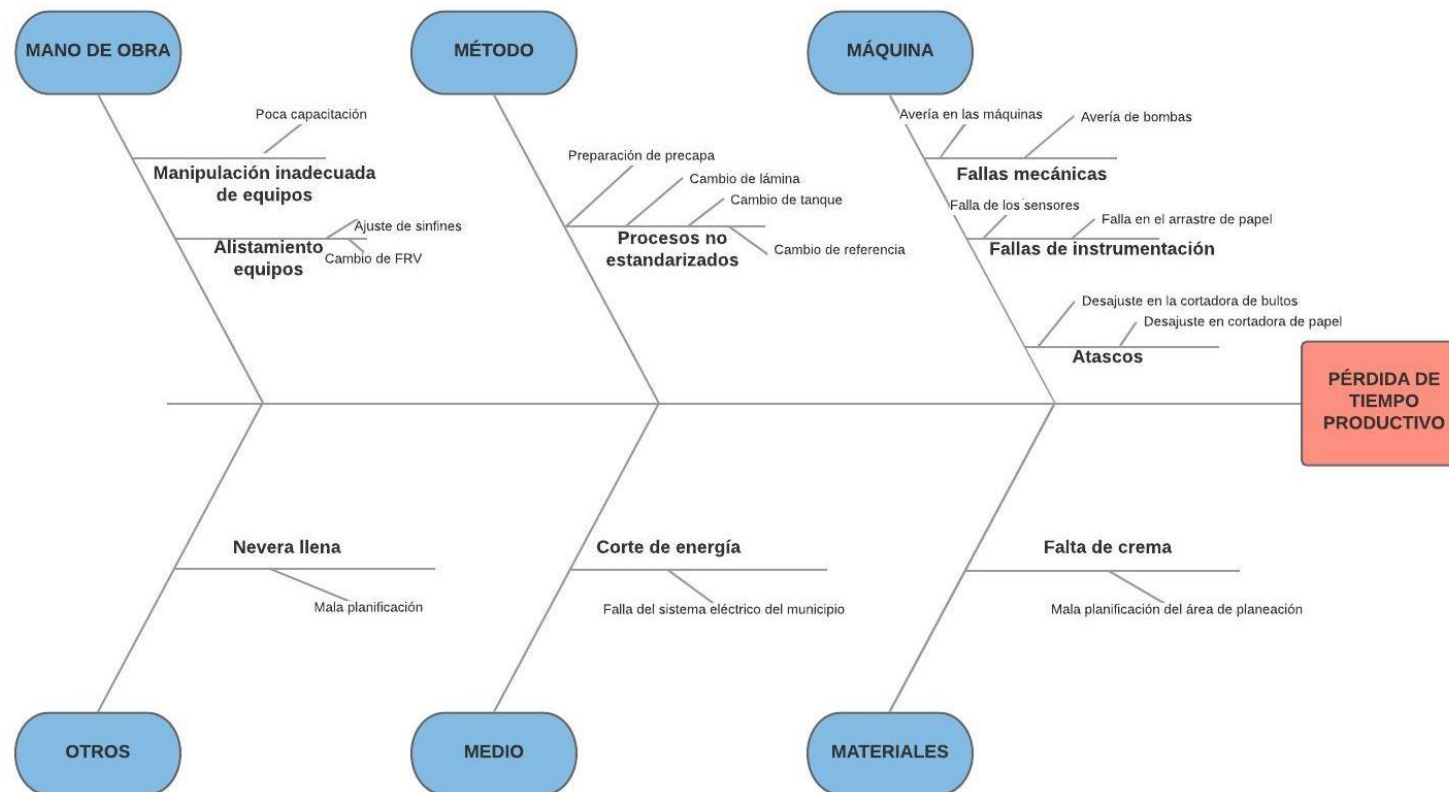
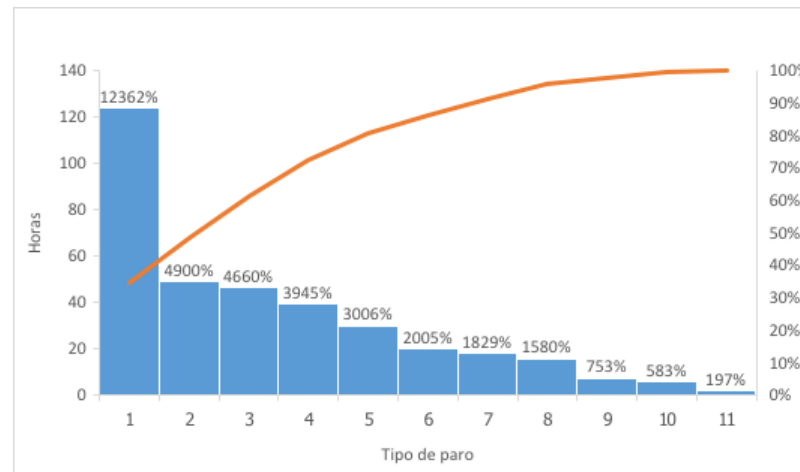


Diagrama de causa y efecto ESSE GI

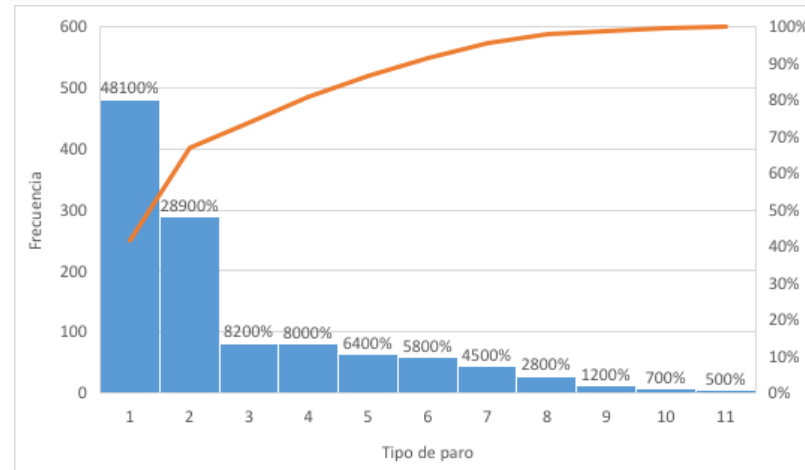
ANEXO 3 PRIORIZACIÓN DE LAS CAUSAS DE PARO

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN
2	ATASCOS
3	FALLA MECANICA
4	FALLA INSTRUMENTACIÓN
5	PAROS OCASIONALES
6	FALLA OPERATIVA
7	BAJO NIVEL DE TOLVA
8	HOMOGENIZACION LEVADURA
9	FALLA ELÉCTRICA
10	ASEO DE SECCIÓN
11	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS



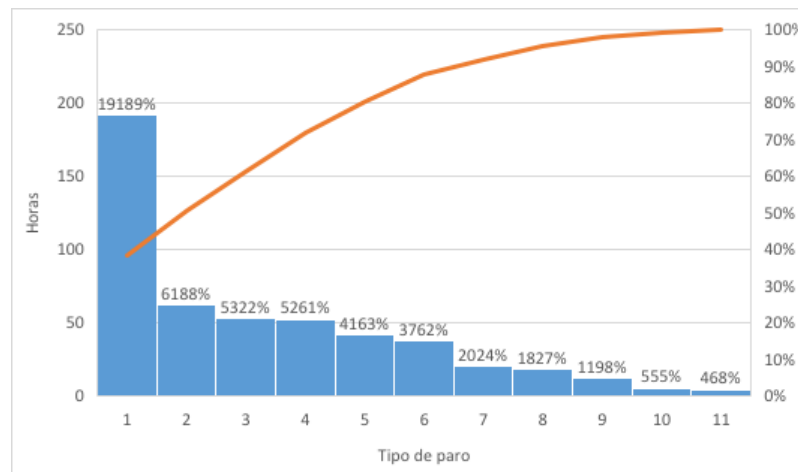
Pareto de causas en función del tiempo en L1

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN
2	ATASCOS
3	BAJO NIVEL DE TOLVA
4	HOMOGENIZACION LEVADURA
5	FALLA INSTRUMENTACIÓN
6	FALLA OPERATIVA
7	FALLA MECANICA
8	ASEO DE SECCIÓN
9	PAROS OCASIONALES
10	FALLA ELÉCTRICA
11	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS



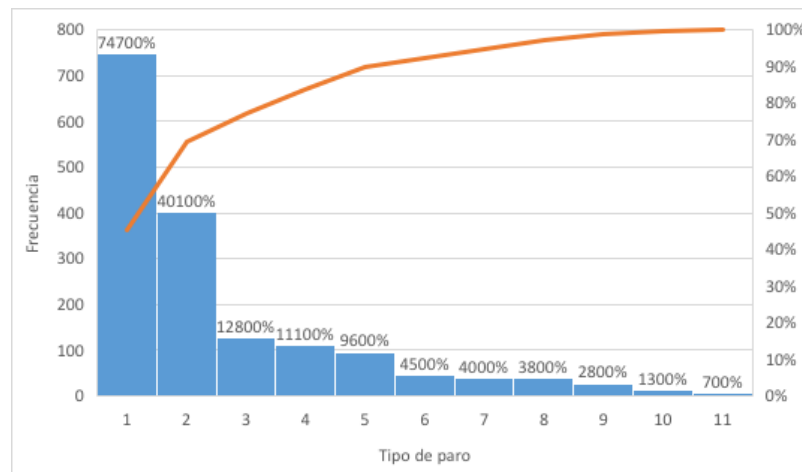
Pareto de causas en función de la frecuencias de L1

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN
2	PAROS OCASIONALES
3	FALLA INSTRUMENTACIÓN
4	ATASCOS
5	BAJO NIVEL DE TOLVA
6	FALLA OPERATIVA
7	FALLA MECANICA
8	HOMOGENIZACION LEVADURA
9	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS
10	FALLA ELÉCTRICA
11	ASEO DE SECCIÓN



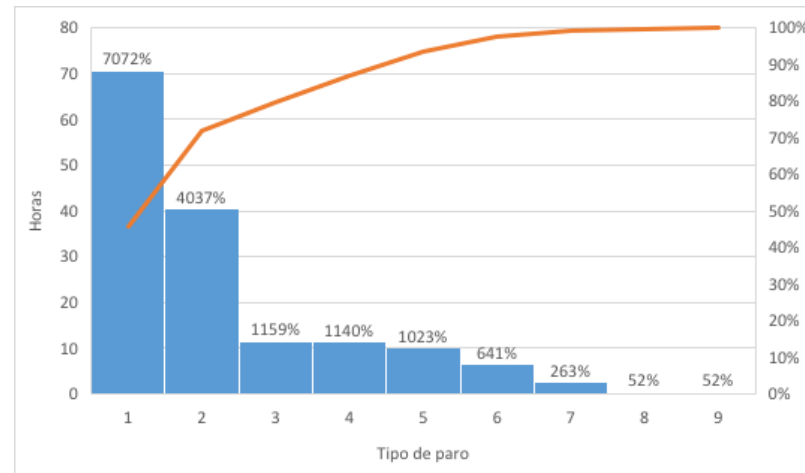
Pareto de causas en función del tiempo en L2

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN
2	ATASCOS
3	BAJO NIVEL DE TOLVA
4	FALLA OPERATIVA
5	HOMOGENIZACION LEVADURA
6	FALLA INSTRUMENTACIÓN
7	ASEO DE SECCIÓN
8	FALLA MECANICA
9	PAROS OCASIONALES
10	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS
11	FALLA ELÉCTRICA



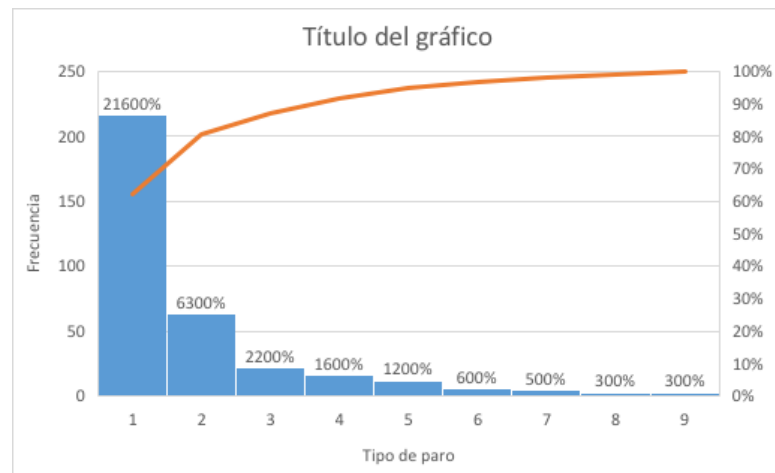
Pareto de causas en función de la frecuencia en L2

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN
2	FALLA INSTRUMENTACIÓN
3	PAROS OCASIONALES
4	FALLA MECANICA
5	FALLA OPERATIVA
6	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS
7	FALLA ELÉCTRICA
8	ATASCOS
9	ASEO DE SECCIÓN



Pareto de causas en función del tiempo en ESSE-GI

1	CONDICIONES NORMALES DE OPERACION
2	FALLA INSTRUMENTACIÓN
3	ALISTAMIENTO DE EQUIPOS
4	FALLA MECANICA
5	FALLA OPERATIVA
6	PAROS OCASIONALES
7	ATASCOS
8	FALLA ELÉCTRICA
9	ASEO DE SECCIÓN



Pareto de causas en función de la frecuencia en ESSE-GI

ANEXO 4. ESTUDIO DE TIEMPOS

Preparación de precapa

No.	Descripción de la Actividad	Actividades Simultaneas	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Promedio
1	Suspender alimentación de levadura hacia la Proconor	Retirar la tolva del filtro Disminuir la velocidad del filtro Tapar caída de levadura Tumbar precapa	0:02:09	0:02:20	0:02:48	0:02:26
2	Limpieza del filtro y herramientas		0:07:51	0:07:45	0:06:18	0:07:18
3	Alimentar el filtro con almidón	Encender la bomba de almidón Abrir las válvulas Llevar la bandeja de recuperar almidón al filtro	0:19:00	0:17:25	0:10:01	0:15:29
4	Alimentar el filtro con almidón recuperado		0:06:00	0:14:15	0:20:29	0:13:35
5	Inyección de la crema	Cuadre conductividad Cuadre del flujo de la Cava Cuadre del llenado del tanque pulmón	0:03:58	0:00:59	0:02:42	0:02:33
6	Cae levadura a la tolva	Tiempo Total	0:38:58	0:42:44	0:42:18	0:41:20

Cambio de rollo L1

	Descripción de la Actividad	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo Promedio
1	Operario va por el nuevo rollo	0:00:59	0:01:01	0:01:10	0:01:03
2	Se desmonta el rollo anterior	00:30	00:33	0:00:38	0:00:34
3	Se desempaca el rollo nuevo y se ajusta en el rodillo	00:59	0:00:57	0:01:05	0:01:00
4	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	00:54	00:55	0:00:54	0:00:54
5	Arranque de la maquina	03:22	03:22	03:26	0:03:32

Cambio de rollo L2

No	Descripción de la Actividad	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo Promedio
1	Operario va por el nuevo rollo	0:00:47	0:00:49	0:00:41	0:00:46
2	Se desempaca en rollo y se ajusta en el rodillo	0:00:45	0:00:40	0:00:49	0:00:45
3	Se ajusta papel a los rodillos y a la maquina	0:00:46	0:00:48	0:00:43	0:00:46
4	Arranque de la maquina	0:02:18	0:02:17	0:02:13	0:02:16

Cambio de rollo ESSE GI

No	Descripción de la Actividad	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Promedio
1	Desajuste de papel	0:01:17	0:01:30	0:01:19	0:01:15	0:01:22
2	Retirar el rollo	0:01:33	0:01:28	0:01:17	0:00:59	0:01:26
3	Traer el rollo nuevo	0:03:14	0:02:30	0:03:05	0:02:26	0:02:56
4	Se pone el rollo, se despega y se ajusta	0:01:08	0:01:35	0:01:38	0:01:06	0:01:27
5	Se pega papel de la cinta anterior	0:00:59	0:01:03	0:01:15	0:00:47	0:01:06
6	Se ajusta papel	0:01:58	0:02:20	0:02:01	0:01:54	0:02:06
7	Se cuadra bolsa	0:01:59	0:02:20	0:02:25	0:01:02	0:02:15
8	Arranca la máquina	0:12:08	0:12:46	0:13:00	0:09:29	0:12:38

Cambio de tanque

No	Descripción de la Actividad	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Promedio
1	Suspender la alimentación de crema hacia el FRV	0:00:45	0:00:59	0:00:48	0:00:51
2	Desplazarse hasta la CAVA para realizar el cambio de tanque	0:02:38	0:02:56	0:03:10	0:02:55
3	Realizar cambio de tanque	0:03:45	0:06:38	0:01:28	0:03:57
4	Iniciar la alimentación de crema hacia el FRV	0:03:28	0:03:40	0:03:35	0:03:34
5	Arranca la maquina	0:10:36	0:14:13	0:09:01	0:11:17

ANEXO 5. FOTOGRAFIA DE LA BASE DEL ROLLO L2



ANEXO 6. FORMATO DE DIGILENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO

FORMATO DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN EN EL ÁREA DE CORTE				
Fecha	Turno			
Operario que inspecciona				
Máquina				
1. Realización de limpieza				
SI <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	NO <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>			
2. Realización de Inspección				
SI <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	NO <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>			
3. Detección de anomalías				
	Aplica		Realización	
Actividad realizadas	SI	NO	SI	NO
Ajuste de tornillos y tuercas	☐	☐	☐	☐
Lubricación	☐	☐	☐	☐
Calibración	☐	☐	☐	☐
Cambio de empaque	☐	☐	☐	☐
Engrase	☐	☐	☐	☐
OBSERVACIONES				
¿Se detectaron fallas de segundo grado?				
SI <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	NO <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>			
¿Cuáles?				
Hora de notificación al área de mantenimiento				
Hora de respuesta del área de mantenimiento				
Detalle de la intervención				
Tiempo de la intervención Minutos				
Nombre del técnico				

ANEXO 7. REPORTE DE RESULTADOS DE LA LÍNEA 1

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 1 L1

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 1
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 1/19
Model revision date:25/ 4/18

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L1 E1	74.520	.41251	71.844	75.643	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.08 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 2 L1

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 1
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/18

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L1 E2	74.674	.40763	72.138	75.785	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.10 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 3 L1

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 1
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 1/19
Model revision date:25/ 4/18

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L1 E3	74.875	.45701	71.015	75.679	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.08 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 4 L1

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 1
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 1/19
Model revision date:25/ 4/18

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L1 E4	75.913	.29392	73.619	76.549	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.08 minutes.
Simulation run complete.

ANEXO 8. REPORTE DE RESULTADOS DE LA LÍNEA 2

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 1 L2

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 2
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L2 E1	125.71	2.4476	100.36	130.05	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.18 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 2 L2

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 2
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/18

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L2 E2	128.39	1.1161	120.41	130.86	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.20 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 3 L2

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 2
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L2 E3	129.24	2.3189	105.28	132.81	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.18 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 4 L2

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion linea 2
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas L2 E4	136.21	1.8110	119.14	139.45	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.13 minutes.
Simulation run complete.

ANEXO 9. REPORTE DE RESULTADOS DE LA ESSE-GI

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 1 ESSE-GI

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion Esse gi
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas Esse gi E1 System.NumberOut	39.433 .00000	.29268 .00000	36.741 .00000	39.841 .00000	26 26

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 2 ESSE-GI

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion Esse gi
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas Esse gi E2 System.NumberOut	39.405 .00000	.34191 .00000	36.133 .00000	39.841 .00000	26 26

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 3 ESSE-GI

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion Esse gi
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas Esse gi E3	39.540	.22958	37.405	39.841	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.

Reporte de resultados del modelo propuesto escenario 4 ESSE-GI

ARENA Simulation Results
Estudiante

Output Summary for 26 Replications

Project: simulacion Esse gi
Analyst: Leidy Llanos

Run execution date : 5/ 2/19
Model revision date:25/ 4/19

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Promedio unidades producidas Esse gi E4	39.558	.25259	37.081	39.841	26
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	26

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.