

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO
(KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS
PARA AÑEJAMIENTO DE RON EN UNA EMPRESA LICORERA
DEL ORIENTE DE GUATEMALA**

MARVIN JAVIER ROSALES CALDERÓN

CHIQUMULA, GUATEMALA, JULIO 2019

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO
(KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS
PARA AÑEJAMIENTO DE RON EN UNA EMPRESA LICORERA
DEL ORIENTE DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración por el Honorable Consejo Directivo

Por

MARVIN JAVIER ROSALES CALDERÓN

Al conferírsele el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, JULIO 2019

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL



RECTOR

M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	P.C. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Secretario:	MSc. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

Ing. Milton Adalberto Alas Loaiza
Ing. Manuel Eduardo Álvarez Ruiz
Ing. Luis Alberto Saavedra Vargas



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEM.01.19

Chiquimula, 25 de enero de 2019.

Ingeniero Industrial
Milton Alas Loaiza
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Industrial

Respetado Ingeniero Alas:

En mi calidad de Asesor-Revisor de EPS de ingeniería industrial en el Centro Universitario de Oriente y como asesor de trabajo de graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS PARA AÑEJAMIENTO DE RON DE EN UNA EMPRESA LICORERA DEL ORIENTE DE GUATEMALA”** del estudiante Marvin Javier Rosales Calderón; informo que he procedido a asesorar y revisar el contenido de dicho trabajo.

Por tanto emito opinión, que el trabajo cumple con los objetivos y alcances definidos en el mismo y si posee la información suficiente solicitada por la empresa o contraparte. Por tanto, recomiendo la aprobación del informe final para la evaluación final en el examen privado.

“D Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Carlos Enrique Monroy
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSII.01.2019

Chiquimula, 28 de febrero de 2019.

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Aguilar:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS PARA AÑEJAMIENTO DE RON DE EN UNA EMPRESA LICORERA DEL ORIENTE DE GUATEMALA"**, elaborado por el estudiante Marvin Javier Rosales Calderón, quien contó con la asesoría del Ingeniero Carlos Enrique Monroy.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Marvin Javier Rosales Calderón, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Milton Alas Loaiza.
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Industrial

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.4.19
Chiquimula, 13 de mayo de 2019.

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ing. Aguilar Rosales:

El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de investigación titulado **“DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS PARA AÑEJAMIENTO DE RON DE EN UNA EMPRESA LICORERA DEL ORIENTE DE GUATEMALA”**; elaborado por el estudiante **Marvin Javier Rosales Calderón**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Industrial, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Julio César Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ACCII.02-2019

Chiquimula, 21 de mayo de 2019.

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Agr. Coy Cordón:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor-revisor Ing. Carlos Enrique Monroy y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Industrial, el Ing. Milton Adalberto Alas Loaiza, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Julio César Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante Marvin Javier Rosales Calderón, titulado: **"DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS PARA AÑEJAMIENTO DE RON DE EN UNA EMPRESA LICORERA DEL ORIENTE DE GUATEMALA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Carlos Enrique Aguiar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC



C.c. archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **MARVIN JAVIER ROSALES CALDERÓN** titulado “**DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI'S) PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS PARA AÑEJAMIENTO DE RON EN UNA EMPRESA LICORERA DEL ORIENTE DE GUATEMALA**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Industrial. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el nueve de julio de dos mil diecinueve.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI – USAC



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todo lo que me ha dado y por todo lo que me ha permitido hacer.
Mis padres	Marvin Rubén Rosales Cordón y Edith Noemi Calderón de Rosales; por su incansable esfuerzo motivado por un verdadero amor incondicional.
Mis hermanos	Andrea Alejandra Rosales de Cortez y Oscar Rubén Rosales Calderón; por su constante amor de hermanos y acompañamiento durante mi carrera.
Mis mejores amigos	Josué Esquivel y Pablo Estrada; quienes, por su continuo apoyo, comprensión y genuina amistad, han llegado a ser como hermanos para mí.
Ing. Oscar Chacón y empresa licorera.	Por permitirme realizar mi EPS, por su ayuda y apoyo en lo que necesité durante mi estadía en la empresa.
Catedráticos	Ing. Carlos Monroy y el Ing. Milton Alas; por su asesoría, su enseñanza y su amistad.
Centro Universitario de Oriente	Por permitir que me desarrollara profesionalmente.

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haber estado conmigo en este largo viaje.
- Mis padres** Marvin Rubén Rosales Cordón y Edith Noemi Calderón de Rosales; porque este triunfo también les pertenece a ellos, ya que se esforzaron junto a mí para hacerlo realidad, demostrando que son padres ejemplares.
- Mi abuela** Gloria Cordón de Rosales; por el gran amor de madre que me ha dado en todo momento, expresado de muchas maneras diferentes.
- Mi abuelo** Oscar Calderón Salguero; por haberme apoyado cuando lo necesité y haber creído en mí siempre.
- Mi tía** Arlyn Calderón de Molina; por haber estado siempre pendiente de mí y de mi avance durante la carrera con su especial amor digno de un corazón de oro.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XVII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Características de la madera para el añejo del ron	1
1.1.1. Roble blanco americano	2
1.2. Fabricación de barricas	2
1.2.1. Hendido/aserrado, secado y curado	2
1.2.2. Montado de la campana y doma	3
1.2.3. Tostado y fondado	4
1.3. Indicadores clave de desempeño (KPI's)	5
1.3.1. Método de implementación de los KPI	6
1.3.1.1. Identificar lo que se quiere mejorar	6
1.3.1.2. Identificar el proceso que dará mayor impacto	7
1.3.1.3. Recabar información del proceso	7
1.3.1.4. Identificar las variables	7
1.3.1.5. Establecer los KPI que se utilizaran	8
1.3.1.6. Desarrollar matriz de indicadores	8
1.3.1.7. Dar seguimiento y retroalimentación	9
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	11

2.1.	Descripción de la empresa	11
2.1.1.	Ubicación	11
2.1.2.	Historia	11
2.1.3.	Misión, visión e identidad	12
2.1.3.1.	Misión	12
2.1.3.2.	Visión	12
2.1.3.3.	Identidad	12
2.2.	¿Qué es el ron?	13
2.3.	Procesos para la producción del ron	13
2.3.1.	Fermentación	13
2.3.2.	Destilado	14
2.3.3.	Añejamiento	14
3.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	17
3.1.	Proceso de apretado de barricas	17
3.1.1.	Apretado de cinchos (flejes)	18
3.1.2.	Empanzado y vaciado	19
3.2.	Estudio de tiempos	19
3.3.	Diagrama de flujo de procesos y fluxograma	25
3.4.	Diagrama de Ishikawa	30
3.5.	Análisis de datos observados en el proceso de apretado y barricas con fugas del área de llenado	33
3.5.1.	Hojas de registro para los trabajos en el taller	33
3.5.2.	Barricas con fugas en el área de llenado	36
3.5.3.	Diagrama de Pareto	38
4.	SISTEMA KPI'S EN ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS	43
4.1.	Formulación de los indicadores clave de desempeño (KPI's)	44
4.1.1.	Identificación de las variables para los KPI's	44

4.1.2.	Formulación y definición de los KPI's	44
4.1.2.1.	KPI's de tiempo estándar	45
4.1.2.2.	KPI barricas apretadas por empleado a diario	46
4.1.2.3.	KPI del costo operativo por barrica	48
4.1.3.	Aplicación del KPI del costo operativo por barrica	53
4.1.3.1.	Comparación de costos operativos	54
4.1.4.	Matriz de indicadores KPI	57
4.2.	Programa básico de mantenimiento preventivo del equipo	59
4.2.1.	El objetivo del programa básico de mantenimiento	59
4.2.2.	Modo de actuar	59
4.2.3.	Responsabilidades	61
4.2.4.	Documentos asociados	61
4.2.5.	Inventario de equipo	61
4.2.6.	Cronograma de mantenimiento preventivo	64
4.2.7.	Fichas de mantenimiento periódico	64
4.2.8.	Hoja de reporte de actividades	65
4.2.9.	Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo	66
4.3.	Sistema para el control de barricas defectuosas	68
4.3.1.	Hoja de control de barricas defectuosas	68
4.3.2.	Gráfico de control de proporciones	71
4.4.	Propuesta para el cambio de lámparas HID por LED	74
4.4.1.	Eficiencia energética con iluminación LED	74
4.4.2.	Costo de alternativas y recuperación de la inversión	79
5.	PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	83
5.1.	Cronograma de implementación	83
5.2.	Capacitaciones	85

5.3.	Ejecución del nuevo sistema	86
5.3.1.	Nuevo sistema para el mantenimiento de equipo	86
5.3.2.	Indicadores KPI's	86
5.3.3.	Gráfico de control P	87
5.3.4.	Cambio de iluminación	87
5.4.	Control de resultados	87
5.5.	Propuesta de plan de incentivos monetarios	88
	CONCLUSIONES	93
	RECOMENDACIONES	95
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	APÉNDICES	99
	ANEXOS	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA	PÁGINA
1. Secado y curado de la madera	3
2. Montado de campana y doma	4
3. Partes de una barrica	18
4. Valor de “t” para GL=14 y k=0.05	22
5. Diagrama de flujo de operaciones del proceso de apretado	25
6. Diagrama Ishikawa sobre la baja eficiencia	32
7. Porcentaje de barricas trabajadas del mes de julio	36
8. Diagrama de Pareto del lote SVA0RL-DA00917	39
9. Diagrama de Pareto del lote: RP-DAM0047	41
10. Gráfico de comparación de rendimiento	56
11. Ficha de mantenimiento periódico	64
12. Ejemplo de ficha de mantenimiento periódico	65
13. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento de equipo	67
14. Gráfico de control P	73
15. Grafica de comparación de rendimiento entre LED y HID	75
16. Especificaciones de lámpara LED de 100W	77
17. Especificaciones de lámpara LED de 200W	78
18. Grafica de recuperación de la inversión	82
19. Diagrama de Gantt para implementación de la propuesta	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
1. Ejemplo de matriz de indicadores clave de desempeño	9
2. Cálculo de ciclos en estudio de tiempos	21
3. Tiempos estándar del proceso de apretado	24
4. Símbolos de la norma ASME para diagramas de flujo	25
5. Fluxograma del proceso de apretado	29
6. Consolidado en el mes de julio	34
7. Fallas encontradas en lote SVA0RL-DA00917	37
8. Fallas encontradas en el lote RP-DAM0047	38
9. Porcentaje acumulado de fallas en lote: SVA0RL-DA00917	39
10. Porcentaje acumulado de fallas en lote: RP-DAM0047	40
11. Variables para los indicadores clave de desempeño	44
12. Clasificación de indicadores clave de desempeño	45
13. Tiempos estándar para el proceso de apretado	46
14. Salario mínimo para el año 2017	49
15. Formulas y fundamentos legales de las prestaciones laborales	50
16. Comparación de costos operativos	56
17. Matriz de indicadores clave de desempeño	58
18. Formato de inventario	63
19. Hoja de control de barricas defectuosas	69

20. Ejemplo de la hoja de control de barricas defectuosas	70
21. Límites de control para el gráfico P	72
22. Watts a lúmenes en lámparas con vapor de mercurio	76
23. Inversión inicial para alternativas de iluminación LED	79
24. Proyección del costo de energía eléctrica en iluminación	80
25. Recuperación de la inversión de lámparas LED	81
26. Plan de incentivos monetarios	89

LISTA DE SÍMBOLOS

B.	Barricas.
t	Constante dada por la intersección de los grados de libertad (GL) y el porcentaje de error permisible (k).
s	Desviación estándar.
CO₂	Dióxido de carbono.
GL	Grados de libertad.
HID	Lámparas de alta intensidad de descarga (en inglés HID, High Intensity Discharge).
LCp	Límite central.
LCIp	Límite central inferior.
LCSP	Límite central superior.
lm	Lumen.
\bar{x}	Media aritmética.
min.	Minuto.
μ	Muestra inicial para calcular los grados de libertad (GL).

n	Número de muestras.
KPI's	Un KPI (key performance indicator), conocido también como indicador clave de desempeño.
W	Watt.

GLOSARIO

Añejar	Que ha tenido una prolongada crianza en barrica o en botella, hasta adquirir sus cualidades organolépticas.
Apretar	Poner una cosa sobre otra haciendo fuerza o presión.
Astringente	Permite calificar a aquello que provoca en la lengua una sensación que combina la amargura y la sequedad.
Barrica	Tonel pequeño de madera, en especial el que se usa para contener rones o licores.
Brin	Tela ordinaria y gruesa, los hay de lino, puro algodón y cáñamo, es ligera y flexible.
Buqué	Es el aroma que adquiere una bebida durante su proceso de añejamiento.
Chazo	Pieza de metal muy parecida a un cincel, utilizada en procesos artesanales para apretar los flejes de las barricas.
Destajo	Modo de contratación laboral en el que se cobra en concepto del trabajo realizado y no del tiempo empleado.
Destilación	Proceso por el que la sustancia volátil de una mezcla se separa de otra que no lo es mediante evaporación y posterior condensación de la misma.

Dispersión	El grado de distanciamiento de un conjunto de valores respecto a su valor medio.
Duela	Es cada una de las tablas, generalmente convexas, que forman el contorno de una cuba, tina, barril o tonel.
Eficiencia	Es la relación que existe entre los recursos empleados y los resultados obtenidos con los mismos.
Estándar	Que sirve de patrón, modelo o punto de referencia para medir o valorar cosas de la misma especie.
Fermentación	Proceso bioquímico por el que una sustancia orgánica se transforma en otra, generalmente más simple, por la acción de un fermento.
Flejes	Es una cinta continua de material utilizada para sujetar cargas.
Gráfico P	Una Gráfica de Proporciones (o Gráfica p) analiza la proporción de artículos que no cumplen con las especificaciones en un lote producido.
Indicador	Entendido como procedimiento que permite cuantificar alguna dimensión conceptual y que, cuando se aplica, produce un número. Suele ser empleado para comparar desempeños entre períodos o entre entornos geográficos o sociales.

Industrial	Es la actividad que tiene como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados o semielaborados utilizando una fuente de energía.
Ingeniería	Es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades y resolver los problemas de las empresas y la sociedad.
Levadura	Hongo unicelular que produce enzimas capaces de provocar la fermentación alcohólica de los hidratos de carbono.
Lumen	Unidad de flujo luminoso del Sistema Internacional, de símbolo lm, que equivale al flujo luminoso emitido por un foco puntual.
Mambora	Pieza de metal con forma de cono truncado, hueca en su interior con una abertura en su costado y una cuchilla, es usada para ensanchar el agujero superior de las barricas.
Melaza	Sustancia espesa, dulce y de color oscuro que queda como residuo de la cristalización del azúcar de caña; se emplea como alimento y en la elaboración de ron.

Método	Hace referencia a ese conjunto de estrategias y herramientas que se utilizan para llegar a un objetivo preciso.
Organoléptico	Que produce una impresión sensorial.
Parafina	Sustancia sólida, blanca, translúcida, inodora y que funde fácilmente, que se obtiene de la destilación del petróleo o de materias bituminosas naturales y se emplea para fabricar velas y para otros usos
Polifenol	Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula.
Proceso	Es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico.
Ron	Es una bebida alcohólica, elaborada a partir de la caña de azúcar o de melazas por fermentación.
Tanino	Se extraen de las plantas con agua o con una mezcla de agua y alcohol, que luego se decanta y se deja evaporar a baja temperatura hasta obtener el producto final. Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

Watt Unidad de potencia del Sistema Internacional, de símbolo W, que equivale a la potencia capaz de conseguir una producción de energía igual a 1 julio por segundo.

Whisky Es una bebida alcohólica obtenida por la destilación de la malta fermentada de cereales como cebada, trigo, centeno y maíz, y su posterior envejecimiento en barriles de madera, tradicionalmente de roble blanco.

RESUMEN

En este proyecto, la temática principal trata sobre mantener un mejor control en la tasa de productividad del área de mantenimiento de barricas, para el proceso de apretado, a la vez también mejorar el control del área de llenado para disminuir la cantidad de barricas defectuosas que resultan después de ser llenadas con producto nuevo. Por tanto, este trabajo gira entorno al cumplimiento de esas metas.

Las barricas son una parte crucial, siendo el objeto sometido a los procesos que serán controlados, por lo que se incluyeron en el marco teórico las características de la madera usada para las barricas, al igual que su proceso de fabricación, junto con la descripción y método de utilización de los indicadores clave de desempeño (KPI's).

Para el diagnóstico, se aplicaron herramientas metodológicas como: estudio de tiempos, diagrama del flujo de proceso, fluxograma, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, datos observados en el proceso de apretado y de las barricas con fugas del área de llenado. Todo esto para tener más clara la situación actual.

En la propuesta se usó un cronograma de mantenimiento preventivo de equipo ya existente en la empresa, que contaba únicamente con las fechas programadas de los mantenimientos, para diseñar un programa más completo. Se definieron también un total de 10 indicadores KPI, clasificados en tres tipos: indicadores de tiempos estándar, indicador de barricas apretadas por empleado a diario e indicador de costo operativo por barrica. Para el control de barricas defectuosas se diseñó un formato, en el que se deberá llevar registro de las fallas de las barricas, que se presentan en el área de llenado de producto; para

posteriormente ingresar los datos en el gráfico de control “P”, diseñado para este caso.

Para finalizar, se formuló también una pequeña propuesta para reducir el consumo de energía eléctrica de la empresa, con el objetivo de disminuir el costo y el impacto ambiental generado por sus operaciones. Dicha propuesta plantea el cambio de las 6 lámparas HID por lámparas LED, las cuales se encuentran en el área de llenado de producto; se realizaron los cálculos de los costos, para dos alternativas distintas de iluminación LED, así también el cálculo de recuperación de la inversión.

INTRODUCCIÓN

La industria licorera nacional produce gran variedad de rones reconocidos internacionalmente, los cuales llevan un proceso que se podría dividir en cuatro etapas, iniciando con la melaza de caña de azúcar y la levadura.

La primera etapa da comienzo con el proceso bioquímico de la levadura transformando los azúcares de la melaza de caña en alcohol, a este proceso se le conoce como fermentación. En la segunda se extrae el alcohol de la mezcla por medio de la destilación a través de hornos. La tercera es el añejamiento y es la parte del proceso más tardado, necesitando como mínimo estar 3 años contenido en barricas de madera. Siendo la última etapa del proceso el envasado, para posteriormente ser despachado.

El proyecto se llevó a cabo en una planta de añejamiento, la cual cuenta con un total de 38,480 barricas de madera de roble blanco estadounidense, almacenando hasta 200 litros en cada una de ellas dando una capacidad total de 7,696,000 litros de producto, sin embargo, esto depende mucho de la cantidad y tipo de demanda, ya que no todas las barricas son iguales.

Cuando se recibe producto nuevo, es indispensable disponer de barricas listas para ser utilizadas, debido a esto se propuso mejorar el área de mantenimiento de barricas, con el objetivo de que sea más productiva, llevando un mejor control de la tasa de productividad y de las barricas defectuosas que salgan del taller.

Para mantener un mejor control de la tasa de productividad, se decidió utilizar indicadores clave de desempeño (KPI's), siendo necesario estandarizar los tiempos de las operaciones realizadas en el taller. Los dos procesos más

frecuentes en el área de manteniendo de barricas son el reparado y apretado de barricas, a pesar de ello solo fue posible diseñar KPI's para el proceso de apretado, debido a que el proceso de reparado tiene tiempos con una dispersión muy variable, dependiendo del número de fallas una sola barrica puede tardar entre 5 minutos a 45 minutos, en algunos casos incluso puede sobre pasar 1 hora, lo que hace contraproducente imponer un estándar de tiempo para el proceso de reparado.

OBJETIVOS

General

Determinar indicadores clave de desempeño (KPI's) en el área de mantenimiento de barricas.

Específicos

1. Realizar un estudio de tiempos del proceso de apretado en el área de mantenimiento de barricas, para calcular el tiempo estándar de dicho proceso.
2. Determinar indicadores clave de desempeño (KPI's), en el área de mantenimiento de barricas, para el proceso de apretado y así calcular una tasa de productividad.
3. Diseñar el programa básico de procedimiento para el mantenimiento preventivo en el taller de reparación de barricas.
4. Proponer el método de control para los trabajos realizados en el taller de barricas.
5. Elaborar el plan de incentivos monetarios para los trabajadores en el proceso de apretado, del área de mantenimiento de barricas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Características de la madera para el añejo del ron

Mientras transcurre el largo proceso de añejamiento, el ron sufre cambios debido a la temperatura, los cuales a nivel microscópico modifican el producto. Con las variantes temperaturas que se presentan en el día, que pueden dar una variación de entre 8 a 10 grados centígrado durante el día y la noche, además de las cambiantes temperaturas entre las estaciones del año, se produce una constante expansión y contracción del ron en la barrica, que le hace penetrar y salir de la madera de las duelas de manera consistente, favoreciendo los procesos oxidativos, extractivos y físico-químicos que se dan durante el período de envejecimiento. La madera de roble le aporta características organolépticas al ron durante su añejamiento, las cuales son las siguientes.

La transformación del ron en las barricas:

- Celulosa: pequeña contribución al sabor y aroma tostado al ron. Importante para el movimiento de los extractos de madera de las duelas de la barrica al ron.
- Hemicelulosa: le añade cuerpo y color.
- Lignina: aporta color, complejidad, notas de sabor a vainilla y ayuda al proceso de oxidación.
- Taninos de Roble: al igual que la lignina, también ayuda al proceso de oxidación, aporta la sensación de astringencia al producto, sabor a madera quemada y remoción de notas de sabor no buscadas.
- Capa de Carbón: al igual que los taninos del roble, ayuda a remover las notas de sabor no buscadas y aporta un sabor a madera quemada al producto (Hoyer, 2012).

1.1.1. Roble blanco americano

Las barricas utilizadas para el añejamiento del ron están hechas de madera de roble blanco americano quemado, en las cuales previamente se almacenó whiskey Bourbon, de una prestigiosa marca de whiskey estadounidense de Tennessee, reconocida mundialmente. Una de las razones del porque se utilizan estas barricas, se debe a un aspecto económico.

En 1,964 el Congreso de los Estados Unidos de América, promulgó una ley en la cual se establece que el whiskey Bourbon, como producto distintivo de ese país, debe envejecerse en barricas de roble “nuevas” y quemadas en su interior. Por motivo de esta ley, los fabricantes de whiskey Bourbon, se encontraron con una excesiva cantidad de barricas usadas, que no podían aprovechar nuevamente debido a la mencionada ley (Hoyer, 2012).

Gracias a esto, la empresa puede conseguir barricas de excelente calidad y que solo han sido usadas una vez, a precios atractivos, contribuyendo a bajar los costos de almacenaje de los fabricantes de whiskey Bourbon.

1.2. Fabricación de barricas

1.2.1. Hendido/aserrado, secado y curado

Hendido/aserrado: estas son las dos técnicas más utilizadas para realizar el corte de las duelas. En el hendido la madera es partida en trozos, en sentido de las fibras y los planos radiales de la madera. Por otro lado, el aserrado implica el corte de las duelas con cierras de disco.

Normalmente el roble americano permite el uso del corte aserrado y el roble francés el método de hendido.

Secado y curado: se ha establecido la regla empírica de un año de secado por cada centímetro de espesor de la duela. Es decir, de dos a dos años y medio para las piezas destinadas a barricas de 225 litros y hasta tres años para las de 300 litros. Este “curado” de la madera provoca una disminución de los polifenoles que contribuyen a las sensaciones de amargor y astringencia. Asimismo, también se produce un aumento de los componentes aromáticos de la madera durante el curado.

Figura 1. **Secado y curado de la madera**



Fuente: Comenge, 2017.

1.2.2. Montado de la campana y doma

Montado de la campana y domado: consiste en ensamblar las duelas en forma de campana. Cada una tiene un nombre y una posición precisa en la barrica. Se denomina duela a las piezas en que se corta la madera las cuales

suelen tener un espesor entre 22 y 30 mm. Hay que cortarlas todas con la misma longitud eliminando por sus dos extremos los centímetros que le sobran, que normalmente están agrietados. También se le ha de dar la forma definitiva a las duelas, para asegurar un encaje perfecto entre ellas una vez formada la barrica. Las campanas se colocan sobre unos quemadores y con ayuda de humectación superficial, la acción del calor y la fuerza de la tracción, las duelas se van curvando hasta conseguir la forma característica de la barrica. Un proceso que se denomina “domado”.

Figura 2. **Montado de campana y doma**



Fuente: Comenge, 2017.

1.2.3. Tostado y fondado

Tostado y fondado: las campanas se colocan de nuevo sobre los quemadores a mayor temperatura para actuar sobre la superficie de la madera. Según el tiempo de exposición y temperatura, conseguiremos el tostado deseado: ligero, medio, medio plus y fuerte. Esta operación tiene por objeto la formación de sustancias que confieran al ron olores y sabores que complementen

a los de la madera seca. Es de las últimas partes del proceso. Se colocan los fondos, se le da el acabado final a la madera y se comprueba la estanqueidad.

1.3. Indicadores clave de desempeño (KPI's)

Los “Key Performance Indicators” o indicadores claves de desempeño son mediciones cuantificables, creados según el área y proceso a controlar, reflejando los factores críticos de éxito de una organización. Ellos serán diferentes, dependiendo de la organización.

Una empresa puede tener como uno de sus indicadores clave de desempeño, el porcentaje de sus ingresos que proviene de los clientes de vuelta. Una escuela puede enfocar sus indicadores clave de desempeño en las tasas de graduación de sus estudiantes. Un departamento de servicio al cliente puede tener como uno de sus indicadores clave de desempeño, en línea con los KPI generales de la empresa, el porcentaje de llamadas contestadas al cliente en el primer minuto. Un indicador clave de desempeño para una organización de servicio social podría ser, el número de clientes atendidos durante el año.

Cualesquiera que sean los KPI que son seleccionados, deben reflejar los objetivos de la organización, deben ser la clave para su éxito y deben ser cuantificables (medibles). Los indicadores clave de desempeño suelen ser consideraciones a largo plazo. La definición de lo que son y cómo se miden no cambian a menudo. Las metas de un indicador clave de desempeño en particular pueden cambiar a medida que cambian las metas de la organización.

1.3.1. Método de implementación de los KPI

Para implementar los indicadores clave de desempeño, puede seguirse una serie de 7 pasos, en los cuales se muestra de forma muy precisa el desarrollo de esta metodología.

Estos pasos son propuestos a criterio propio, tomando en cuenta el esquema de Mora (2008, p. 9).

Esquema de implantación:

- Identificar el proceso logístico a medir.
- Conceptualizar cada paso del proceso.
- Definir el objetivo del indicador y cada variable a medir.
- Recolectar información inherente al proceso.
- Cuantificar y medir las variables.
- Establecer el indicador a controlar.
- Comparar con el indicador global y el de la competencia interna.
- Seguir y retroalimentar las mediciones periódicamente.
- Mejorar continuamente el indicador.
- Proyección y benchmarking externos.

1.3.1.1. Identificar lo que se quiere mejorar

Si existe la posibilidad, debe realizar este paso con otros compañeros de trabajo, que estén familiarizados con la situación actual de la empresa, desde un punto de vista macro, para preguntarse: ¿Qué es lo que se quiere mejorar? enfocándose en las principales deficiencias, algunos ejemplos de esto podrían ser: rentabilidad, control o clima laboral.

1.3.1.2. Identificar el proceso que dará mayor impacto

Es necesario identificar un proceso específico para mejorar, porque intentar mejorar todos los procesos asociados a un área de trabajo, puede llevar mucho trabajo y tiempo, debido a que cada proceso puede tener diferentes variables, que pueden usarse como indicadores. Para identificar qué proceso puede generar un mayor impacto, se necesita utilizar toda la información que se tenga, relacionada al área que fue elegida con anterioridad, como: reportes, gráficos de control, informes, etc. Junto con técnicas de resolución de problemas y análisis, dependiendo de cuales, se adecuen mejor a la situación, ya sea: diagrama de Pert, diagrama de Gantt, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, por mencionar algunos.

1.3.1.3. Recabar información del proceso

Registrar toda la información pertinente del proceso seleccionado con anterioridad para conocer cuál es el rendimiento actual y como puede mejorarse, haciendo uso de: diagramas de flujo, diagramas de procesos, estudio de tiempos, diagrama hombre/máquina, diagrama bimanual, encuestas, hojas de control. De nuevo tomando en cuenta las herramientas que mejor se adecuan a la situación.

1.3.1.4. Identificar las variables

Habiendo determinado el proceso local con el que se trabajará y contando con los resultados obtenidos del rendimiento actual, se procede a definir las variables que se consideren más críticas, como puede ser: tiempo, clientes, cantidad de pedidos, rentabilidad, unidades producidas, entre otras. Pero no

basta con definir las variables, también hay que definir en relación a qué comenzaran a medirse, cuando el proceso este efectuándose.

1.3.1.5. Establecer los KPI que se utilizarán

Para establecer los indicadores es necesario preguntarse ¿qué es lo que se necesita medir con relación a las variables previamente encontradas? en el caso de la variable tiempo, podrían surgir indicadores como: días promedio para surtir el pedido, días promedio de preparación de pedido, porcentaje de cumplimiento en las fechas de compromiso. Lo importante es que deben ser indicadores que den justo en el punto crítico del proceso en el que se está trabajando.

1.3.1.6. Desarrollar matriz de indicadores

Al momento de crear la matriz de indicadores, en la primera columna deben aparecer los indicadores que se utilizarán, en una segunda columna, una explicación y delimitación de cada indicador, de ser posible también colocar un responsable de la medición, indicar también la periodicidad con la que se harán las mediciones, colocar una línea base para saber desde que punto se está partiendo, determinar una meta realista en base a los estudios y cálculos hechos con anterioridad y por último, los rangos que van desde aceptable, revisar y no aceptable.

Tabla 1. **Ejemplo de matriz de indicadores clave de desempeño**

Indicadores	Explicación/ delimitación	Responsable	Periodicidad	Línea base	Meta	Rangos
Días promedios para surtir pedido	Desde que se hace el pedido hasta que se entrega	Cadena de suministro	Semanal	25 días promedio	20 días	<20 días: Aceptable 21 a 26 días: Revisar >26 días: No aceptable
Índice de pedidos entregados a tiempo	Relación de pedido entregados a tiempo entre total de pedidos entregados	Ventas	Semanal	90%	100%	>98%: Aceptable 90% a 97%: Revisar <90%: No aceptable

Fuente: elaboración propia.

1.3.1.7. Dar seguimiento y retroalimentación

Después de terminar la matriz de indicadores, se debe capacitar al personal que trabajará con estos y tengan conocimiento de cuáles son los objetivos que se buscan, cuáles son los indicadores clave de desempeño y como utilizar la matriz de indicadores. También es imprescindible, dar seguimiento a los resultados que surgen después de implementar la matriz, para poder tomar acción en caso de que algo no esté funcionando como se tenía previsto, ya que la matriz puede ser modificada de ser necesario.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. Descripción de la empresa

Es una empresa licorera que produce ron principalmente, del cual se derivan otros subproductos que utilizan al ron como base con diferentes composiciones químicas, haciendo variar significativamente la fórmula de cada una de las marcas, desde las notas aromáticas hasta los sabores, siendo estos influenciados también por el añejamiento particular que recibe cada bebida. El añejamiento es un proceso que consiste en dejar durante un determinado tiempo el producto dentro de barricas de madera, el cual puede ser de varios años, siendo el periodo de tiempo más corto de tres años.

2.1.1. Ubicación

Una empresa licorera de la región oriental de Guatemala, en el departamento de Zacapa.

2.1.2. Historia

Entre los años 1911 y 1923, los hermanos: Venancio, Andrés, Felipe, Jesús y Alejandro Botran, hijos del señor Andrés Botran García y la señora Paula Merino Requejo, se alejan de su nativo Burgos (España), para embarcarse en un sueño.

Ubicada en el Occidente de Guatemala, hoy esa industria se erige como testimonio vivo de una pasión familiar que crece con los años. La historia de la producción de bebidas alcohólicas en Guatemala está fuertemente ligada a la familia Botran (una de las precursoras de la industria), cuyo nombre bautiza la

línea de rones añejos de calidad con que el país ha sido reconocido por más de cinco décadas.

Desde mediados del siglo pasado, la familia Botran ha volcado su pasión a perfeccionar todo el proceso productivo de sus rones. Generación tras generación, los secretos se transmiten, permitiendo la mejora continua de toda la cadena de producción: siembra, destilación, fermentación, embotellado, empaque y distribución son celosamente vigilados para garantizar las cualidades que distinguen a los rones Botran en todo el mundo (Gerencia, 2017).

2.1.3. Misión, visión e identidad

2.1.3.1. Misión

Satisfacemos los gustos más exigentes alrededor del mundo con los rones añejos y otros productos, de la más alta calidad y excelencia, innovando constantemente con un equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, con responsabilidad social (Gerencia, 2017).

2.1.3.2. Visión

Ser la organización líder en la elaboración y comercialización de los más finos rones añejos y otros productos, para el mundo que disfruta de la excelencia (Gerencia, 2017).

2.1.3.3. Identidad

Somos una organización líder, dedicada a la producción y distribución de los más finos rones añejos y otros productos de alta calidad en mercados

nacionales e internacionales. Contamos con equipo humano altamente calificado, capaz de innovar y comprometido con los valores y objetivos organizacionales (Gerencia, 2017).

2.2. ¿Qué es el ron?

Este aguardiente se obtiene de la destilación de las melazas y/o jugos fermentados de la caña de azúcar. Alcanza 80° de contenido alcohólico, pero se rebaja añadiendo agua destilada. Este licor generalmente se añeja en barricas de roble por períodos de tiempo diverso. Cada país productor marca una diferencia en las cualidades de sus productos.

2.3. Procesos para la producción del ron

2.3.1. Fermentación

La fermentación es realizada por diferentes bacterias y microorganismos en medios anaeróbicos, es decir, en los que falta aire, por eso es un proceso de oxidación incompleta. Las bacterias o microorganismos, así como también las levaduras, se alimentan de algún tipo de componente natural y se multiplican, cambiando la composición del producto inicial. En el caso de las levaduras que se utilizan para hacer fermentar el pan, las mismas requieren de la presencia de azúcar o glucosa ya que es esta la que se convierte en su alimento y les permite crecer en tamaño. Lo mismo sucede con la fermentación alcohólica que da bebidas como el ron o la cerveza.

Tanto en el caso de la fermentación que tiene lugar en los alimentos como la que tiene lugar en las bebidas, ambas suponen la conversión de los azúcares en etanol y esta es la razón por la cual muchas veces los alimentos fermentados

(tales como el pan o el yogur) poseen cierto aroma particular que proviene de la presencia de esos gases naturales. Dependiendo del tipo de producto al que se haga referencia, el proceso de fermentado será distinto, requiriendo una mayor o menor cantidad de fermento, más o menos tiempo de descanso, más o menos cantidad de azúcares.

2.3.2. Destilado

Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil.

Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es dejar el componente más volátil en forma pura. Por ejemplo, la eliminación del agua de la glicerina evaporando el agua, se llama evaporación, pero la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol se llama destilación, aunque se usan mecanismos similares en ambos casos.

2.3.3. Añejamiento

El envejecimiento o añejamiento es uno de los aspectos más controversiales de la producción del ron. Lo que sucede exactamente durante el envejecimiento es uno de los secretos de la naturaleza, pero la fusión del licor con la madera es mágica. El ron absorbe taninos, sabor y color de la madera y

debido a su porosidad, permite que el ron "respire", provocando cambios oxidativos complejos en su composición química.

La edad u origen de las barricas parece que tienen poca influencia, aunque son populares las barricas que fueron usadas una sola vez para whisky 'bourbon' y otras barricas son chamuscadas nuevamente en el interior. De lo que sí se está seguro es que una barrica pequeña (normalmente de 250 litros de capacidad) es crucial para una buena calidad, mientras más pequeña es la barrica mayor es la influencia del roble.

Como regla, los rones del tipo ligero son envejecidos de uno a tres años mientras que los de tipo pesado pasan un mínimo de tres años en la barrica. Con el paso de los años, el contenido se vuelve más suave, más maduro y puede envejecerse con éxito hasta por 20 años antes de empezar a perder sabor, siempre que el clima sea fresco y húmedo. En ambientes más cálidos y más secos envejece más rápido y raramente mejora luego de siete años "tropicales", siendo un año "tropical" equivalente aproximadamente a dos o tres años en climas más frescos. Por eso es necesario tener cuidados con las declaraciones de edad; es cierto que mientras más añejo es el ron es mejor, pero también el lugar de envejecimiento es de gran importancia.

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Proceso de apretado de barricas

La madera al ser porosa puede absorber líquido de forma similar a una esponja, esto es un beneficio para la barrica porque causa que la madera se expanda, exponiendo a las duelas a más presión, debido a que no se puede usar ningún tipo de adhesivo entre las duelas para mantenerlas juntas, esto con el objetivo de evitar contaminar el producto con químicos indeseados.

Las barricas se clasifican separándolas por el número de veces que han sido llenadas y también el número de veces que han sido quemadas, el producto puede tener un buqué más intenso o suave dependiendo de esto. El problema surge cuando las barricas son vaciadas y almacenadas sin producto, debido a que en ese momento hay suficiente producto de ese mismo tipo para cubrir la demanda, haciendo que lo absorbido por la madera empiece a evaporarse, causando que las barricas empiecen a comprimirse algunos milímetros, suficientes como para que los cinchos (o flejes) dejen de presionar las duelas con la misma fuerza, dando como resultado fugas de producto cuando son llenadas de nuevo. Por esta razón cada vez que un lote de barricas llega a los 3 meses vacías en bodega, se manda al taller de barricas para ser apretado.

Figura 3. Partes de una barrica



Fuente: Murua T., 2015.

3.1.1. Apretado de cinchos (flejes)

El proceso da inicio cuando el lote es transportado por el montacargas en grupos de 12 barricas, posteriormente los trabajadores hacen una selección y dejan a parte las barricas que estén en mal estado, postergándolas para ser reparadas en un mismo lote, dejando solo las barricas que necesitan ser apretadas en los cinchos.

Con el uso de martillo y chazo se aprietan los 3 cinchos (o flejes), después se gira la barrica colocando el extremo inferior hacia arriba, para poder apretar los 3 cinchos del extremo inferior. En algunos casos los cinchos se han estirado quedando demasiado bajos siendo necesario correr los remaches, para esto se

hace uso de máquinas remachadoras. Cuando todos los cinchos están debidamente ajustados, se agrega parafina caliente con una brocha entre las duelas de la tapa inferior y alrededor de esta, con el objetivo de que funcione a manera de sellador, se da vuelta de nuevo a la barrica colocándola con la tapa superior hacia arriba, dejándola lista para el siguiente paso.

3.1.2. Empanzado y vaciado

Las barricas son transportadas del taller al área de empanzado, este proceso consiste en llenar cada una de las barricas con agua; después de llenar las barricas que se trabajaron ese mismo día, se dejan por 24 horas con el agua dentro, lo suficiente como para que la madera se expanda y las duelas puedan apretar más, pero no tanto tiempo como para que proliferen bacterias en el agua estancada. Esto se hace para ver si transcurridas las 24 horas aparecen fugas. Las barricas se inspeccionan una por una, dado el caso que resulte alguna con fuga, será regresada a la bodega después de que todas sean vaciadas, esperando el momento para ser reparada en un mismo lote.

Las barricas empanzadas con agua pueden durar hasta un mes vacías en bodega, esperando que el producto nuevo llegue, a diferencia de las que se vacían después de varios años de añejamiento, que pueden durar hasta tres meses vacías, debido a que el producto puede penetrar más en la madera después del largo periodo de añejamiento.

3.2. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica correspondiente a la medición del trabajo, usada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo en los elementos de una tarea definida, la cual debe ser realizada en condiciones determinadas, con

el objetivo de analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido en dicha tarea, para posteriormente establecer un tiempo estándar adecuado, con el cual no se explote al trabajador y a la vez no se desperdicie tiempo productivo.

Se realizó un estudio de tiempos en el área de mantenimiento de barricas, con el objetivo de estandarizar los tiempos y posteriormente ser utilizados para establecer los indicadores clave de desempeño. Se observó que el único proceso que podía ser estandarizado era el proceso de apretado, ya que el proceso de reparado puede variar demasiado según la cantidad y tipo de fallas en la barrica, provocando a la vez que los tiempos sean demasiado dispersos, dando como resultado, reparaciones que pueden tardar desde 5 hasta 90 minutos.

Para determinar el número de la población de la muestra “n” a observar, se utilizó el método de distribución “t de student” para muestras menores de 30 datos, debido a que las muestras eran de 15 este método era el indicado para validar el tamaño de la muestra. Las fórmulas son las siguientes:

$$n = \left(\frac{t^*s}{k\bar{x}} \right)^2 \text{ donde la desviación es "S"} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Para un nivel de significancia “k” (elegido por el analista) de 0.05 o 5% y una “t” dada por la intersección de “k” y el grado de libertad “Gl”, en la tabla de distribución t que se encuentra en el anexo 4. El grado de libertad es $Gl = n - 1$.

A continuación, se presenta un ejemplo para determinar la población de la muestra, en el que se calcula la cantidad de muestras para la actividad “inspección de fallas”. Se tomó una muestra de 15 con el tiempo expresado en minutos, los cuales fueron.

Tabla 2. Cálculo de ciclos en estudio de tiempos

No.	(Muestras) x_i	$x_i - \bar{x}$		$(x_i - \bar{x})^2$
1	0.95	0.02		0.00
2	1.04	0.11		0.01
3	0.92	-0.01		0.00
4	0.94	0.01		0.00
5	1.01	0.08		0.01
6	0.96	0.03		0.00
7	0.92	-0.01		0.00
8	0.76	-0.17		0.03
9	0.91	-0.02		0.00
10	0.88	-0.05		0.00
11	0.89	-0.04		0.00
12	1.01	0.08		0.01
13	0.99	0.06		0.00
14	0.97	0.04		0.00
15	0.82	-0.11		0.01
(Promedio) \bar{x}	0.93		Suma	0.08

Fuente: elaboración propia.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.08}{15-1}} = \sqrt{0.00571} = 0.076$$

El nivel de significancia “k” es 0.05 lo que equivale a 5%, el grado de libertad $Gl = n - 1 = 15 - 1 = 14$. Para la “t” de student se utiliza la tabla de distribución del anexo 4, buscando la intersección del grado de libertad 14 y nivel de significancia 0.05 que se determinó con anterioridad.

Figura 4. Valor de “t” para GL=14 y k=0.05

n	Probabilidad P												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015

Fuente: Niebel, 2009.

$$\left(\frac{t^*s}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2.145 * 0.076}{0.05 * 0.93} \right)^2 = \left(\frac{0.163}{0.047} \right)^2 = 12.028 \approx 13$$

El resultado de “n” es 13, por lo que las 15 muestras satisfacen la representatividad de la población total, por lo que no es necesario tomar más muestras.

El estudio de tiempos realizado se encuentra en los apéndices, desde el apéndice 1a hasta el 1e, sumando un total de 25 elementos registrados en el proceso de apretado, los cuales se muestran en la siguiente tabla con sus respectivos tiempos estándar y una breve descripción de la actividad. También se utilizaron colores para mejorar su comprensión.

- Las actividades de transporte de barricas se representaron con color amarillo.
- Las actividades que aparecen de color rojo son las que ocurren eventualmente y no son aplicadas a todas las barricas, por lo que

pueden hacer variar el tiempo estándar final dependiendo de la cantidad de barricas a las que se realice dichas actividades.

- El color verde se utilizó para las actividades a las que siempre se someten todas las barricas y que no pueden omitirse en el proceso de apretado. Los elementos más pequeños que conforman una actividad se representaron con tonos más claros, por ejemplo: el tiempo de las actividades 3, 4 y 5 suman el tiempo estándar de la actividad 6; de esa misma forma la actividad 6 suma para la actividad 12 (en la columna “descripción de actividades” de la siguiente tabla se hace referencia a esto).

Tabla 3. Tiempos estándar del proceso de apretado

No.	Nombre de la actividad	Tiempo estándar	Descripción de actividades
1	Transporte bodega a taller	0.20 min.	Montacargas transporta las barricas al taller
2	Inspección de fallas	1.22 min.	Las barricas que no se les puede dar solución solo con apretado se descartan para el proceso de reparado (forma parte de la actividad 12).
3	Apretar cincho medio	0.31 min.	Apretado de los tres cinchos (forma parte de la actividad 6).
4	Apretar cincho bajo	0.30 min.	
5	Apretar cincho alto	0.80 min.	
6	Apretado de los 3 cinchos	1.41 min.	Esta es la sumatoria del apretado del cincho bajo, medio y alto (forma parte de la actividad 12).
7	Girar barrica	0.22 min.	Esto se realiza para apretar los cinchos de debajo de la barrica (forma parte de la actividad 12).
8	Quitar cincho	0.21 min.	Estas tres actividades son eventuales solo se realizan si es necesario cambiar los remaches de los cinchos (puede variar de entre 1 a 6 cinchos).
9	Quitar remache	0.87 min.	
10	Poner remache	0.78 min.	
11	Parafinar tapa inferior	0.43 min.	Se agrega parafina fundida en la tapa inferior de la barrica con una brocha (alrededor de la tapa y entre las juntas de sus duelas, forma parte de la actividad 12).
12	Barrica apretada	3.47 min.	Tiempo del apretado de una sola barrica (sumatoria de las actividades 6, 7 y 11, la actividad 6 se cuenta doble por los tres cinchos superiores e inferiores).
13	Trans. de taller a empanzado	0.21 min.	Montacargas transporta las barricas al área de empanzado.
14	Empanzado con agua	3.17 min.	Las barricas se dejan reposar 24 horas con el agua en su interior para que la madera pueda absorber.
15	Inspección de fugas	0.41 min.	Las barricas que tengan fugas de agua después de 24 horas se descartan para el proceso de reparado.
16	Cambiar tapón lateral	1.18 min.	Si la barrica presenta fuga de agua en el tapón lateral se procede a cambiar el tapón (esta actividad se realiza solo si es necesaria).
17	Derribar barrica al suelo	0.32 min.	Tiempo que tarda el trabajador en derribar cada barrica del lote al suelo, para empezar a vaciar el agua.
18	Vaciado de barrica unidad	6.38 min.	Tiempo de vaciado de la primera barrica.
19	Vaciado entre barricas	0.52 min.	La segunda barrica en adelante toman menos tiempo de vaciado (cuando empieza a vaciarse la primera el trabajador derriba la segunda).
20	Girar barrica boca abajo	0.14 min.	Se termina de colocar cada barrica boca abajo para que vacíen por completo.
21	Girar barrica boca arriba	0.18 min.	Se derriban las barricas de nuevo para dejarlas boca arriba (esto se hace ya estando sobre las tarimas de madera).
22	Mambora para colocar el tapón	0.66 min.	Se utiliza una herramienta con forma cónica para ensanchar el agujero superior (esta actividad se realiza solo en las barricas que lo necesiten).
23	Colocar tapón superior	0.16 min.	Se introduce el tapón del agujero superior para evitar que la humedad se evapore más rápido y que las duelas vuelvan aflojar.
24	Barrica vacía	1.44 min.	Tiempo de vaciado de una sola barrica (sumatoria de las actividades 17, 19, 20, 21 y 23).
25	Transporte a bodega	0.21 min.	El Montacargas transporta las barricas vacías de vuelta a la bodega.

Fuente: elaboración propia.

El método que se utilizó fue el de regresión a cero, porque los elementos del proceso no ocurren de manera consecutiva, debido a esto, no era viable usar el método continuo. El método de regresión a cero consiste en cronometrar individualmente cada actividad. Todos los tiempos se tomaron en la dimensional de minutos. El formato usado para realizar el estudio de tiempos fue obtenido del libro de Niebel (2009).

3.3. Diagrama de flujo de procesos y fluxograma

El objetivo del diagrama de flujo de procesos y del fluxograma es mostrar de forma visual la secuencia de las operaciones, para que pueda entenderse el orden en que sucede cada actividad, de manera que se pueda conocer mejor el proceso. Lo que también en algunas ocasiones, puede permitir identificar de forma más fácil actividades innecesarias, que pueden ser eliminadas o modificadas. En el diagrama de flujo y en el fluxograma se agregaron los números de las actividades correspondientes relacionados al estudio de tiempos, para facilitar su búsqueda en caso de querer corroborar los datos.

Tabla 4. **Símbolos de la norma ASME para diagramas de flujo**

No.	Descripción	Figura
1	Operación: hace referencia a una transformación del producto dentro del proceso.	○
2	Inspección: hace referencia a una revisión minuciosa del producto.	□
3	Transporte: hace referencia al traslado de lugar del producto.	⇒
4	Almacenaje: hace referencia al resguardo de producto	▽
5	Demora: hace referencia a un retraso para llegar al paso siguiente.	D

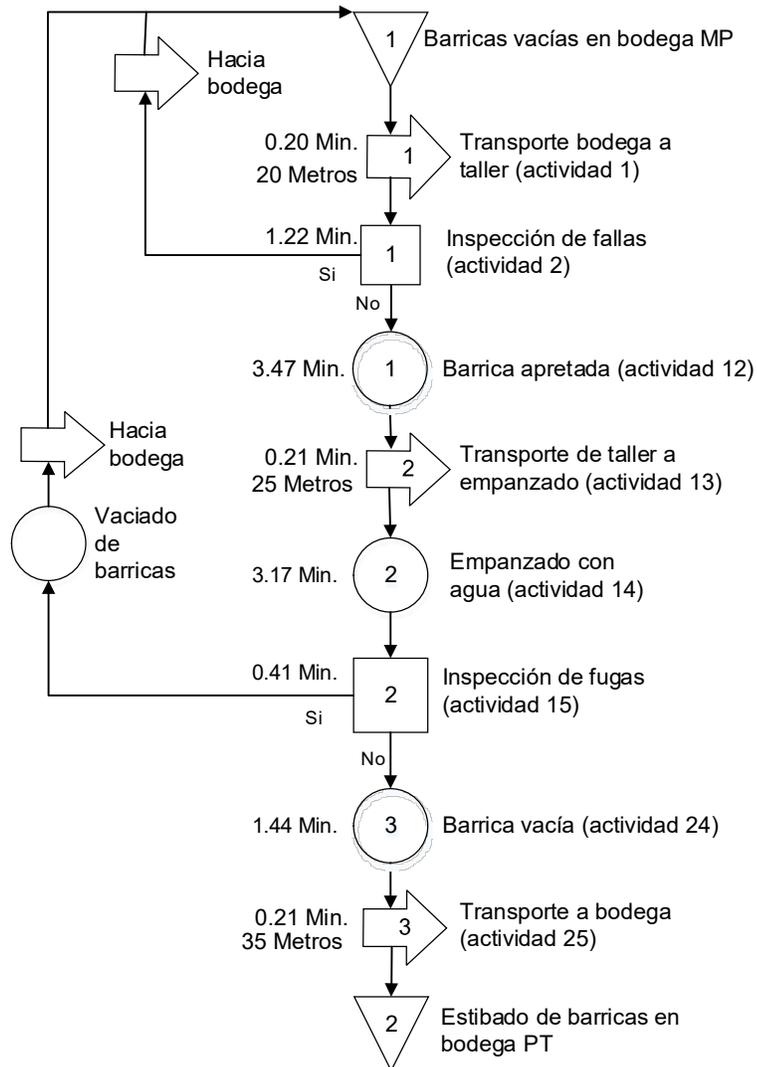
Fuente: WIMSERVICES, 2017.

Figura 5. **Diagrama de flujo de operaciones del proceso de apretado**

Departamento: taller de barricas
 Diagrama No.: 1
 Método: actual

Analista: Marvin Rosales
 Proceso: apretado de barricas
 Página: 1/1

Producto: barricas
 Fecha: 17-07-2017
 Encargado: gerente general



RESUMEN			
Descripción	Figura	Cantidad	Tiempo (Min.)
Operación	○	3	8.08
Inspección	□	2	1.63
Transporte	⇒	3	0.62
Almacenamiento	▽	2	--
Total	--	10	10.33

Fuente: elaboración propia.

Habiendo visualizado el diagrama de flujo de operaciones, se dará una explicación de cada una de sus actividades, con el fin de comprender mejor el proceso y la relación entre cada una de sus operaciones.

- Transporte bodega a taller (Transporte 1): las barricas son transportadas desde la bodega hasta el taller haciendo uso del montacargas, es necesario mencionar que en esta actividad se transportan 12 barricas a la vez, entonces para obtener el tiempo unitario de transporte de las barricas, se dividió entre 12 el “tiempo estándar elemental” haciendo uso del “número de ocurrencias” en el estudio de tiempos (resumen del apéndice 1a).
- Inspección de fallas (Inspección 1): antes de apretar los cinchos las barricas son inspeccionadas, si hay barricas con fallas como duelas agrietadas, rotas o algún otro tipo de falla grave, son apartadas para ser llevadas de regreso. Posteriormente serán trabajadas en el proceso de reparado.
- Barrica apretada (Operación 1): la operación de apretado consiste en ajustar los 6 cinchos de la barrica y recolocar las duelas que se hayan desalineado, para esto primero se aprietan los 3 cinchos, o flejes, del extremo superior con el martillo y chazo, después se vuelca la barrica para apretar los cinchos del extremo inferior. En algunos casos los cinchos se estiran como resultado del tiempo y la alta tensión que ejercen, cuando esto sucede es necesario quitarlos para correr los agujeros y colocar remaches nuevos. Por último, se agrega parafina fundida sobre las uniones de las duelas en la pata inferior y alrededor de la misma.
- Transporte de taller a empanzado (Transporte 2): las barricas trabajadas durante la mañana son transportadas por la tarde hacia el

área de empanzado, de nuevo en grupos de 12 barricas con la ayuda del montacargas.

- Empanzado con agua (Operación 2): en esta operación se llenan las barricas de una en una con agua. El objetivo de este paso es que la madera absorba un poco de agua para que se expanda, de esta manera aumentara la presión entre las duelas disminuyendo la posibilidad de fugas. Las barricas se dejan llenas de agua durante 24 horas, es decir que son vaciadas hasta la tarde del día siguiente. En caso de presentarse fugas en el tapón lateral de alguna de las barricas, se procede a colocar un tapón nuevo justo sobre el anterior haciendo uso del martillo.
- Inspección de fugas (Inspección 2): las barricas son inspeccionadas en busca de fugas de agua, de resultar alguna se intenta dar solución golpeando las duelas con un martillo para acomodarlas, si no resulta posible la barrica es vaciada y llevada a bodega para posteriormente ser reparada en otra ocasión.
- Barrica vacía (Operación 3): todas las barricas empanzadas son derribadas al suelo de una en una para que expulsen toda el agua, cuando no sale más agua del orificio superior son giradas boca abajo para que salga el resto, después son colocadas de nuevo en las tarimas y giradas boca arriba, por último, se les coloca el tapón. Algunas barricas al expandir con el agua ya no permiten entrar al tapón, en estos casos se usa la mambora para hacer el orificio más ancho.
- Transporte a bodega (Transporte 3): después de pasar por todo el proceso, las barricas son transportadas con el montacargas hacia la bodega, ya listas para ser llenadas con producto nuevo. Las barricas que fueron empanzadas con agua pueden estar vacías hasta 1 mes, después de eso se comprimen al secarse la madera presentando fugas,

pero cuando estuvieron con producto en su interior por varios años, pueden durar hasta 3 meses antes de secarse por completo.

Tabla 5. Fluxograma del proceso de apretado

Actividad: reparación de barricas		Resumen		
Fecha: 17-07-2017	Método: actual	Evento	Cant.	Tiempo (Min.)
Analista: Marvin Javier Rosales Calderón		Operación	3	8.08
Operador: N/A		Transporte	3	0.62
Comentarios:		Demora	0	0
		Inspección	2	1.63
		Almacenaje	2	0
		Total	10	10.33
Descripción de los elementos	Símbolo	Tiempo (Min.)	Dist. (m.)	Observaciones
Barricas vacías en bodega MP	○ → D □ ▼	0	0	
Trans. bodega a taller	○ → D □ ▼	0.20	20	Actividad 1
Inspección de fallas	○ → D ■ ▼	1.22		Actividad 2
Barrica apretada	● → D □ ▼	3.47	0	Actividad 12
Trans. de taller a empanzado	○ → D □ ▼	0.21	25	Actividad 13
Empanzado con agua	● → D □ ▼	3.17	0	Actividad 14
Inspección de fugas	○ → D ■ ▼	0.41	0	Actividad 15
Barrica vacía	● → D □ ▼	1.44	0	Actividad 24
Trans. a bodega	○ → D □ ▼	0.21	35	Actividad 25
Estibado de barricas en bodega PT	○ → D □ ▼	0	0	
	○ → D □ ▼			
	○ → D □ ▼			
	○ → D □ ▼			
	○ → D □ ▼			

Fuente: elaboración propia.

Para el diagrama anterior se dividieron los tiempos de los transportes entre doce, a causa de que el montacargas es capaz de llevar doce barricas a la vez, entonces para poder determinar el tiempo estándar por unidad era necesario tomarlo en consideración. Según el total de tiempo en este fluxograma se tiene que son 10.33 minutos para que una barrica pase por todo el proceso, sin embargo esto es muy difícil de comprobar, debido a que en el taller no se usa un método trabajo en línea continua, permitiendo que cada barrica pase por el proceso individualmente, si no que durante la mañana se trabaja todo el lote hasta la actividad de apretado y hasta llegar la tarde se empanzan con agua todas las barricas que fueron apretadas, por lo que no pasa cada una de manera individual por todo el proceso.

3.4. Diagrama de Ishikawa

Este diagrama también es conocido como diagrama causa-efecto, es similar a otras herramientas de diagnóstico que buscan encontrar las causas que originan un problema, para deducir mediante su relación lógica, la forma de solucionarlo.

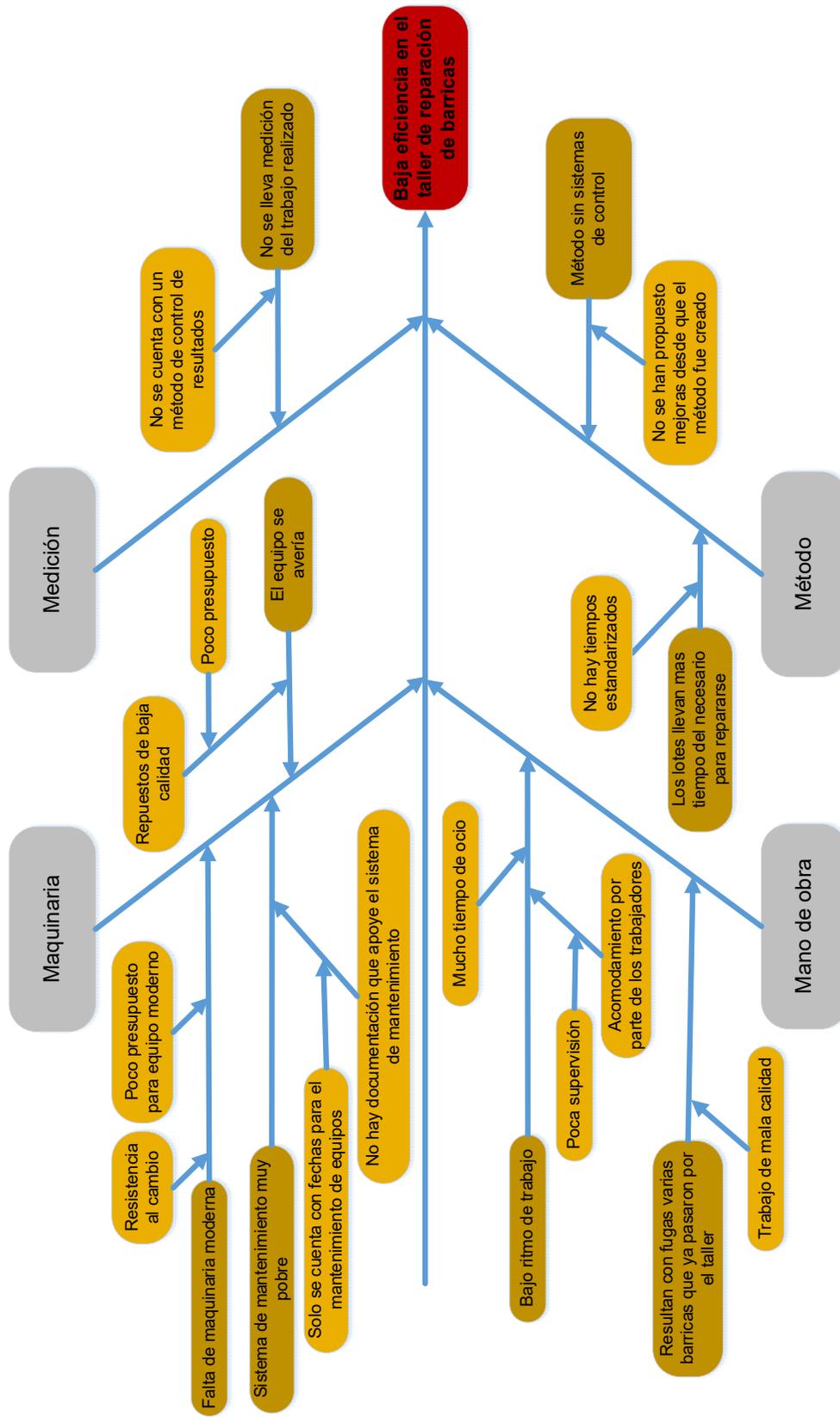
La manera en que se usa para ordenar la información y dirigirla hacia el problema principal le da una forma característica, por lo que también se le llama diagrama de pescado. Partiendo de la espina central podemos encontrar cuatro o más líneas que apuntan hacia la línea central, llamadas espinas principales (causas principales) y que estas a su vez cuentan con líneas o espinas inclinadas, llamadas espinas secundarias (subcausas).

Para analizar la situación del taller se utilizó el diagrama de Ishikawa junto con el método de las “6 m’s”, este es un método que consiste en agrupar las causas potenciales, en seis ramas principales como lo son, métodos de trabajo,

mano de obra, medición, maquinaria, materiales y medio ambiente, pero en las últimas dos no se encontró alguna causa que pudiera afectar la eficiencia del taller, por tanto, se trabajó solo con las primeras cuatro.

Según lo que se logró observar en la realización del diagrama, la maquinaria tiene una fuerte relación con la baja eficiencia del taller, a causa de esto se decidió incorporar en la propuesta, una mejora para el plan de mantenimiento del equipo y maquinaria.

Figura 6 Diagrama Ishikawa sobre la baja eficiencia



Fuente: elaboración propia.

La propuesta puede dar solución a la mayoría de causas que aparecen en el diagrama Ishikawa, porque se enfoca en implementar un método de control por medio de indicadores clave de desempeño (KPI's), en el cual se da una meta diaria de barricas para el proceso de apretado, basándose en los tiempos estándar obtenidos, lo cual logra evitar que los trabajadores tengan demasiado tiempo de ocio, pero al mismo tiempo, que también puedan trabajar a un ritmo adecuado a sus capacidades.

Una de las causas que se genera con relación a la maquinaria, es que el sistema de mantenimiento cuenta con poca documentación, esto significa que todo su plan de mantenimiento trata solamente de un cronograma con las fechas correspondientes de cada equipo, siendo el único documento de apoyo que el técnico tiene. A esto también se le da una solución mediante la propuesta, por medio del programa básico de mantenimiento preventivo.

3.5. Análisis de datos observados en el proceso de apretado y barricas con fugas del área de llenado

3.5.1. Hojas de registro para los trabajos en el taller

La empresa cuenta con dos formatos para el registro de trabajos realizados en el taller de barricas, uno de ellos es una “hoja de consolidado de proceso de barriles mensual” (anexo 1), junto con una “hoja de control de preparación de barriles diarios” (anexo 2).

Haciendo un resumen de las hojas de registro que se obtuvieron del consolidado en el mes de julio, se tienen las siguientes cantidades.

Tabla 6. Consolidado en el mes de julio

Fecha	Empleados	Barricas rev. taller	Apretados	Cinchos	Empanzados	Barricas rev. empanzado	Desempanzados
martes 18/07/17	Empleado 1	6	12	3	--	--	--
	Empleado 2	--	--	--	--	--	--
	Empleado 3	6	12	4	--	--	--
	Subtotal	12	24	7	0	0	0
miércoles 19/07/17	Empleado 1	32	20	10	32	--	--
	Empleado 2	60	40	4	24	--	--
	Empleado 3	50	40	12	32	--	--
	Subtotal	142	100	26	88	0	0
jueves 20/07/17	Empleado 1	60	24	2	--	--	--
	Empleado 2	36	26	2	--	--	--
	Empleado 3	32	22	6	--	--	--
	Subtotal	128	72	10	0	0	0
viernes 21/07/17	Empleado 1	24	6	--	44	44	42
	Empleado 2	18	6	--	40	44	44
	Empleado 3	--	--	--	--	--	--
	Subtotal	42	12	0	84	88	86
lunes 24/07/17	Empleado 1	32	24	4	24	60	57
	Empleado 2	36	28	--	28	60	57
	Empleado 3	--	--	--	--	--	--
	Subtotal	68	52	4	52	120	114
martes 25/07/17	Empleado 1	60	36	5	42	--	--
	Empleado 2	66	40	2	40	--	--
	Empleado 3	51	24	16	16	--	--
	Subtotal	177	100	23	98	0	0
miércoles 26/07/17	Empleado 1	36	32	8	32	26	26
	Empleado 2	52	36	4	34	26	26
	Empleado 3	48	24	12	24	--	--
	Subtotal	136	92	24	90	52	52
jueves 27/07/17	Empleado 1	--	--	--	--	20	17
	Empleado 2	--	--	--	--	35	35
	Empleado 3	--	--	--	--	35	34
	Subtotal	0	0	0	0	90	86
viernes 28/07/17	Empleado 1	16	12	2	32	94	86
	Empleado 2	--	--	--	--	--	--
	Empleado 3	--	--	--	--	--	--
	Subtotal	16	12	2	32	94	86
Totales		721	464	96	444	444	424

Fuente: elaboración propia.

Según se observan en los totales llegaron 721 barricas en total al taller, de las cuales solo 464 pasaron la primera inspección, descartando 257 para el proceso de reparado por tener fallas graves, como pudieran ser: duelas muy deterioradas o tapaderas que han perdido su forma. De las barricas que pasaron la inspección, 96 necesitaron que se les corrieran los remaches de los cinchos por causa de estiramiento, debido a la alta presión que ejerce la madera sobre ellos.

$$\text{Porcentaje que paso la primera inspección} = \frac{464}{721} * 100 = 64.36\%$$

Pasando a la etapa del empanzado, se tiene que de las 464 barricas solo 444 fueron llenadas con agua, durante la etapa de apretado se encontró que 20 de ellas estaban en malas condiciones, dejándolas para el proceso de reparado. Después de pasar las 24 horas absorbiendo el agua se procedió a revisar las 444 barricas, resultando 20 de ellas con fugas pasando con éxito 424, por lo que se vaciaron y fueron llevadas a la bodega para ser reparadas posteriormente.

Barricas que presentaron problemas durante el proceso de apretado: 20

$$\text{Porcentaje de empanzados} = \frac{444}{721} * 100 = 61.58\%$$

Barricas que presentaron fugas y que no se les pudo dar solución: 20

$$\text{Porcentaje de barricas terminadas} = \frac{424}{721} * 100 = 58.81\%$$

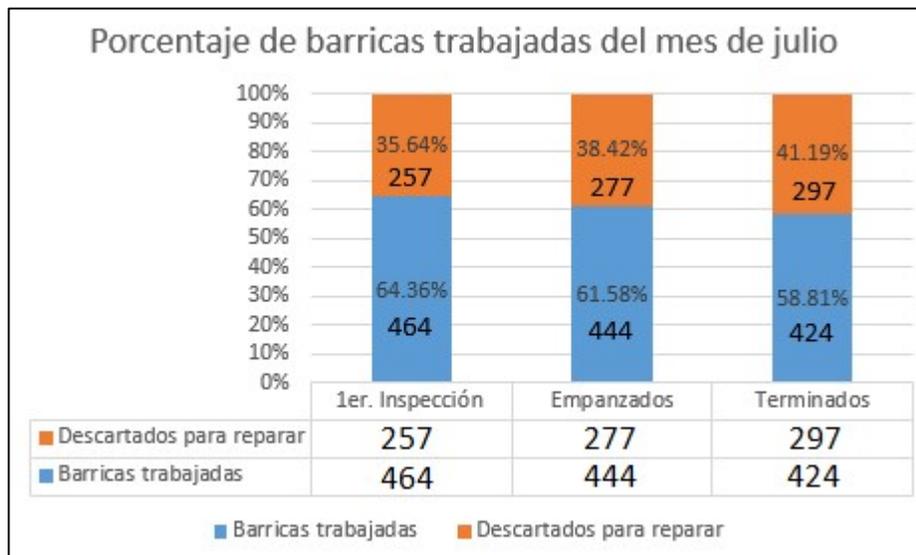
En la primera inspección se encontraron 257 barricas que tenían fallas graves, durante el proceso de apretado 20 barricas presentaron problemas

mientras eran trabajadas; al realizar la “inspección de fugas” después de ser empanzadas con agua, 20 de las barricas presentaron fugas. Debido a esto, se puede decir que de las 721 que eran al inicio, 424 terminaron el proceso de apretado listas para ser utilizadas con producto nuevo, dejando 297 para el proceso de reparado.

$$\text{Porcentaje de barricas descartadas para reparado} = \frac{(257+20+20)}{721} * 100 =$$

$$\frac{297}{721} * 100 = 41.19\%$$

Figura 7. **Porcentaje de barricas trabajadas del mes de julio**



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Barricas con fugas en el área de llenado

Cuando las barricas son llenadas con producto nuevo, se da el caso de que muchas de ellas presentan fugas por diversos tipos de fallas, los cuales pueden ser por fuga en el tapón lateral, fugas entre duelas, fugas en la tapa del fondo, duelas agrietadas y duelas con agujero. Siempre se debe buscar la calidad total,

aunque también se debe ser consciente de que ocasionalmente se presentaran defectos, sin embargo, lo ideal es que los defectos sean la menor cantidad posible.

A continuación, se presentan los datos de dos lotes que pasaron por el taller de barricas y que presentaron fugas en el área de llenado.

Tabla 7. **Fallas encontradas en lote SVA0RL-DA00917**

Lote: SVA0RL-DA00917		Fecha	28/03/2017
		Lote total	245 barricas
Tipos de fallas	Fallas	Reparados	Cambios
Fuga en el tapón con brin	14	14	0
Fuga entre duela	5	1	4
Fuga en el tapón sin brin	3	3	0
Fuga en la tapa del fondo	0	0	0
Fuga por nudo en la duela	1	0	1
Duela del tapón agrietada	1	0	1
Duela agrietada	0	0	0
Duela con agujero	1	1	0
Totales	25	19	6

Fuente: elaboración propia.

En este lote de 245 barricas se presentaron 25 con fugas, de las cuales la mayoría eran por fuga en el tapón lateral con brin. Si se dividen las 25 con defectos entre las 245, da como resultado que el 10.2% del lote resulto con barricas defectuosas.

Para el caso del segundo lote, se tiene una cantidad de 110 barricas las cuales dieron los siguientes datos.

Tabla 8. **Fallas encontradas en el lote RP-DAM0047**

Lote: RP-DAM0047		Fecha	10/04/2017
		Lote total	110 barricas
Tipos de fallas	Fallas	Reparados	Cambios
Fuga en el tapón con brin	16	16	0
Fuga entre duela	3	3	0
Fuga en el tapón sin brin	2	2	0
Fuga en la tapa del fondo	0	0	0
Fuga por nudo en la duela	0	0	0
Duela del tapón agrietada	0	0	0
Duela agrietada	0	0	0
Duela con agujero	0	0	0
Totales	21	21	0

Fuente: elaboración propia.

De las 110 barricas resultaron 21 con fugas, en este caso de nuevo la mayoría fueron por fuga en el tapón lateral con brin. Si se opera de la misma forma que se hizo en el caso anterior, el porcentaje de barricas defectuosas es de 19.09%, llegando a casi el doble que en el primer lote.

3.5.3. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es conocido por usar el principio 80-20, que básicamente dice que el 80% de las consecuencias de una situación son generados por el 20% de las causas, es decir que si se logra dar solución a las causas que tienen mayor efecto en el problema, se estaría solucionando casi toda la situación.

Con el objetivo de identificar cuales fallas están dentro del 80% de las fugas, se realizó un diagrama de Pareto para cada uno de los dos lotes vistos

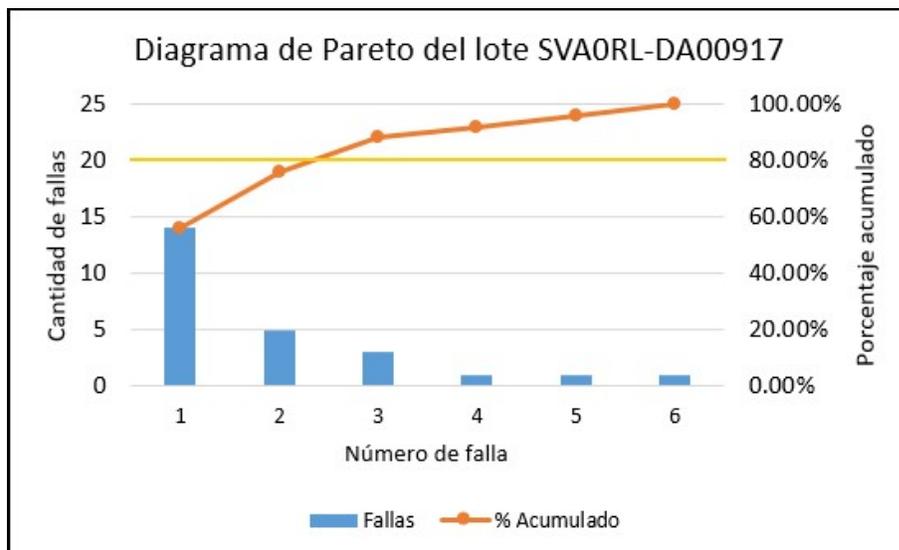
anteriormente. Iniciando con el cálculo de los porcentajes acumulados, se procede después a graficar las fallas y los porcentajes.

Tabla 9. **Porcentaje acumulado de fallas en lote: SVA0RL-DA00917**

Lote: SVA0RL-DA00917		Fecha	28/03/2017		
		Lote total	245 barricas		
No.	Tipos de fallas	Fallas	% Fallas	Acumulado	% Acumulado
1	Fuga en el tapón con brin	14	56.00%	14	56.00%
2	Fuga entre duela	5	20.00%	19	76.00%
3	Fuga en el tapón sin brin	3	12.00%	22	88.00%
4	Fuga por nudo en la duela	1	4.00%	23	92.00%
5	Duela del tapón agrietada	1	4.00%	24	96.00%
6	Duela con agujero	1	4.00%	25	100.00%
7	Fuga en la tapa del fondo	0	0.00%	0	0.00%
8	Duela agrietada	0	0.00%	0	0.00%
Totales		25	100.00%		

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Diagrama de Pareto del lote SVA0RL-DA00917**



Fuente: elaboración propia.

Según se puede observar el gráfico, las fallas numeradas como 1 y 2 representan casi el 80% de las todas las barricas con fugas, estas fallas son “fugas en el tapón con brin” y “fugas entre duela”, las cuales suman un porcentaje de 76% y un total de 19 barricas defectuosas de las 25 encontradas en este lote.

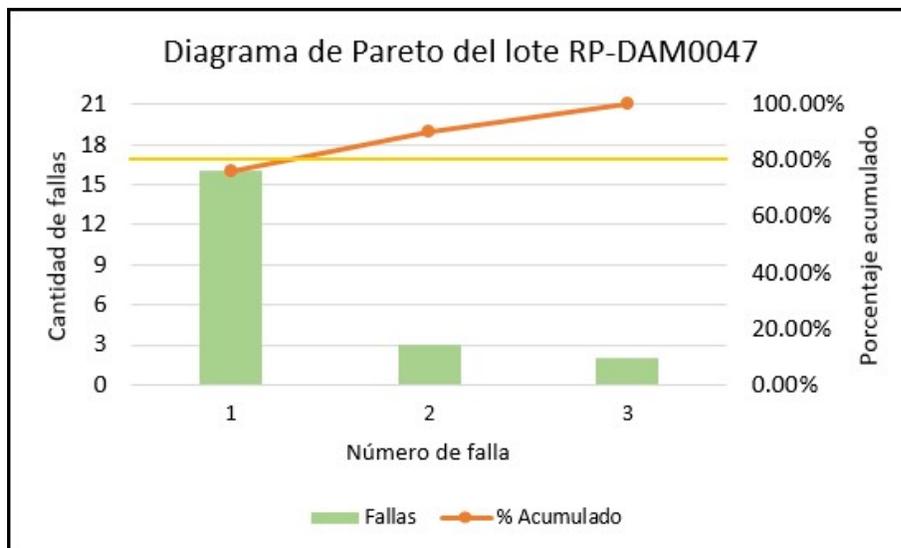
Ahora se procede a elaborar el diagrama de Pareto para el segundo lote, con la finalidad de compararlos y saber que similitudes presentan.

Tabla 10. **Porcentaje acumulado de fallas en lote: RP-DAM0047**

Lote: RP-DAM0047		Fecha	10/04/2017		
		Lote total	110 barricas		
No.	Tipos de fallas	Fallas	% Fallas	Acumulado	% Acumulado
1	Fuga en el tapón con brin	16	76.19%	16	76.19%
2	Fuga entre duela	3	14.29%	19	90.48%
3	Fuga en el tapón sin brin	2	9.52%	21	100.00%
4	Fuga en la tapa del fondo	0	0.00%	0	0.00%
5	Fuga por nudo en la duela	0	0.00%	0	0.00%
6	Duela del tapón agrietada	0	0.00%	0	0.00%
7	Duela agrietada	0	0.00%	0	0.00%
8	Duela con agujero	0	0.00%	0	0.00%
Totales		21	100.00%		

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de Pareto del lote: RP-DAM0047



Fuente: elaboración propia.

Para este segundo caso solo la falla número 1 está dentro del 80% de las fallas, siendo la “fuga en el tapón con brin” con un 76.19% y un total de 16 barricas defectuosas de las 24 encontradas.

Al comparar los diagramas de los dos lotes, resulta fácil deducir que la falla con mayor frecuencia es la de “fuga en el tapón con brin”, por lo que, si se le diera solución para evitar o al menos disminuir este tipo de falla, se tendría un gran impacto positivo en el proceso de llenado.

4. SISTEMA KPI'S EN ÁREA DE MANTENIMIENTO DE BARRICAS

El área de mantenimiento de barricas tiene gran importancia en una empresa licorera, porque como es de esperarse, las barricas que contendrán el producto para su añejamiento necesitaran mantenimiento por su desgaste y deshidratación, así que es prioritario que el trabajo en el taller sea siempre óptimo, aprovechando de la mejor manera los recursos y buscando el cumpliendo con las metas. Por esos motivos la gerencia deseaba saber si se podía mejorar la eficiencia en el taller de barricas, ya que desconocían si el tiempo era bien aprovechado.

Para dar una propuesta primero se debía saber la situación actual en el área de mantenimiento de barricas, para eso se realizó un diagnostico que fue presentado en el capítulo 3, el cual incluye un estudio de tiempos para el proceso de apretado, siendo usado para determinar los indicadores clave de desempeño (KPI'S). Lamentablemente solo el proceso de apretado puede tener un tiempo estándar, porque el proceso denominado "reparado" es demasiado variable en sus actividades, dando tiempos con una dispersión muy grande, presentando el caso de barricas que pueden tardar 3 minutos y otras hasta 90 minutos.

Además, se hicieron las siguientes propuestas para mejorar el control de los mantenimientos preventivos en los equipos, la cual cuenta con un programa básico que muestra los pasos de cada mantenimiento listado en el cronograma, así también incluye el diseño de fichas de mantenimiento para cada equipo, las cuales se usaran para tener un mejor control de las fechas de los mantenimientos, también un inventario de los equipos con sus características específicas, para que pueda servir de apoyo al momento de necesitar hacer un pedido de repuestos.

Por último, se realizó una pequeña propuesta para reemplazar la iluminación HID por iluminación LED, con el propósito de disminuir el impacto ambiental resultado del consumo de energía eléctrica, lo cual también puede disminuir los costos al usar lámparas más eficientes. En dicha propuesta se incluyen una comparativa de costos y el tiempo de recuperación de la inversión.

4.1. Formulación de los indicadores clave de desempeño (KPI's)

4.1.1. Identificación de las variables para los KPI's

Las variables específicas que tienen más incidencia en los trabajadores del taller de barricas son: el tiempo que se utiliza para las barricas, la jornada diaria de trabajo, cantidad de barricas apretadas y el costo del trabajo por barrica. Estas variables específicas se pueden interpretar como variables simples en términos de producción como.

Tabla 11. Variables para los indicadores clave de desempeño

<i>Variables específicas</i>	<i>Variables simples</i>
Tiempo utilizado para las barricas	Tiempo productivo
Jornada diaria de trabajo	Tiempo de jornada
Cantidad de barricas apretadas	Unidades apretadas
Costo del trabajo por barrica	Costo operativo

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Formulación y definición de los KPI's

Al contar con las variables simples se procede a relacionarlas para determinar cuáles serán los KPI's. Es necesario mencionar que la variable "Unidades apretadas" fue utilizada para formular dos KPI's distintos, los cuales fueron: "barricas apretadas por empleado a diario" y "Costo operativo por barrica", ya que inevitablemente ambos tienen relación con esa misma variable.

Tabla 12. **Clasificación de indicadores clave de desempeño**

<i>Variables simples</i>	<i>Clasificación de KPI's</i>
•Tiempo productivo	Tiempo estándar
•Tiempo de jornada •Unidades apretadas	Barricas apretadas por empleado a diario
•Costo operativo •Unidades apretadas	Costo operativo por barrica

Fuente: elaboración propia.

Habiendo determinado los KPI que se usaran como los indicadores para el taller, se procede a desarrollar cada uno de ellos. El indicador de “tiempos estándar” mostrara los tiempos correctos para las actividades del proceso de apretado; el indicador de “barricas apretadas por empleado a diario” establece una meta de productividad diaria por trabajador; por último, el indicador de “costo operativo por barrica” relaciona lo producido a diario, con el costo de haber realizado ese trabajo.

4.1.2.1. KPI's de tiempo estándar

Los tiempos estándar para cada actividad del proceso de apretado de barricas, se encuentran en el fluxograma del proceso de apretado (tabla 5) y son los siguientes.

Tabla 13. **Tiempos estándar para el proceso de apretado**

Actividad	Tiempo estándar
Transporte de bodega a taller	0.20 min.
Inspección de fallas	1.22 min.
Barrica apretada	3.47 min.
Transporte de taller a empanzado	0.21 min.
Empanzado con agua	3.17 min.
Inspección de fugas	0.41 min.
Barrica vacía	1.44 min.
Transporte a bodega	0.21 min.
Total	10.33 min.

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos para las actividades “transportes de bodega a taller” y “transporte a bodega”, son los que tienen más variabilidad a causa de las diferentes distancias que debe recorrer el montacargas dentro de la bodega, por lo que cada transporte puede tener una diferencia de varios minutos dependiendo a que punto de la bodega se dirija el montacargas.

4.1.2.2. KPI barricas apretadas por empleado a diario

Utilizando modelado de ecuaciones, se igualaron todas las actividades del proceso de apretado, al tiempo de la jornada diaria. Es importante mencionar también que, en el área de empanzado el trabajador derriba las barricas de una en una de forma consecutiva, por lo que el tiempo de vaciado de la primera barrica será de 6.38 minutos; sin embargo, el resto de barricas tendrán un tiempo mucho menor, ya que los tiempos de vaciado se traslapan, debido a que las barricas se derriban una tras otra de forma seguida y sin esperar que termine de vaciarse la anterior, dando como resultado que después de que la primera barrica se vacié en 6.38 minutos, la segunda estará tan solo a 0.52 minutos de terminar y así consecutivamente con el resto de ellas. Así que se consideró también este

tiempo estándar del primer vaciado, como una constante que debe tomarse en cuenta en la ecuación.

Para hacer más fácil la comprensión de los cálculos realizados, se utilizaron colores para identificar cada valor con la actividad que le corresponde.

Datos para la ecuación:

- Tiempo de jornada diaria = 480 min.
- Transporte de bodega a taller = 0.20 min.
- Inspección de fallas = 1.22 min.
- Barrica apretada = 3.47 min.
- Transporte de taller a empanzado = 0.21 min.
- Empanzado con agua = 3.17 min.
- Inspección de fugas = 0.41 min.
- Barrica vacía = 1.44 min.
- Transporte a bodega = 0.21 min.
- Constante de vaciado = 6.38 min.

Tiempo jornada diaria = {[Transporte de bodega a taller]
+ [Inspección de fallas + Barrica apretada]
+ [Transporte de taller a empanzado]
+ [Empanzado + Inspección de fugas]
+ [Barrica vacía] + [Transporte a bodega]}X + (Constante de vaciado)

$$480 = \{[0.2] + [1.22+3.47] + [0.21] + [3.17+0.41] + [1.44] + [0.21]\}X + (6.38)$$

$$480 = \{[0.2]+ [4.69] +[0.21]+ [3.58] +[1.44] + [0.21]\}X + (6.38)$$

$$480 = \{10.33\}X + (6.38)$$

Al despejar la ecuación da como resultado lo siguiente.

$$480 - (6.38) = \{10.33\}X \Rightarrow 473.62 = \{10.33\}X \Rightarrow X = \frac{473.62}{\{10.33\}} \\ = 45.849$$

X ≈ 45, donde X es la cantidad de barricas.

Según el consolidado del mes de julio (tabla 6), el rendimiento máximo era de 40 barricas diarias por empleado, pudiéndose observar esa cantidad en el día miércoles 19/07/17 por parte del empleado 2 y el empleado 3; así mismo también en el día martes 25/07/17 por parte del empleado 2. Es oportuno recordar que el resultado de la formula fue de “45”, lo cual no esta tan lejos de las cantidades máximas observadas en el consolidado en el mes de julio (tabla 6), por lo tanto, se concluye que es una meta alcanzable para determinar cómo KPI de barricas apretadas por empleado a diario.

4.1.2.3. KPI del costo operativo por barrica

Es importante mencionar que, por tema de privacidad, se desconocen las cantidades reales de los salarios y prestaciones que devengan los trabajadores del área de mantenimiento de barricas, por lo que se usaran las cantidades mínimas establecidas por la ley para efectos de cálculo.

Según acuerdo gubernativo No. 288-2016 publicado en el diario de Centroamérica el 30 de diciembre de 2016, se estableció que, a partir del 1 de enero del 2017, el salario mínimo mensual en una empresa no agrícola seria de Q. 2,643.21, lo que da un salario diario de Q 86.90 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. **Salario mínimo para el año 2017**

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	HORA DIURNA ORDINARIA	HORA ORDINARIA JORNADA MIXTA	HORA ORDINARIA NOCTURNA	SALARIO DIARIO	SALARIO MENSUAL	BONIFICACIÓN INCENTIVO	SALARIO TOTAL
NO AGRÍCOLAS	Q.10.86	Q.12.41	Q.14.48	Q.86.90	Q.2,643.21	Q.250.00	Q.2,893.21
AGRÍCOLAS	Q.10.86	Q.12.41	Q.14.48	Q.86.90	Q.2,643.21	Q.250.00	Q.2,893.21
EXPORTADORA Y DE MAQUILA	Q.9.93	Q.11.35	Q.13.25	Q.79.48	Q.2,417.52	Q.250.00	Q.2,667.52

Fuente: Ministerio de Trabajo, 2017.

Otros costos que se deben tomar en cuenta para calcular el costo operativo además del salario mínimo son las prestaciones laborales siendo las siguientes: indemnización, vacaciones, aguinaldo y bono 14. Pero además de estas hay dos pagos más que la empresa debería estar realizando con relación a los empleados y que representan también un costo, estos son: bono incentivo y la cuota patronal IGSS. Todos estos costos juntos con sus fórmulas y fundamentos legales se encuentran en la siguiente tabla (tabla 15).

Tabla 15 Fórmulas y fundamentos legales de las prestaciones laborales

PRESTACIÓN	FÓRMULAS	ASPECTOS IMPORTANTES	FUNDAMENTO LEGAL
Indemnización	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Salario Promedio } 6 \text{ meses} / 6 + \text{Salario Promedio } 6 \text{ meses}) / 365 * \text{Días Laborados}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Para el sector privado, a partir de 2 meses, se hace el cálculo. Para el sector público, a partir de 6 meses, se hace el cálculo. Trabajador sector público: Máximo 10 años. 	<ul style="list-style-type: none"> Artículos 82, 93 y 260 del Código de Trabajo Artículo 9 del Decreto 76-78 del Congreso de la República Artículo 4 del Decreto 42-92 del Congreso de la República
Vacaciones	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Salario Promedio } 12 \text{ meses} / 365) * (\text{Días de vacaciones a que tenga derecho} / 30) * \text{Días laborados}$ PERSONAL DOCENTE $(\text{Salario Promedio } 12 \text{ meses} * 2) / 304 * \text{Días Laborados}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Si trabaja 3 días o más: Se hace el cálculo Personal docente (maestros): Tienen 2 meses de vacaciones, noviembre y diciembre Personal técnico administrativo (institución educativa): Tienen 20 días de vacaciones. Trabajador municipal: por 1 año de servicio, 20 días vacaciones. Trabajador municipal: por 5 años de servicio, 25 días de vacaciones. Demás trabajadores públicos: 20 días de vacaciones. Calcular más días de vacaciones que otorgue un pacto o convenio colectivo o la contratación individual. Máximo 2 años para trabajadores del sector público. Máximo 5 años para trabajadores del sector privado. Opción de poder calcular para más años. 	<ul style="list-style-type: none"> Artículos 130, 133, 134 y 136 del Código de Trabajo Artículos 9, 10, 11 y 14 del Acuerdo Gubernativo 534 de fecha 7/11/1963 Ley de Servicio Municipal, Decreto 1-87, Artículo 44 inciso b).
Aguinaldo	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Salario Promedio } 12 \text{ meses} / 365) * \text{Días Laborados}$ 		<ul style="list-style-type: none"> Artículo 284 del Código de Trabajo Decreto 76-78 del Congreso de la República
Bonificación Anual (Bono 14)	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Salario Promedio } 12 \text{ meses} / 365) * \text{Días Laborados}$ 		<ul style="list-style-type: none"> Artículo 284 del Código de Trabajo Decreto 42-92 del Congreso de la República
COSTOS DEL BONO INCENTIVO Y CUOTA PATRONAL IGSS			
Bono Incentivo	<ul style="list-style-type: none"> $(250/30) * \text{Días Laborados}$ 	<ul style="list-style-type: none"> La bonificación por productividad y eficiencia deberá ser convenida en las empresas de mutuo acuerdo y en forma global con los trabajadores y de acuerdo con los sistemas de tal productividad y eficiencia que se establezcan. Esta bonificación no incrementa el valor del salario para el cálculo de indemnizaciones o compensaciones por tiempo servido, ni aguinaldos, salvo para cómputo de séptimo día, que se computará como salario ordinario. Todo patrono formalmente inscrito, debe entregar al Instituto, bajo su responsabilidad, dentro de los veinte primeros días de cada mes, la planilla de Seguridad Social que incluye la Cuota Patronal y la Cuota Laboral, correspondiente al 10.67% y 4.93%. 	<ul style="list-style-type: none"> Decretos 78-89 y 7-2000 del Congreso de la República
Patronal IGSS	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Salario base}) * 0,1067$ 		<ul style="list-style-type: none"> Artículo 27 de la ley orgánica del IGSS

Fuente: Ministerio de Trabajo, 2017.

Ahora se procederá a realizar los cálculos de cada una de las prestaciones, para ser evaluadas junto con el salario mínimo, con el objetivo de conocer el costo operativo relacionado a los mantenimientos de las barricas. Debido a que se busca determinar el costo operativo por barrica, se calculara el costo de cada prestación por día, para después relacionarlo a la cantidad de barricas apretadas diarias, dando inicio con el cálculo de la indemnización.

- Cálculo de indemnización.

$$\text{Indemnización (diaria)} = \frac{\text{Salario prom.6 meses} + \text{salario prom.6 meses}}{\frac{6}{365}}$$

$$\text{Indemnización (diaria)} = \frac{\text{Q } 2,643.21}{6} + \frac{\text{Q } 2,643.21}{365} = \frac{\text{Q } 440.535}{365} + \frac{\text{Q } 2,643.21}{365}$$

$$= \frac{\text{Q } 3,083.745}{365} = \text{Q}8.45$$

- Cálculo de las vacaciones.

$$\text{Vacaciones (diario)} = \frac{\text{Salario prom.12 meses}}{365} * \frac{\text{Días de vacaciones}}{30}$$

$$\text{Vacaciones (diario)} = \frac{\text{Q } 2,643.21}{365} * \frac{21}{30} = \text{Q } 7.2417 * 0.7 = \text{Q}5.07$$

- Cálculo del aguinaldo.

$$\text{Aguinaldo (diario)} = \frac{\text{Salario prom.12 meses}}{365} = \frac{\text{Q } 2,643.21}{365} = \text{Q } 7.24$$

- Cálculo del bono 14.

$$\text{Bono 14 (diario)} = \frac{\text{Salario prom. 12 meses}}{365} = \frac{Q 2,643.21}{365} = Q 7.24$$

- Cálculo del bono incentivo.

$$\text{Bono incentivo (diario)} = \frac{\text{bono incentivo}}{30} = \frac{Q 250}{30} = Q 8.33$$

- Cálculo de la cuota patronal IGSS.

$$\begin{aligned} \text{Cuota patronal IGSS (diario)} &= \text{Salario base} * 0.1067 = Q 86.90 * 0.1067 \\ &= Q 9.27 \end{aligned}$$

- Sumatoria de las prestaciones.

Sumatoria = indemnización + vacaciones + aguinaldo + bono 14
+ bono incentivo + cuota patronal IGSS

$$\text{Sumatoria} = Q 8.45 + Q 5.07 + Q 7.24 + Q 7.24 + Q 8.33 + Q 9.27 = Q 45.60$$

Haciendo uso del salario diario mínimo (tabla 14) y de la sumatoria de las prestaciones, el costo operativo se puede calcular de la siguiente manera. El salario diario en una empresa no agrícola es de Q 86.90 y según los indicadores KPI antes propuestos (capítulo 4.1.2.2), apretar 45 barricas diarias es la meta que se busca alcanzar y mantener. Utilizando esta información se procede a calcular el costo operativo unitario de cada barrica.

Costo operativo diario = salario base diario + sumatoria de prestaciones

Costo operativo diario = Q 86.90 + Q 45.60 = **Q 132.50**

KPI Costo operativo por barrica = $\frac{Q\ 132.50/\text{día}}{45\ \text{Barricas/día}} = \mathbf{2.94Q/B.}$

Se determina por lo tanto que, el costo de cada barrica seria de Q 2.94 si se logra mantener una tasa de rendimiento de 45 barricas apretadas por trabajador cada día. El costo puede variar dependiendo la cantidad de barricas trabajadas, entre menor rendimiento se tenga, mayor será el costo del trabajo en cada barrica.

4.1.3. Aplicación del KPI del costo operativo por barrica

Utilizando el consolidado del mes de julio (tabla 6), se ejemplifica la forma de aplicar el “KPI del costo operativo por barrica”, en el que se presenta un lote de 721 barricas de las cuales 464 pasaron la inspección de fallas para ser apretadas, este lote fue trabajado por los tres empleados del taller de barricas, tomando un tiempo de 9 días para trabajarlo. Para saber cuál es el costo operativo por barrica, se utilizan los siguientes datos.

Datos para el cálculo:

- Costo diario por empleado: Q 132.50.
- Número de empleados del taller: 3.
- Número de días en los que se terminó el lote: 9 días.
- Cantidad de barricas trabajadas: 464 barricas.

Costo del lote de barricas = 132.50 quetzales/empleado * 3 empleados en el taller * 9 días para terminar el lote = Q 3,577.50

$$\text{Costo operativo por barrica} = \frac{Q\ 3,577.50}{464\ \text{barricas}} = 7.7101 \approx 7.71\ \text{quetzales/Barrica}$$

El costo que tuvo trabajar en cada barrica fue de Q 7.71, si lo comparamos con el KPI establecido de Q 2.94, se logra observar que se tuvo más del doble del costo que la meta establece, siendo una diferencia de costo muy alta por lo que se puede concluir que no se cumplió con la meta de esta KPI.

4.1.3.1. Comparación de costos operativos

Ahora se procede a comparar el costo real que tuvo el lote de 464 barricas, con el costo que hubiera tenido si se trabajaba con el rendimiento de 45 barricas por empleado diarias. Calculando primero el número de días en los que se habrían terminado de trabajar.

- Total de barricas por día.

$$\text{Total de barricas por día} = 45\ \text{B./día} * 3\ \text{empleados} = 135\ \text{B./día}$$

- Días para trabajar el lote de 464 barricas.

$$\text{Días para el lote de 464 B.} = \frac{\text{lote de barricas}}{\text{Total de B. diarias}} = \frac{464\ \text{B.}}{135\ \text{B.}} = 3.44\ \text{días} \approx 4\ \text{días}$$

Si los tres empleados trabajaran a una tasa de 45 barricas cada uno, apretarían 135 barricas por día, por lo que en 4 días habrían trabajado el lote de 464 barricas, dejando para el cuarto día solo 59 barricas que trabajar, con un costo operativo de Q 4,863.12 y un costo por barrica de Q 10.48, el cual se acerca mucho a la meta de Q 9.01 (KPI costo operativo por barrica) que se estableció

con anterioridad, todos estos datos y sus respectivos cálculos se presentan a continuación.

Barricas para el cuarto día = 464 B. - (3 días*135 B. = 59 Barricas

- Costo operativo del lote de 464 B. trabajado en 4 días.

Costo operativo 4 días = 132.50 quetzales/empleador * 3 empleados en el taller
* 4 días para terminar el lote = Q 1,590.00

- Costo operativo por barrica del lote de 464 B.

Costo por barrica = $\frac{Q\ 1,590.00}{464\ barricas} = 3.4267 \approx 3.43$ quetzales/Barrica

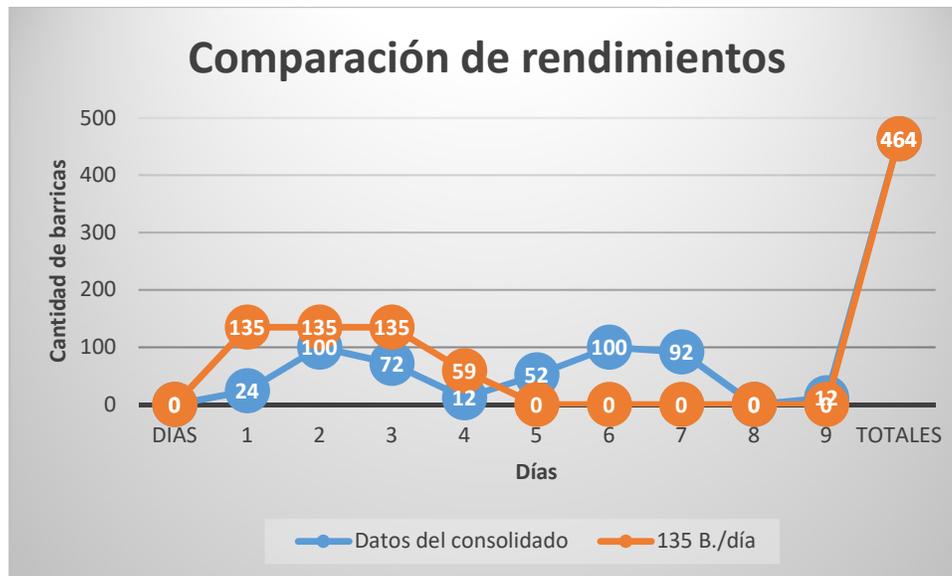
A continuación, se muestra una tabla comparativa en donde la columna "datos del consolidado" muestra los datos reales de las cantidades de barricas trabajadas, durante los 9 días que tardo del lote de 464, los cuales se obtuvieron del consolidado del mes de julio (tabla 6). En la siguiente columna se muestran los datos comparativos de la tasa de 45 barricas diarias (por empleado).

Tabla 16. Comparación de costos operativos

Días	Datos del consolidado	45 B./día * 3 empleados = 135 B./día
1	24	135
2	100	135
3	72	135
4	12	59
5	52	0
6	100	0
7	92	0
8	0	0
9	12	0
Totales	464	464
Costo por barrica	7.71 Q/B.	3.43 Q/B.
Costo del lote	Q3,577.50	Q1,590.00

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Gráfico de comparación de rendimiento



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que además de la diferencia del costo también hay una diferencia en el tiempo, mientras que se ocuparon 9 días para terminar todas las barricas, con la tasa de productividad de 45 barricas, los tres empleados hubieran terminado en 4 días, lo que representa menos de la mitad del tiempo que se llevó en realidad y también menos de la mitad del costo.

4.1.4. Matriz de indicadores KPI

En la matriz de indicadores se recopilan todos los KPI's que se formularon, en la segunda columna se puede apreciar que están los KPI's propiamente nombrados, después se agrega una explicación para dar a entender el contexto de cada indicador, la cuarta columna delega la responsabilidad para mantener el control de dicho indicador, la meta es el objetivo ideal que se debe buscar alcanzar y mantener.

Tabla 17. **Matriz de indicadores clave de desempeño**

No.	Indicadores	Explicación/ delimitación	Responsable	Meta
1	T.E. transporte de bodega a taller	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	2.39 min.
2	T.E. inspección de fallas	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	1.22 min.
3	T.E. barrica apretada	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	3.47 min.
4	T.E. transporte al área de empanzado	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	2.50 min.
5	T.E. empanzado con agua	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	3.17 min.
6	T.E. inspección de fugas	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	0.41 min.
7	T.E. barrica vacía	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	1.44 min.
8	T.E. transporte a bodega	Tiempo estándar de la actividad mencionada	Empleados del taller de barricas	2.51 min.
9	Barricas apretadas por empleado a diario	Cantidad de barricas apretadas por empleado cada jornada	Empleados del taller de barricas y supervisor	45 B.
10	Costo operativo por barrica	Costo operativo unitario por lote trabajado	Supervisor del área	2.94 Q/B.

Fuente: elaboración propia.

Los primeros ocho KPI son indicadores que se clasifican como “tiempos estándar” como se determinó con anterioridad (tabla 12), usados para mostrar el tiempo definido para esas actividades. Es importante resaltar que en tiempo real las cantidades pueden variar, a causa del factor de imprecisión humano, por lo que el objetivo debe ser mantenerse lo más cerca posible de la meta establecida.

El indicador “barricas apretadas por empleado a diario” tiene como meta las 45 barricas diarias por cada empleado del taller, manteniendo el control de este KPI se puede asegurar de que se está trabajando con el mayor rendimiento posible y que se realizaran los trabajos de apretado en el menor tiempo.

El “costo operativo por barrica” es un indicador del costo promedio que se tuvo por cada barrica de un lote después de trabajarse. En el apartado 4.1.3 “aplicación del KPI del costo operativo por barrica” se explica detalladamente como usar este indicador.

La finalidad de utilizar estos indicadores es aumentar la eficiencia del área de manteniendo de barricas, logrando mantener bajo control los tiempos usados en el proceso de apretado, de este modo también aprovechar mejor el recurso humano de esta área. Como aclaración se debe mencionar que estos KPI’s pueden ser modificados si es necesario, para que se adapten mejor a la realidad.

4.2. Programa básico de mantenimiento preventivo del equipo

4.2.1. El objetivo del programa básico de mantenimiento

En esta propuesta se diseñó un programa básico de mantenimiento preventivo de equipo, haciendo uso de un cronograma de mantenimiento de equipo ya existente en la empresa, que contaba únicamente con las fechas programadas de los mantenimientos. En este documento se explica el modo de proceder en el mantenimiento y reparación de los equipos, ya que los mismos, tienen una función muy importante en los procesos operativos de la planta, así de igual manera en la calidad del trabajo realizado en el taller de mantenimiento de barricas.

4.2.2. Modo de actuar

Cada vez que el personal de la planta observe un fallo o problema en los equipos, se deberá dar aviso al técnico responsable de mantenimiento para que proceda a gestionar su reparación. Si el equipo que presenta el fallo está en

funcionamiento, deberá ser apagado y desconectado de la corriente eléctrica, hasta que el técnico llegue. Para efectuar los mantenimientos preventivos primero se utilizará el cronograma de mantenimiento preventivo (anexo 5), en el cual están establecidos los meses correspondientes para los mantenimientos de cada equipo. Después de llevar a cabo cada mantenimiento, se marcará la casilla de “ejecutado” que corresponde al equipo.

Posteriormente en la ficha de mantenimiento periódico (figura 12), se marcará el mes y la fecha. Cada equipo tiene su propia ficha con su descripción y código interno, se recomienda colocar las fichas dentro de una funda plástica transparente, a manera de protegerlas del polvo y la grasa, siendo lo más adecuado para hacer las anotaciones usar un marcador permanente. Las fichas deben ser remplazadas al inicio de cada año.

Las labores de mantenimiento se anotarán en la hoja de reporte de actividades (apéndice 3), indicando la fecha, el código interno del equipo, el tipo de actividad (preventivo o correctivo, si se trata de una actividad de mantenimiento), el tiempo que ocupó el mantenimiento, firma del técnico responsable y firma del encargado de revisión. En el caso de que el mantenimiento se realice por técnicos exteriores a la empresa, se deberá marcar la casilla “externo” (o “interno” cuando sea realizado por el encargado de mantenimiento), juntamente con el número de reporte en la casilla “No. Reporte externo”.

En caso de necesitar información técnica del equipo para solicitar algún repuesto o por cualquier otro motivo, se puede hacer uso del inventario de equipo (apéndice 2a al 2e), en él deben agregarse las especificaciones de los equipos nuevos y mantener actualizada la información de los equipos que ya existentes.

4.2.3. Responsabilidades

Los trabajos de mantenimiento y reparación son realizados por el técnico responsable de los mantenimientos, después de cada mantenimiento el encargado de revisión debe asegurarse de que el trabajo fue realizado y los insumos fueron utilizados. Además, el personal es responsable de mantener los documentos generados por este procedimiento en buenas condiciones, evitando su daño o pérdida.

4.2.4. Documentos asociados

El técnico de mantenimiento cuenta con los siguientes documentos para gestionar los mantenimientos en los equipos.

- Inventario de equipo.
- Cronograma de mantenimiento preventivo.
- Fichas de mantenimiento periódico.
- Hoja de reporte de actividades.
- Diagrama de flujo del procedo de mantenimiento.

A continuación, se explica la utilidad y el uso de cada uno de estos documentos.

4.2.5. Inventario de equipo

El formato del inventario es muy sencillo de entender (apéndice 2a al 2e), este inventario debe ser constantemente actualizado siempre que sea necesario. El formato consta de los campos de información más comunes, siendo los siguientes.

- Número de registro que será único para cada equipo dentro del inventario.
- Una descripción que dirá de forma breve el nombre del objeto.
- La marca del fabricante.
- Características que se consideren importantes como podrían ser caballaje, voltaje, amperaje, revoluciones por minutos y temperatura.
- También incluye un código interno para los equipos que será propio de la empresa.
- Modelo y número de serie.
- Estado actual de equipo, ya sea que funcione correctamente o este fuera de funcionamiento por algún desperfecto.
- Ubicación física, es decir el lugar en el que se encuentra el equipo, como podría ser taller mecánico, laboratorio, taller de barricas, área de llenado, bodega o área de oficinas.
- Observaciones por si fuera necesario agregar algo.

Tabla 18. Formato de inventario

No. Reg.	Descripción	Marca	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Fuente: elaboración propia.

4.2.6. Cronograma de mantenimiento preventivo

Lista de todos los equipos a los que se les dará un mantenimiento preventivo (anexo 5). Este documento contiene un listado de los equipos, el periodo de tiempo entre cada mantenimiento preventivo, los meses marcados indicando cuando se planifica el mantenimiento de cada equipo y una casilla para señalar como “ejecutado” cada vez que se haga un mantenimiento.

4.2.7. Fichas de mantenimiento periódico

Las fichas irán adheridas a cada uno de los equipos o colocadas en un lugar visible, con el objetivo de indicar cuando fue su último mantenimiento y que meses tocarán los siguientes. Las fichas muestran el año, logotipo de la empresa, nombre del equipo, fechas en las que corresponden los mantenimientos, códigos dígitos para colocar el día específico del último mantenimiento, No. De registro y código interno para poder relacionarlas con la información del equipo en el inventario.

Figura 11. Ficha de mantenimiento periódico

LOGOTIPO Año:

FICHA DE MANTENIMIENTO PERIODICO

Descripción del equipo:

No. registro: Código interno:

MES	<input type="text"/>	MES	<input type="text"/>	MES	<input type="text"/>
MES	<input type="text"/>	MES	<input type="text"/>	MES	<input type="text"/>

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Ejemplo de ficha de mantenimiento periódico**

LOGOTIPO Año: 2018

FICHA DE MANTENIMIENTO PERIODICO

Descripción del equipo: Lijadora

No. registro: 35 Código interno: LD-01

FEBRERO ABRIL JUNIO

AGOSTO OCTUBRE DICIEMBRE

12 03

Fuente: elaboración propia.

4.2.8. Hoja de reporte de actividades

La finalidad de este formato es la de llevar un registro de todas las actividades, siendo el único documento en el programa básico de mantenimiento que lleva su función incluso más allá del mantenimiento preventivo (apéndice 3). La empresa ya contaba con este formato, sin embargo, se le hicieron modificaciones. En este formato se registra cada mantenimiento realizado en los equipos, tanto si se trata de mantenimiento preventivo como correctivo, pero no se ve limitado a eso, cualquier actividad deberá ser anotada al final del día, identificando la fecha y el tiempo que se necesitó para llevarla a cabo, para el caso en que sean actividades fuera del mantenimiento, se marcará la casilla “otras áreas”.

Para los mantenimientos adicional a la fecha, tiempo y descripción de actividad, se anotará el código interno del equipo al que se hizo mantenimiento, una casilla de “interno” para informar que ese trabajo fue hecho por personal dentro la empresa, también se anotara si fue preventivo o correctivo, firma del

técnico responsable y firma de la personal responsable de revisar el trabajo hecho.

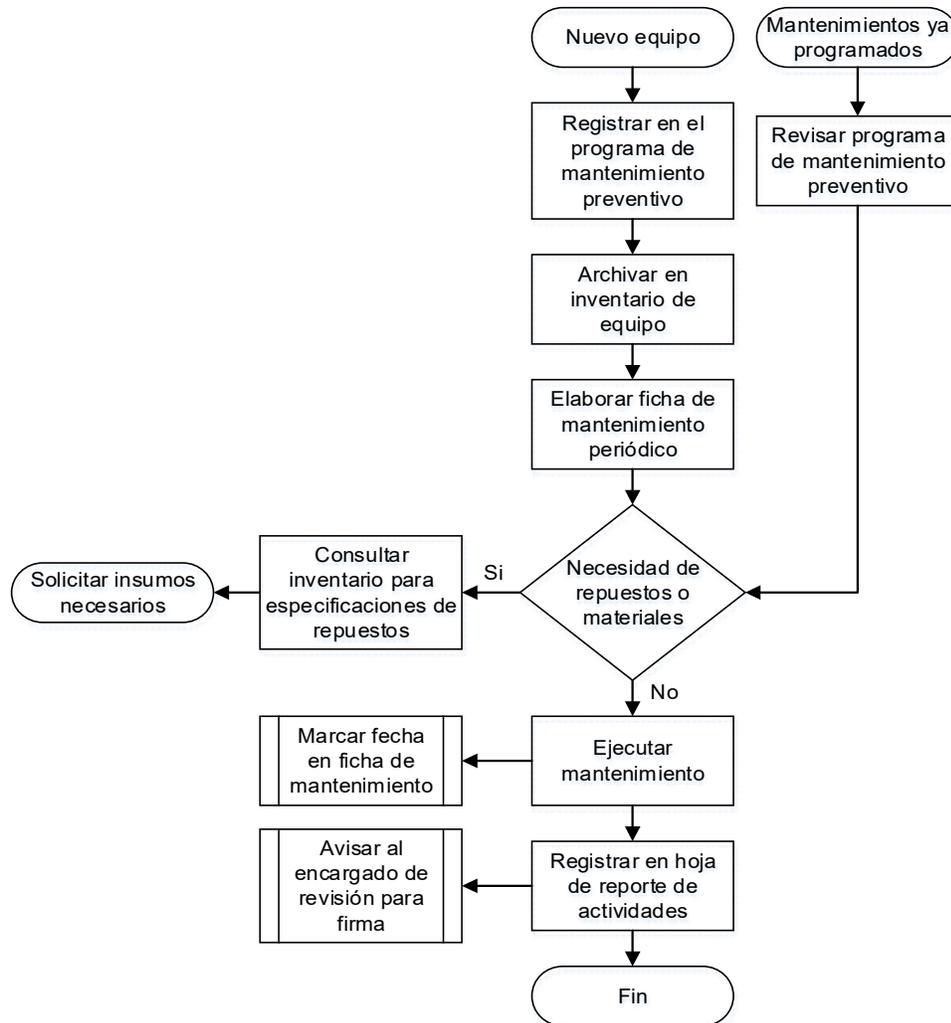
En el caso de los mantenimientos externos, además de lo antes mencionado, se marcar la casilla “externos”, en la descripción de actividad se escribirá el nombre de la empresa y en la casilla “firma del técnico”, se anotará el número del reporte, el cual será proporcionado por la empresa que realice el mantenimiento. El técnico de mantenimiento es responsable de presentar la hoja de reporte de actividades, junto con los reportes de mantenimientos externos, a su jefe inmediato.

4.2.9. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo

El diagrama muestra los pasos de cómo se debe manejar la documentación de este programa básico de mantenimiento, lo cual será de ayuda mientras el técnico se adecua al sistema de control propuesto. En él se puede observar que el proceso puede iniciar de dos maneras distintas, dependiendo si se trata de un equipo nuevo o del mantenimiento de un equipo ya registrado en los documentos. Pudiendo también finalizar de dos maneras, ya sea solicitando insumos necesarios si no se cuenta con ellos, o bien justo después de registrar el mantenimiento en la “hoja de reporte de actividades”, es muy importante resaltar que se debe contar con la firma del responsable revisor, ya que esto da respaldo al técnico por su trabajo.

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento de equipo

Departamento: taller de mantenimiento	Analista: Marvin Rosales
Proceso: mantenimiento de equipo	Diagrama No.: 1
Método: actual	Fecha: 22-07-2017
Encargado: técnico de mantenimiento	Página: 1/1



Descripción	Figura	Cantidad
Inicio/fin	○	4
Proceso	□	7
Subproceso	▭	2
Toma de decisión	◇	1
Total		14

Fuente: elaboración propia.

4.3. Sistema para el control de barricas defectuosas

4.3.1. Hoja de control de barricas defectuosas

Para llevar un control de las barricas defectuosas es importante mantener un registro de lo que se trabaja, afortunadamente la empresa ya contaba con un formato de tablas, en las que se registraba lo trabajado a diario (anexo 2), además de un consolidado mensual (anexo 1). En ambas tablas se lleva el control de todos los procesos del taller de barricas, no solo del proceso de apretado.

No obstante, carecían de un método para registrar barricas defectuosas en el área de llenado, a pesar de que es muy común que resulten barricas con fugas de producto. Lo cual busca mejorarse con el formato que se diseñó de la “hoja de control de barricas defectuosas”, con la que se puede llevar el control del porcentaje de barricas defectuosas en cada lote.

Todos los lotes que pasen por el taller y presenten fugas en el área de llenado, debe ser registrados con este formato, sin importar cuál sea el proceso que se le haya realizado a la barrica en el taller, ya que a diferencia del indicador “barricas apretadas por empleado a diario”, la cantidad de defectuosos no depende del tiempo estándar, si no de la calidad del trabajo realizado, por lo que puede aplicarse a todos los lotes que salga del taller al momento de ser llenados con producto nuevo. El formato de la “hoja de control de barricas defectuosas”, se encuentra en la siguiente tabla, justo después se da un ejemplo de cómo utilizar dicha hoja.

Tabla 19. Hoja de control de barricas defectuosas

Hoja de control de barricas defectuosas

Código del lote: _____
 Nombre del producto: _____
 Fecha: _____
 Total de barricas: _____

Clasificación de fallas	Fallas	Reparados	Cambios
Fuga en el tapón con brin			
Fuga entre duela			
Fuga en el tapón sin brin			
Fuga en la tapa del fondo			
Fuga por nudo en la duela			
Duela del tapón agrietada			
Duela agrietada			
Duela con agujero			
Barricas con varias fallas			
Totales			
% de fallas			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20 Ejemplo de la hoja de control de barricas defectuosas

Hoja de control de barricas defectuosas

Código del lote: RP-DAM0047

Nombre del producto: Ron super fino de melaza

Fecha: 10/04/2017

Total de barricas: 110

Clasificación de fallas	Fallas	Reparados	Cambios
Fuga en el tapón con brin	16	16	
Fuga entre duela	3	3	
Fuga en el tapón sin brin	2	2	
Fuga en la tapa del fondo			
Fuga por nudo en la duela			
Duela del tapón agrietada			
Duela agrietada			
Duela con agujero			
Barricas con varias fallas			
Totales	21	21	0
% de fallas	19.09		

Fuente: elaboración propia.

Para el ejemplo se usó el lote de la tabla 8 que se mostró en el diagnóstico del capítulo 3.5.2; según la tabla anterior se tiene que el lote es de 110 barricas, presentaba un total de 21 unidades con fallas. Para calcular el porcentaje de fallas (o defectuosos), se usa la siguiente fórmula.

$$\% \text{ fallas} = \frac{\text{Total de fallas}}{\text{Total de barricas}} * 100$$

$$\% \text{ fallas} = \frac{21}{100} * 100 = 19.09\%$$

El porcentaje de fallas en este lote fue del 19.09%, esta información es muy útil porque ayudara a crear el gráfico de control para barricas defectuosas, para tener un rango que indique si algún lote esta fuera de los límites permitidos de defectos.

4.3.2. Gráfico de control de proporciones

Un gráfico de control de proporciones (o gráfico de control "P"), visualiza la proporción de unidades defectuosas que no cumplen con las especificaciones en un lote. Los datos de atributos en el caso de este tipo de gráfico, sólo se asumen 2 valores: "bueno" o "malo" (aceptable o defectuoso).

Para construir de esto gráfico "P" se requiere ingresar la información de todos los lotes que sean llenados. Los límites de control para la gráfica de proporciones se obtienen a través de las siguientes fórmulas.

$$\text{Limite central} = \text{LCp} = \frac{\text{Total de unidades defectuosas}}{\text{Total de barricas observadas}}$$

$$\text{Límite de control superior} = \text{LCSp} = p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$\text{Límite de control inferior} = \text{LCIp} = p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Tamaño de la muestra = n

Estas fórmulas están dispuestas para cuando el tamaño de las muestras no es siempre el mismo (para este caso se hará una inspección al 100%, tomando como muestra a toda la población, es decir a todo el lote completo). Se ha diseñado un formato en “Excel” para la construcción del gráfico de control, el cual tiene un espacio para el registro de 30 lotes, suficientes para un año de trabajo constante.

En las columnas rotuladas de color verde se ingresarán los datos de todos los lotes, poco después de haberse anotado en las “hojas de control de barricas defectuosas”, las últimas cuatro columnas no deben ser modificadas, puesto que tienen fórmulas para calcular de manera automática los límites de la gráfica.

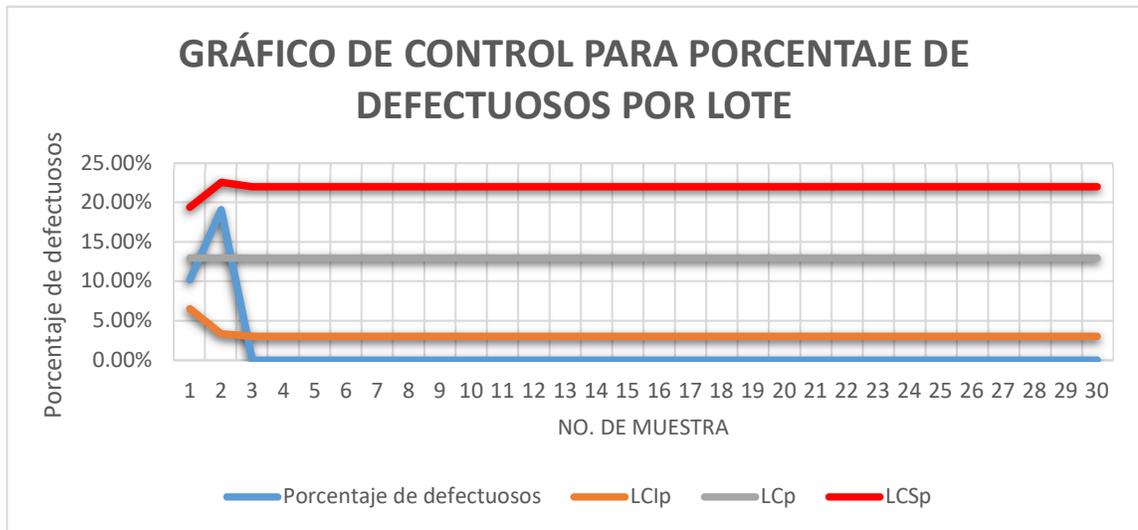
A continuación, se muestran los dos únicos registros de defectuosos que se tienen y que se mostraron en el capítulo 3.5.2, en las tablas 7 y 8.

Tabla 21. **Límites de control para el gráfico P**

No. de muestra	Fecha	Codigo del lote	Cantidad del lote	Cantidad de defectuosos	Porcentaje de defectuosos	LCIp	LCp	LCSp
1	28/03/2017	SVAORL-DA00917	245	25	10.20%	6.52%	12.96%	19.39%
2	10/04/2017	RP-DAM0047	110	21	19.09%	3.35%	12.96%	22.56%

Fuente: elaboración propia.

Figura 14 **Gráfico de control P**



Fuente: elaboración propia.

Lastimosamente la gráfica es muy lineal porque solo cuenta con los datos de dos lotes, ya que no se tienen registros de lotes anteriores, lo cual es la razón de proponer el formato para registrar la cantidad de barricas con fallas.

En este tipo de gráfico salir del límite superior se considera algo negativo, porque significa que se ha sobrepasado el porcentaje de defectuosos permitidos, pero salir de límite inferior es algo positivo, porque significa que se tuvieron menos defectuosos de lo que se esperaba. Es importante aclarar también que los límites de la gráfica irán cambiando levemente con cada lote que se ingrese, haciéndose más precisa con cada lote que se ingresa (siendo que se realizara inspección del 100% de cada lote). Este grafico de control se recomienda trabajarlo independiente para cada año de producción.

El gráfico de control P busca beneficiar la calidad del trabajo realizado en las barricas. A medida que más información sea ingresada al gráfico, se ira creando una tendencia más normalizada, lo que permitirá fácilmente identificar

lotes con porcentajes de defectuosos fuera de los límites de control y al mismo tiempo ir creando registros históricos con los que se puedan hacer comparaciones.

4.4. Propuesta para el cambio de lámparas HID por LED

Con la intención de reducir el impacto de la empresa en el medio ambiente, se dará una pequeña propuesta para sustituir las lámparas HDI (High Intensity Discharge) de vapor de mercurio del área de llenado con lámparas LED. Las lámparas “light-emitting diode” (diodo emisor de luz –LED-), tienen un rendimiento mucho mejor, pudiendo producir la misma iluminación con menor consumo energético, esto sería una reducción de costos para la empresa y una reducción en la emisión de gases invernaderos.

El consumo de energía eléctrica aumenta cada vez más a medida que la urbanización crece, esto significa que las plantas generadoras también deben producir más, lo cual es un problema tomando en cuenta que algunas usan combustibles fósiles para funcionar, provocando que gases invernaderos sean lanzados al ambiente.

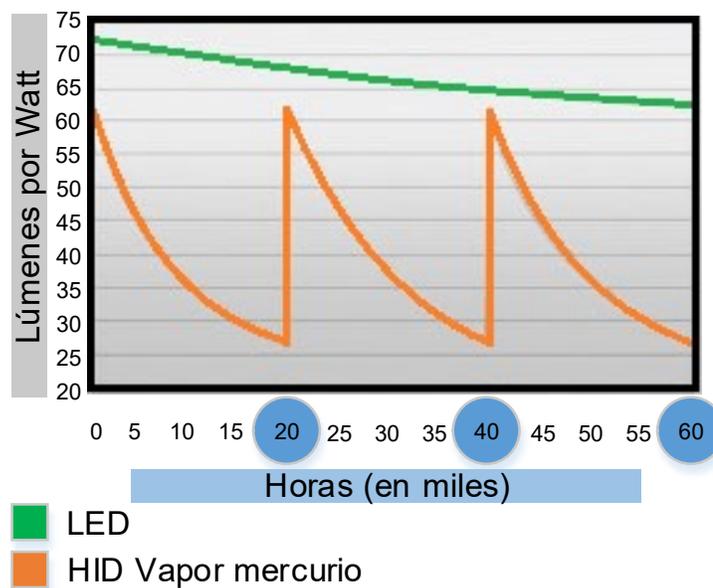
4.4.1. Eficiencia energética con iluminación LED

Las lámparas LED pueden durar hasta 60,000 horas mientras que las lámparas halogenuro metálico utilizadas para alturas, en el mejor de los casos pueden durar 20,000 horas. Las lámparas LED también permanecen frías al tacto, mientras que lámparas HID no debido a que necesitan llegar a altas temperaturas para sobre calentar el gas en su interior. Las lámparas HID tardan para aumentar su tempera, alcanzando sólo un 5 % de su producción óptima al primer encendido, necesitando alrededor de 15 a 20 segundos para llegar a plena

potencia. Tampoco pueden ser volver a encenderse inmediatamente después de apagarse, necesitando unos 5 a 10 segundos para enfriarse. Las lámparas LED se encienden instantáneamente y no necesitan calentarse como las lámparas HID. Las lámparas LED producen un menor número de manchas oscuras, dando una mejor visibilidad que las HID porque tienen diodos que son multidireccionales lo que produce que iluminen un área mayor.

Cuando se mide el flujo luminoso a lo largo de un ciclo de vida útil de 60.000 horas, se puede ver que el LED supera a una lámpara de halogenuros metálicos situadas en posición horizontal (se utiliza un ciclo de vida de 60.000 horas para ajustarse a tres ciclos de una lámpara estándar HID, ya que estas solo tienen 20,000 horas de vida).

Figura 15. **Gráfica de comparación de rendimiento entre LED y HID**



Fuente: elaboración propia.

La drástica reducción del flujo luminoso de una lámpara de halogenuros metálicos, así como de la óptica, reducen rápidamente iluminación aportada por

un sistema basado en HID. Hay que tener en cuenta que en un ciclo de vida de 60.000 horas se producen, al menos, tres cambios de lámparas.

En el área de llenado se tienen instaladas 6 lámparas HID con vapor de mercurio de 175 watt's cada una. Se procederá a trabajar con la misma cantidad de lúmenes que emiten las 6 lámparas HID, tomando en cuenta la posibilidad de que se haya realizado anteriormente un estudio para determinar el nivel de iluminación, por lo que se debe dar una propuesta considerando la misma cantidad de lúmenes, para evitar cambiar la calidad de iluminación ya establecida.

Tabla 22. **Watts a lúmenes en lámparas con vapor de mercurio**

Watts	Lúmenes	Vida Útil	Balastro ANSI
50 Watt	N/A	N/A	H-46
100 Watt	3500-4200 Lúmenes	N/A	H-38
125 Watt	6000 Lúmenes	N/A	N/A
175 Watt	7000-8500 Lúmenes	N/A	H-39
250 Watt	11000-12000 Lúmenes	N/A	H-37
400 Watt	20000-22000 Lúmenes	N/A	N/A
1000 Watt	52000-56000 Lúmenes	N/A	N/A

Fuente: Meijs, 2017.

Según la tabla anterior una lámpara HID con vapor de mercurio de 175 watt's, puede emitir una media de 8,000 lúmenes, lo que da un total de 48,000 lúmenes tomando en cuenta que son 6 lámparas en funcionamiento. Para este caso se evaluaron dos lámparas LED de distinta potencia, una de 100W que emite 8,300 lm y otra de 200W que emite 24,000 lm.

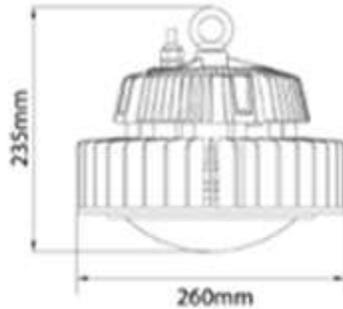
Figura 16. Especificaciones de lámpara LED de 100W



Fuente: catálogo de iluminación Luxlite 2017, segunda edición, página 26.

Figura 17. Especificaciones de lámpara LED de 200W

LED0349 LAMPARA HIGH BAY 200W 5000K



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO

• Rango de Voltaje (entrada)	90v-305v
• Rango de Hertz	60 Hz
• Temperatura de Trabajo	-20 ~ 50°C
• Humedad de Trabajo	0%-65%
• Factor de Potencia	0.98
• Potencia Nominal (Amp)	0.65A
• Rango de Tolerancia	5%
• Potencia Nominal (watts)	200W
• Lúmenes Totales Emitidos	24,000lm

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

• Cantidad y Tipo de CHIP	224pcs Nichia 757D
• Grados de Protección IP	IP65
• Ángulos de Iluminación	120°
• Horas vida estimado	36,000 Hrs.
• Material de luminaria	Aluminio
• Tipo de base	Gancho
• Aplicación 1	Bodegas
• Aplicación 2	Centros comerciales

Fuente: catálogo de iluminación Luxlite 2017, segunda edición, página 27.

4.4.2. Costo de alternativas y recuperación de la inversión

Si bien es cierto que las cualidades de la iluminación LED se han mencionado anteriormente, también se puede hacer referencia al impacto que tienen en la parte económica, debido a su mejor aprovechamiento en la energía eléctrica, lo que permite recuperar la inversión al transcurrir el tiempo y aun después empezar a generar ahorro en el consumo eléctrico.

Las 6 lámparas HID con vapor de mercurio generan 8,000lm cada una, dando un total de 48,000lm por lo tanto se plantean dos alternativas, para la alternativa "A" son necesarias 6 lámparas LED, para que puedan generar 49,800lm ya que cada una sola emite 8,300lm. Sin embargo, para la alternativa "B" son necesarias 2 lámparas LED que generan 24,000lm cada una, dando un total justo de 48,000lm. La inversión inicial de ambas alternativas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23. **Inversión inicial para alternativas de iluminación LED**

Alternativa	Proveedor	Características	Cantidad	Precio c/u	Total
A	Luxlite	100W/8,300Lm	6	Q2,028.00	Q12,168.00
B	Luxlite	200W/24,000Lm	2	Q2,808.00	Q5,616.00

Fuente: elaboración propia.

El retorno de la inversión se dará al poder reducir el costo de energía eléctrica, debido a que habrá un ahorro constante de energía que solo será posible con el cambio de las lámparas. Por tema de privacidad no se cuenta con la información específica del costo de la iluminación de la empresa, debido a eso se procederá a utilizar información consultada con la empresa eléctrica.

Por consumo de energía eléctrica menor de 100KW a final de mes se paga Q0.94 KWh, si el consumo de energía sobre pasa los 100KW se paga Q1.05 KWh, tomando en cuenta que se trabaja a jornada diurna se calculara el costo de energía durante un año. En la siguiente tabla se calcula el consumo y costo de energía mensual, para posteriormente calcular los costos anuales y recuperación de la inversión.

Tabla 24. **Proyección del costo de energía eléctrica en iluminación**

Alternativa	Watt´s	Cant.	Hrs. mes	KW/mes	Q/KWh	Costo mensual	Ahorro mensual
HID actual	175w	6	160h	168kw	Q1.05 kw	Q176.40	Q0.00
A	100w	6	160h	96kw	Q0.94 kw	Q90.24	Q86.16
B	200w	2	160h	64kw	Q0.94 kw	Q60.16	Q116.24
Alternativa	Inv. Inicial	Costo anual	Ahorro anual	Retorno Inv.	Vida útil		
HID actual	Q0.00	Q2,116.80	Q0.00	0 años	10.42 años		
A	Q12,168.00	Q1080.88	Q1,035.92	11.75 años	9.38 años		
B	Q5,616.00	Q721.92	Q1,394.88	4.03 años	18.75 años		

Fuente: elaboración propia.

Los períodos de recuperación de la inversión para los casos de las lámparas LED de 100W y 200W respectivamente son 11.75 años y 4.03 años. Lo anterior muestra que la alternativa “A” de la propuesta no es factible, ya que la vida útil de la LED de 100W es de 9.38 años, siendo menor al tiempo de recuperación debido a que la inversión inicial es muy grande. Pero en el caso de la alternativa “B” se logra observar que, si es factible, con una vida útil de casi cinco veces el tiempo necesario para recuperar la inversión, ya que según datos del fabricante se estima que podría durar 18.75 años trabajando en el área de llenado.

En la siguiente grafica se observa la comparativa de ahorro de ambas alternativas, lográndose recuperar la inversión para las lámparas LED de 200W en un periodo de 4 años, para después seguir en funcionamiento durante casi 15 años según especificaciones del fabricante. Para el caso de las lámparas LED

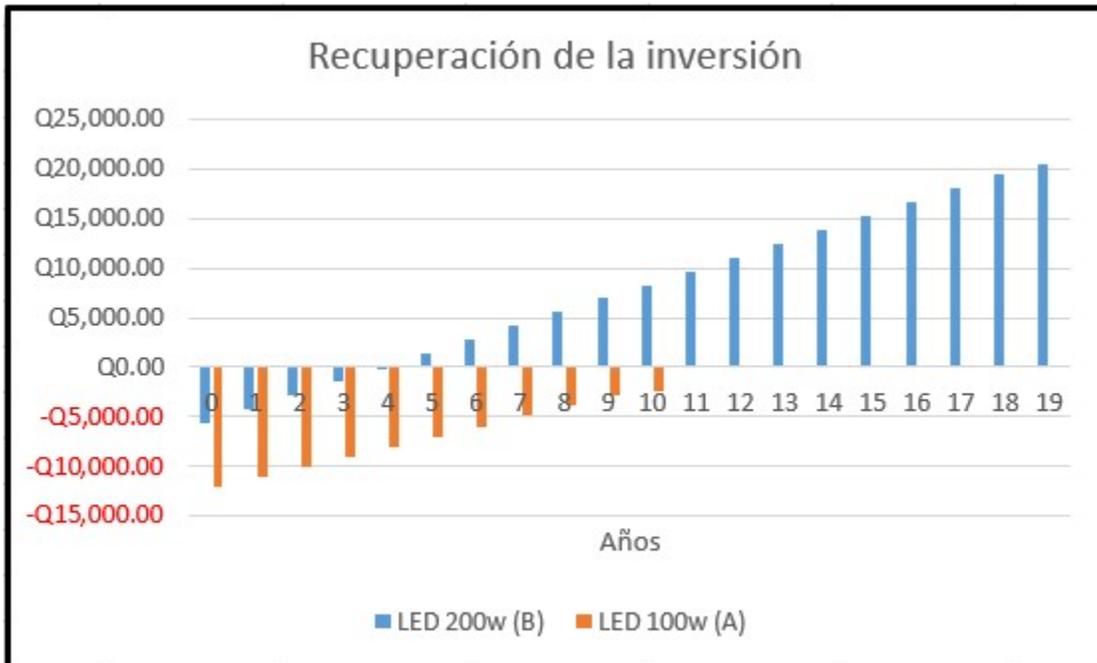
de 100W se observa que llegan a una vida útil de 10 años, no siendo capaces de recuperar la inversión con lo ahorrado.

Tabla 25. **Recuperación de la inversión de lámparas LED**

Inversión inicial		
Años	LED 200w (B)	LED 100w (A)
0	-Q5,616.00	-Q12,168.00
Ahorro anual de energía		
	Q1,394.88	Q1,035.92
Recuperación de la inversión		
Años		
1	-Q4,221.12	-Q11,132.08
2	-Q2,826.24	-Q10,096.20
3	-Q1,431.36	-Q9,060.32
4	-Q36.48	-Q8,024.44
5	Q1,358.40	-Q6,988.56
6	Q2,753.28	-Q5,952.68
7	Q4,148.16	-Q4,916.80
8	Q5,543.04	-Q3,880.92
9	Q6,937.92	-Q2,845.04
10	Q8,332.80	-Q2,451.41
11	Q9,727.68	Q0.00
12	Q11,122.56	Q0.00
13	Q12,517.44	Q0.00
14	Q13,912.32	Q0.00
15	Q15,307.20	Q0.00
16	Q16,702.08	Q0.00
17	Q18,096.96	Q0.00
18	Q19,491.84	Q0.00
19	Q20,538.00	Q0.00

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Gráfica de recuperación de la inversión**



Fuente: elaboración propia.

Por tanto, según lo interpretado por el grafico anterior, la alternativa “B” de las lámparas LED de 200W es totalmente factible, porque tan solo 2 de estas lámparas son necesarias para emitir la misma cantidad de iluminación, mientras que al mismo tiempo logran ahorrar Q1,394.88 mensualmente, en comparación con lo que consumen las lámparas que HID con vapor de mercurio. Es importante también hacer notar que, gracias a su extensa vida útil, aun después de recuperar la inversión inicial de las 2 lámparas, llegan a ahorrar un total de Q20,538.00 en consumo de energía, debido a que según fabricante podrían funcionar hasta cerca de 15 años más.

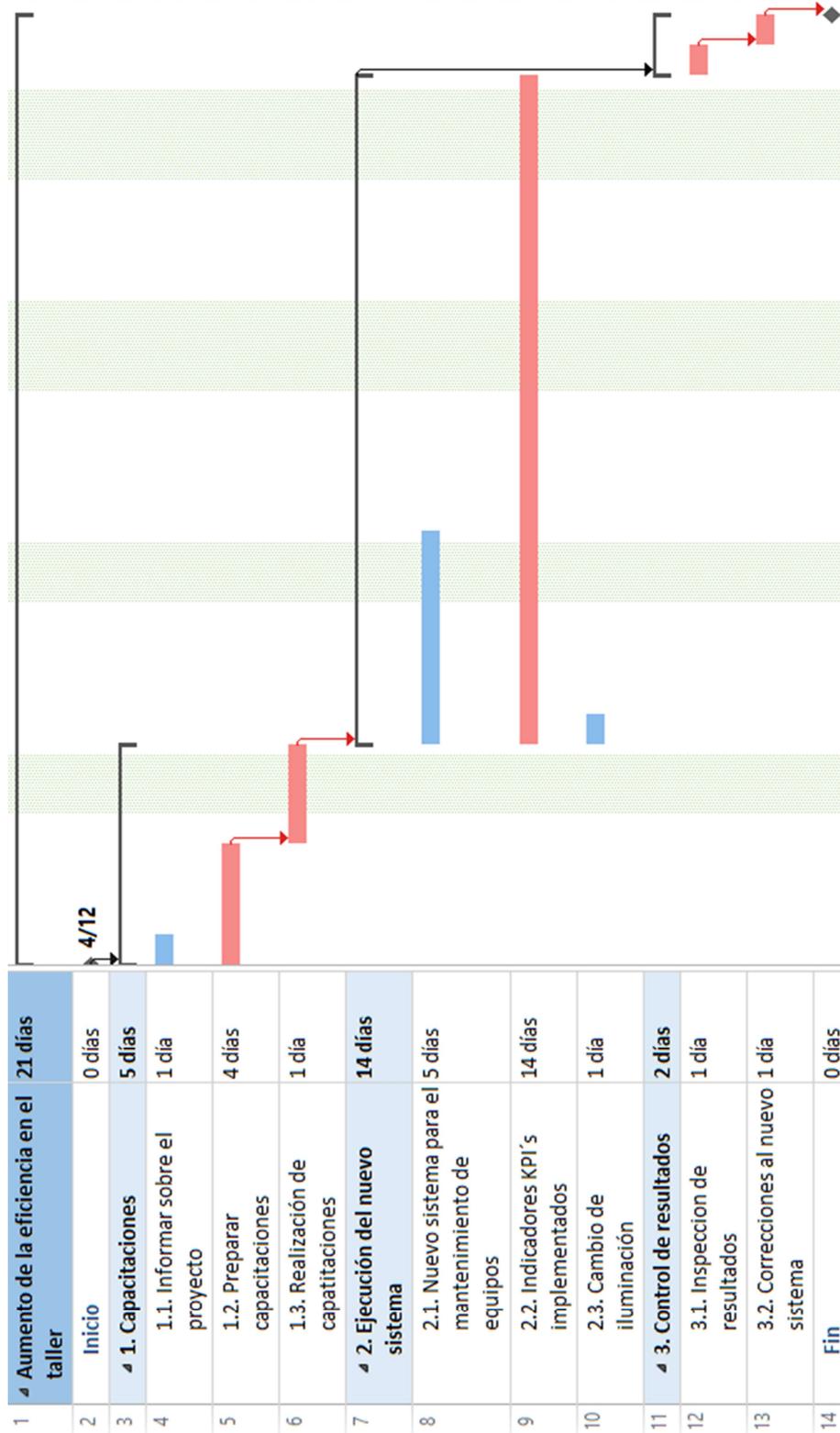
5. PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Haciendo uso de lo planteado en la propuesta, se puede mantener un mejor control del proceso de apretado, en los mantenimientos del equipo y también de la cantidad de trabajos defectuosos, para lograr una mejor calidad del trabajo realizado en el taller de barricas. Para ello se deben realizar las siguientes actividades para asegurar la correcta implementación: dar a conocer el proyecto, capacitar al personal involucrado y darle seguimiento a la puesta en marcha, para verificar el funcionamiento y obtener un resultado exitoso.

5.1. Cronograma de implementación

El siguiente diagrama de Gantt se listan las actividades necesarias para la implementación de la propuesta, juntamente con los tiempos estimados para cada actividad, sin fechas exactas definidas, para que pueda realizarse la propuesta en la fecha que se crea pertinente. En color rojo se puede observar la ruta crítica, es decir las tareas que no pueden tener retrasos, o de lo contrario retrasarían la fecha de finalización. La implementación dura 21 días en total.

Figura 19. Diagrama de Gantt para implementación de la propuesta



Fuente: elaboración propia.

5.2. Capacitaciones

Para lograr poner en marcha un proyecto, es necesario dar a conocer la propuesta a todas las personas involucradas, para que tengan conocimiento de lo que se planea hacer y de cómo se tiene pensado realizarlo. En el caso de este proyecto, se ha planeado impartir capacitaciones para que explicar de qué trata la propuesta, cuáles son sus objetivos y como se debe trabajar cuando se implemente.

Al momento de dar las capacitaciones, es buena idea hacerlo de forma participativa, para saber que conocen sobre los temas relacionados, como por ejemplo que son los indicadores, que es un método de control, cual es el objetivo de usar los métodos de control y porque es tan importante provechar bien el tiempo. Se debe ser claro y explicar todo acerca de la propuesta, evitando profundizar demasiado en temas muy complejos, o desviarse del tema, lo que podría terminar confundiendo a los empleados.

En muchos casos hay personas que saben muy poco sobre sistemas de medición, unidades de medida o conversiones, por eso motivo es un buen comienzo iniciar con esos temas, principalmente para una capacitación que se centra en métodos de control, pero hay que recordar no saturar con demasiada información a las personas, ni profundizar en temas muy avanzados y complejos, como ya se mencionó anteriormente. Lo importante es que sepan solo necesario para poder trabajar con el nuevo sistema que se implementara.

5.3. Ejecución del nuevo sistema

5.3.1. Nuevo sistema para el mantenimiento de equipo

Anteriormente con los mantenimientos de los equipos, solo se contaba con un cronograma que decía las fechas los mantenimientos de cada equipo. Ahora el técnico de mantenimiento tiene a su disposición el programa básico de mantenimiento preventivo del equipo, para usarlo de apoyo. Para lo que también puede hacer uso del inventario de equipo, en caso de necesitar saber especificaciones técnicas, para solicitar algún repuesto, además de las fichas de mantenimiento, en las que podrá colocar las fechas de los mantenimientos realizados y estar pendiente de las fechas siguientes. En el diagrama de Gantt (figura 20), se delimitaron 5 días para la ejecución de mantenimientos, con el objetivo de que, al realizar la reunión para ver los resultados, el técnico pueda consultar alguna duda que pudiera resultar.

5.3.2. Indicadores KPI's

Antes del estudio de tiempos, no se sabía con certeza cuanto tiempo se debía usar para cada operación en el proceso de apretado de barricas. Ahora se conocen los tiempos de cada actividad, además se pudo establecer un indicador para llevar un control diario de lo que se trabaja en el taller de barricas.

Según el diagrama de Gantt, se delimitaron 14 días para trabajar el proceso de apretado en barricas, sin embargo, se sabe que esta es la parte más difícil de cumplir, con la ejecución de la propuesta, debido a que los trabajos en el taller de barricas, dependen de varios factores como, tipo determinado de barricas que se necesitan para recibir un producto nuevo y disponibilidad de barricas que

necesiten ser apretadas, así que no pueden realizarse si en verdad no se necesita.

5.3.3. Gráfico de control P

El gráfico de control P es dependiente de las “hojas de control de barricas defectuosas” (tabla 19). Será necesario que el personal del área de llenado, mantenga el control de ese documento y posteriormente sea tabulada la información al archivo de Excel, para ir construyendo la gráfica que indicara los límites de control.

5.3.4. Cambio de iluminación

Con la propuesta de iluminación LED, la empresa tiene una forma de reducir su costo de energía eléctrica, a la vez que contribuye a disminuir el impacto en el medio ambiente, producido por las emisiones de CO₂, como parte de su responsabilidad social. Esta es la parte de la propuesta más sencilla en cuanto a tiempo, porque para su ejecución solo es necesario el cambio de las 6 lámparas del área de llenado por 2 lámparas LED, pero también es única parte que requiere una inversión para realizarse, así que dependerá de su aprobación por parte del departamento de compras.

5.4. Control de resultados

Al terminar el periodo de implementación, se debe proceder a revisar los resultados obtenidos, para ver si se requiere hacer cambios, ya que siempre se deben buscar acciones de mejora. Una de las filosofías representativas de la ingeniería industrial, es la de mejora continua y esta dice que siempre se puede mejorar. No se debe cometer el error de pensar que los métodos y sistemas,

establecidos están escritos en piedra y no pueden cambiarse o hacerse de una manera diferente, así que se debe tener mucho criterio, porque muchas veces será necesario hacer cambios, ya sea porque pueden mejorarse o incluso, puede darse el caso de que sean estándares muy altos y deban acomodarse mejor a las capacidades de las personas.

Es de gran importancia que, la persona a cargo de la implementación se comprometa a no dejar solos a los empleados durante todo el proceso de aprendizaje, apoyando siempre a los que necesiten ayuda, resolviendo dudas y siendo muy paciente, de lo contrario el trabajador no buscare resolver sus preguntas, llevando inevitablemente a cometer muchos errores. Aun después de todos se hayan adaptado al nuevo sistema, debe haber una persona que pueda seguir dando apoyo, para responder a futuras interrogantes.

5.5. Propuesta de plan de incentivos monetarios

Con el objetivo de motivar a los empleados del taller de barricas para alcanzar la meta de 45 barricas diarias por trabajador, se propone implementar un plan de incentivos monetarios. Para esta propuesta se utilizaron los datos de la “comparación de costos operativos” (tabla 16), a los cuales se agregaron los datos obtenidos en esta propuesta presentando la siguiente tabla, la cual será explicada progresivamente a medida que se desarrollen los cálculos de esta sección.

Tabla 26. **Plan de incentivos monetarios**

Días	Barricas del consolidado	45 B./día * 3 empleados = 135 B./día	Bono incentivo	Q57.60* 3 empleados = Q172.80
1	24	135	→	Q172.80
2	100	135	→	Q172.80
3	72	135	→	Q172.80
4	12	59	Q57.60 de bono incentivo cada vez se cumpla la meta	0
5	52	0		0
6	100	0		0
7	92	0		0
8	0	0		0
9	12	0	Total	Q518.40
Totales	464	464	Resta	
Costo por barrica	7.71 Q/B.	3.43 Q/B.	→	4.28 Q/B.
Costo del lote	Q3,577.50	Q1,590.00	→	Q1,987.50

Fuente: elaboración propia.

Tomando los costos operativos por barrica que se tuvieron del mes de julio y de la propuesta, se procede a calcular la diferencia.

Costo por barrica en el mes de julio = Q 7.71 (tabla 26)

Costo por barrica aplicando KPI's = Q 3.43 (tabla 26)

Diferencia de costos = Q 7.71 – Q 3.43 = **Q 4.28**

Según los cálculos realizados, la diferencia de costos al aplicar la propuesta de 45 barricas diarias por empleado sería de Q 4.28, según criterio del analista se propone dar a destajo un 30% de esa diferencia, a cada empleado que logre cumplir con la meta, por cada barrica efectivamente apretada.

Incentivo monetario por barrica = $Q\ 4.28 * 0.30 = Q\ 1.284 \approx Q1.28$

Incentivo monetario por día = $Q\ 1.28 * 45\ barricas = \mathbf{Q\ 57.60}$

Cada empleado que llegue a apretar 45 barricas ganaría un bono-incentivo de Q 57.60 por cada jornada que cumpla con la meta. Por ejemplo, si se hubiera aplicado la propuesta en el lote del mes de julio, se hubieran trabajado en los primeros 3 días 45 barricas por empleado, dando un total de 135 barricas debido a que hay tres empleados en el taller, dejando solo 59 barricas para el cuarto día, las cuales serían trabajadas por ellos tres en conjunto (tabla 26).

Incentivo monetario por el lote del mes de julio = $Q\ 57.60 * 3\ días = \mathbf{Q\ 172.80}$

Costo del plan de incentivos = $Q\ 172.80 * 3\ empleados = \mathbf{Q\ 518.40}$

Al terminar el lote cada uno de los tres empleados habría ganado Q 172.80 y se habría invertido en el plan de incentivos Q 518.40 (tabla 26). Se procede a calcular cuánto fue el beneficio que tuvo la empresa en el lote completo de este caso, para eso se procede a restar la diferencia entre el costo total del lote en el mes de julio y el costo total del lote aplicando los KPI's.

Ahorro en el costo del lote = $Q\ 3,577.50 - Q\ 1,590.00 = Q\ 1,987.50$

Beneficio por el lote = $Q\ 1,987.50 - Q\ 518.40 = \mathbf{Q\ 1,469.10}$

El beneficio en productividad de la empresa seria de Q 1,469.10; por lo que se propone utilizar como bono incentivo los Q 57.60 cada vez que el empleado llegue a cumplir la meta de 45 barricas diarias. Es importante mencionar que la calidad del trabajo realizado también se tomara en cuenta cuando las barricas sean llenadas con producto nuevo, lo cual significa que serán 45 barricas trabajadas, pero no deberán presentar ningún tipo de fuga.

CONCLUSIONES

1. A través del estudio de tiempos se definieron 25 actividades distintas para el proceso de apretado, la mayoría de estas actividades con tiempos menores a un minuto, dando en conjunto un tiempo estándar para el proceso de apretado de 10.33 minutos por barrica.
2. Al realizar la matriz de indicadores se determinaron 10 KPI's. Se calculó que la tasa optima de producción es de 45 barricas diarias por trabajador.
3. Se diseñó un programa básico de mantenimiento preventivo del equipo, que cuenta con formatos de inventario de equipo, fichas de mantenimiento periódico, actualización a la hoja de reporte de actividades y un diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.
4. Se utilizará el método del grafico de control de proporciones (grafico "P") y el formato diseñado para registrar las barricas defectuosas, los cuales indicaran si un lote tiene más defectos de lo permitido.
5. Se diseñó el plan de incentivos monetarios a través del ahorro que se obtendrá como resultado de aplicar los KPI; éste se define como Q57.60 cuando el operario cumpla con la meta propuesta de 45 barricas por jornada laboral diaria.

RECOMENDACIONES

1. Para mantener la información del inventario de equipo actualizada, se sugiere que el técnico de mantenimiento agregue nuevos registros cada vez que se adquiera nuevo equipo; para evitar que la información contenida en el inventario se vuelva obsoleta.
2. Se sugiere que el programa básico de mantenimiento preventivo sea usado como una guía y no como un sustituto de una debida capacitación técnica.
3. El personal que realice los procedimientos de mantenimiento debe tener conocimiento técnico relacionado al equipo y maquinaria que se manipulará.
4. Capacitar al personal que trabajara con las herramientas de control propuestas, para que puedan entender cómo utilizarlas y también cual es el objetivo de implementarlas.
5. Si se presenta el caso en que las metas de los KPI sean muy difíciles de cumplir, se pueden evaluar de nuevo las metas para establecer objetivos que sean alcanzables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comenge (2017). *Secado, curado, montado de campana y doma*:
<http://www.comenge.com/blog/otros/como-se-fabrican-las-barricas.html>
2. Gerencia. (2017). *Historia de la empresa licorera*. Obtenido de Industrias licoreras de Guatemala:
<https://industriaslicorerasguatemala.com/sobre-ilg/historia/>
3. Hoyer, O. (18 de 02 de 2014). *La transformacion del ron en las barricas*. Obtenido de omarjhoyer:
<https://omarjhoyer.wordpress.com/2014/02/18/la-transformacion-del-ron-en-las-barricas-la-magia-de-la-madera-de-roble-entrada-ii/>
4. Hoyer, O. J. (1 de 11 de 2012). *¿QUÉ EFECTO TIENEN LAS BARRICAS DE ROBLE AMERICANO EN EL ENVEJECIMIENTO DEL RON?* Obtenido de Omar J. Hoyer Gerencia de A&B:
<https://omarjhoyer.wordpress.com/2012/11/01/el-ron-de-venezuela-y-las-barricas-de-roble-lo-que-hay-que-conocer/>
5. Meijs Richard. (2017). *Tabla comparativa de watts a lúmenes para lámparas de mercurio*. Obtenido de Pantallasled:
<https://www.pantallasled.com.mx/articulos/080220-lumenes-vs-watts-en-alumbrado-publico-y-interiores.html>
6. Ministerio de Trabajo (2017). *Salario mínimo para el año 2017*.
<https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/dgt/salario-minimo#2017>

7. Ministerio de Trabajo (2017). *Cálculo de prestaciones laborales*.
<https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/igt/calculo-de-prestaciones>
8. Mora Garcia Luis Anibal. (2008). *Indicadores de la gestión logística* (Segunda ed.). Bogota: Ecoe Ediciones.
9. Murua, T. (16 de 12 de 2015). *Partes de una barrica*. Obtenido de vinetur:
<https://www.vinetur.com/2015121622140/como-se-denominan-las-diferentes-partes-de-la-barrica-de-vino.html>
10. Niebel Benjamin W, A. F. (2009). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). Mexico: McGRAW-HIL.
11. WIMSERVICE. (2017). *Símbolos de la norma ASME para diagramas de flujo*. Obtenido de WIMSERVICE:
<https://wimservices.wixsite.com/servicios/single-post/NORMAS-ASME-%E2%80%93-S%C3%8DMBOLOS-PARA-ELABORAR-DIAGRAMAS-DE-FLUJO>

APÉNDICES

Apéndice 1a. Hoja 1 del estudio de tiempos para el proceso de apretado

Estudio número: 1			Proceso: Apretado de barricas									Pagina 1 de 5				
Observador: Marvin Rosales			Operador: N/A									Fecha: 14/07/2017				
Num. de elementos y descripción		1			2			3			4			5		
		Transporte bodega a taller			Inspección de fallas			Apretar cincho medio			Apretar cincho bajo			Apretar cincho alto		
NOTA	Ciclo	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN
	1		1.64	1.64		0.95	1.04		0.26	0.28		0.23	0.25		0.61	0.67
	2		2.77	2.77		1.04	1.15		0.22	0.24		0.22	0.24		0.59	0.65
	3		1.38	1.38		0.92	1.01		0.20	0.22		0.20	0.22		0.66	0.73
	4		1.42	1.42		0.94	1.04		0.23	0.26		0.20	0.22		0.62	0.69
	5		2.43	2.43		1.01	1.11		0.25	0.28		0.26	0.29		0.59	0.65
	6		2.26	2.26		0.96	1.06		0.26	0.28		0.24	0.26		0.59	0.65
	7		1.44	1.44		0.92	1.02		0.24	0.27		0.23	0.25		0.64	0.70
	8		2.35	2.35		0.76	0.83		0.25	0.27		0.22	0.25		0.62	0.68
	9		2.31	2.31		0.91	1.00		0.22	0.24		0.25	0.28		0.60	0.66
	10		1.94	1.94		0.88	0.97		0.23	0.26		0.24	0.27		0.60	0.66
	11		2.07	2.07		0.89	0.98		0.25	0.28		0.24	0.26		0.59	0.65
	12		3.12	3.12		1.01	1.11		0.24	0.26		0.23	0.25		0.62	0.69
	13		2.81	2.81		0.99	1.09		0.24	0.26		0.21	0.23		0.60	0.66
	14		2.48	2.48		0.97	1.07		0.21	0.24		0.21	0.24		0.61	0.67
	15		2.44	2.44		0.82	0.91		0.23	0.26		0.21	0.23		0.60	0.66
Resumen																
TO total		32.8			14.0			3.5			3.4			9.1		
Calificacion		100			110			110			110			110		
TN total		32.8			15.4			3.9			3.7			10.1		
Num. de observacion		15			15			15			15			15		
TN promedio		2.19			1.03			0.26			0.25			0.67		
%de holguras		9			19			19			19			19		
T. estadar elemental		2.39			1.22			0.31			0.30			0.80		
Num. de ocurrencias		12			1			1			1			1		
Tiempo estadar		0.20			1.22			0.31			0.30			0.80		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1b. Hoja 2 del estudio de tiempos para el proceso de apretado

Estudio número: 1		Proceso: Apretado de barricas										Pagina 2 de 5				
Observador: Marvin Rosales					Operador: N/A					Fecha: 14/07/2017						
Num. de elementos y descripción		6			7			8			9			10		
		Apretado de los 3 cinchos			Girar barrica			Quitar cincho			Quitar remache			Poner remache		
NOTA	Ciclo	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN
	1		1.09	1.20		0.17	0.17		0.18	0.19		0.76	0.76		0.60	0.60
	2		1.03	1.13		0.21	0.21		0.19	0.20		0.88	0.88		0.62	0.62
	3		1.07	1.17		0.18	0.18		0.17	0.17		0.72	0.72		0.76	0.76
	4		1.06	1.16		0.20	0.20		0.16	0.16		0.67	0.67		0.74	0.74
	5		1.11	1.22		0.19	0.19		0.16	0.17		0.76	0.76		0.64	0.64
	6		1.08	1.19		0.21	0.21		0.17	0.18		0.80	0.80		0.61	0.61
	7		1.11	1.22		0.21	0.21		0.19	0.20		0.66	0.66		0.69	0.69
	8		1.09	1.20		0.17	0.17		0.19	0.20		0.84	0.84		0.64	0.64
	9		1.07	1.18		0.19	0.19		0.17	0.18		0.71	0.71		0.66	0.66
	10		1.07	1.18		0.18	0.18		0.18	0.18		0.73	0.73		0.67	0.67
	11		1.08	1.19		0.18	0.18		0.17	0.18		0.76	0.76		0.70	0.70
	12		1.09	1.20		0.21	0.21		0.19	0.19		0.78	0.78		0.70	0.70
	13		1.05	1.15		0.19	0.19		0.19	0.20		0.81	0.81		0.64	0.64
	14		1.04	1.14		0.19	0.19		0.17	0.17		0.68	0.68		0.60	0.60
	15		1.04	1.14		0.20	0.20		0.17	0.18		0.77	0.77		0.61	0.61
Resumen																
TO total		16.1			2.9			2.6			11.3			9.9		
Calificación		110			100			105			100			100		
TN total		17.7			2.9			2.8			11.3			9.9		
Num. de observacion		15			15			15			15			15		
TN promedio		1.18			0.19			0.18			0.75			0.66		
%de holguras		19			13			12			15			19		
T. estadar elemental		1.40			0.22			0.21			0.87			0.78		
Num. de ocurrencias		1			1			1			1			1		
Tiempo estadar		1.41			0.22			0.21			0.87			0.78		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1c. Hoja 3 del estudio de tiempos para el proceso de apretado

Estudio número: 1		Proceso: Apretado de barricas										Página 3 de 5				
Observador: Marvin Rosales					Operador: N/A					Fecha: 14/07/2017						
Num. de elementos y descripción		11			12			13			14			15		
		Parafinar tapa inferior			Barrica apretada			Trans. de taller a empanzado			Empanzado con agua			Inspección de fugas		
NOTA	Ciclo	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN
	1		0.30	0.33		2.64	2.91		1.91	1.91		2.08	2.19		0.41	0.39
	2		0.33	0.36		2.60	2.86		2.43	2.43		2.01	2.12		0.37	0.36
	3		0.30	0.33		2.61	2.87		2.31	2.31		2.14	2.24		0.42	0.40
	4		0.37	0.41		2.68	2.95		2.06	2.06		2.27	2.38		0.34	0.32
	5		0.34	0.37		2.73	3.01		2.22	2.22		2.13	2.24		0.31	0.29
	6		0.31	0.34		2.69	2.96		2.17	2.17		2.12	2.23		0.45	0.43
	7		0.33	0.36		2.75	3.03		2.02	2.02		2.12	2.22		0.41	0.39
	8		0.36	0.39		2.71	2.98		2.38	2.38		2.17	2.28		0.42	0.40
	9		0.34	0.38		2.67	2.94		2.14	2.14		2.15	2.26		0.39	0.37
	10		0.30	0.33		2.64	2.90		2.41	2.41		2.11	2.22		0.39	0.37
	11		0.34	0.38		2.69	2.95		2.50	2.50		3.89	4.08		0.26	0.25
	12		0.35	0.39		2.74	3.02		2.54	2.54		4.00	4.20		0.37	0.35
	13		0.33	0.36		2.61	2.87		2.42	2.42		3.88	4.07		0.41	0.39
	14		0.32	0.36		2.58	2.84		2.52	2.52		3.24	3.40		0.45	0.43
	15		0.34	0.38		2.62	2.88		2.34	2.34		4.07	4.27		0.41	0.39
Resumen																
TO total		5.0			40.0			34.4			40.4			5.8		
Calificación		110			110			100			105			95		
TN total		5.5			44.0			34.4			42.4			5.5		
Num. de observación		15			15			15			15			15		
TN promedio		0.36			2.93			2.29			2.83			0.37		
% de holguras		19			19			9			12			11		
T. estandar elemental		0.43			3.49			2.50			3.17			0.41		
Num. de ocurrencias		1			1			12			1			1		
Tiempo estandar		0.43			3.47			0.21			3.17			0.41		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1d. Hoja 4 del estudio de tiempos para el proceso de apretado

Estudio número: 1		Proceso: Apretado de barricas										Página 4 de 5				
Observador: Marvin Rosales					Operador: N/A					Fecha: 14/07/2017						
Num. de elementos y descripción		16			17			18			19			20		
		Cambiar tapón lateral			Derribar barrica al suelo			Vaciado de barrica unidad			Vaciado entre barricas			Girar barrica boca abajo		
NOTA	Ciclo	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN
	1		0.99	0.99		0.27	0.27		6.01	6.01		0.77	0.77		0.19	0.19
	2		1.02	1.02		0.26	0.26		6.77	6.77		0.32	0.32		0.17	0.17
	3		0.97	0.97		0.22	0.22		6.08	6.08		0.93	0.93		0.17	0.17
	4		1.00	1.00		0.32	0.32		6.81	6.81		0.58	0.58		0.19	0.19
	5		0.96	0.96		0.23	0.23		6.20	6.20		0.34	0.34		0.15	0.15
	6		0.95	0.95		0.25	0.25		6.40	6.40		0.44	0.44		0.15	0.15
	7		0.98	0.98		0.31	0.31		6.24	6.24		0.42	0.42		0.19	0.19
	8		1.00	1.00		0.30	0.30		6.64	6.64		0.63	0.63		0.15	0.15
	9		1.01	1.01		0.23	0.23		6.26	6.26		0.39	0.39		0.22	0.22
	10		0.88	0.88		0.27	0.27		6.84	6.84		0.34	0.34		0.18	0.18
	11		1.08	1.08		0.30	0.30		6.60	6.60		0.84	0.84		0.15	0.15
	12		0.95	0.95		0.25	0.25		6.41	6.41		0.36	0.36		0.21	0.21
	13		1.00	1.00		0.28	0.28		6.05	6.05		0.81	0.81		0.17	0.17
	14		0.95	0.95		0.28	0.28		6.31	6.31		0.32	0.32		0.16	0.16
	15		1.10	1.10		0.27	0.27		6.12	6.12		0.38	0.38		0.16	0.16
Resumen																
TO total		14.9			4.1			95.7			7.9			2.6		
Calificación		100			100			100			100			100		
TN total		14.9			4.1			95.7			7.9			2.6		
Num. de observacion		15			15			15			15			15		
TN promedio		0.99			0.27			6.38			0.52			0.17		
%de holguras		19			19			0			0			15		
T. estadar elemental		1.18			0.32			6.38			0.52			0.20		
Num. de ocurrencias		1			1			1			1			1		
Tiempo estadar		1.18			0.32			6.38			0.52			0.20		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1e. Hoja 5 del estudio de tiempos para el proceso de apretado

Estudio número: 1		Proceso: Apretado de barricas										Pagina 5 de 5				
Observador: Marvin Rosales					Operador: N/A					Fecha: 14/07/2017						
Num. de elementos y descripción		21			22			23			24			25		
		Girar barrica boca arriba			Mambora para colocar el tapón			Colocar el tapón superior			Barrica vaciada			Transporte a bodega		
NOTA	Ciclo	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN
	1		0.24	0.24		0.63	0.60		0.14	0.13		1.62	1.45		1.64	1.64
	2		0.21	0.21		0.64	0.60		0.17	0.16		1.14	1.02		2.94	2.94
	3		0.20	0.20		0.59	0.56		0.14	0.13		1.66	1.50		3.00	3.00
	4		0.22	0.22		0.67	0.63		0.16	0.14		1.46	1.31		1.56	1.56
	5		0.20	0.20		0.65	0.62		0.19	0.17		1.11	1.00		2.57	2.57
	6		0.20	0.20		0.57	0.54		0.16	0.14		1.20	1.08		2.07	2.07
	7		0.21	0.21		0.59	0.56		0.15	0.14		1.27	1.14		1.40	1.40
	8		0.23	0.23		0.67	0.63		0.18	0.16		1.50	1.35		2.20	2.20
	9		0.18	0.18		0.59	0.56		0.17	0.16		1.20	1.08		3.01	3.01
	10		0.19	0.19		0.60	0.57		0.18	0.16		1.15	1.04		1.84	1.84
	11		0.19	0.19		0.63	0.60		0.14	0.13		1.63	1.47		2.14	2.14
	12		0.20	0.20		0.64	0.61		0.13	0.12		1.16	1.04		2.81	2.81
	13		0.24	0.24		0.60	0.57		0.14	0.13		1.64	1.47		2.78	2.78
	14		0.24	0.24		0.66	0.63		0.15	0.14		1.15	1.03		2.02	2.02
	15		0.21	0.21		0.63	0.60		0.13	0.12		1.16	1.04		2.58	2.58
Resumen																
TO total		3.2			9.4			2.3			20.1			34.6		
Calificacion		100			95			100			100			100		
TN total		3.2			8.9			2.1			19.9			34.6		
Num. de observacion		15			15			15			15			15		
TN promedio		0.21			0.59			0.14			1.33			2.30		
%de holguras		12			12			12			12			9		
T. estadar elemental		0.24			0.66			0.16			1.44			2.51		
Num. de ocurrencias		1			1			1			1			12		
Tiempo estadar		0.24			0.66			0.16			1.44			0.21		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2a. Hoja 1 de inventario de equipo

No. Reg.	Descripción	Marca	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
1	Aire acondicionado	Goodman	Cap. Enf. 36,000 Btu/H 230V/60Hz/1PH/200W	AA-01	MOD: MUB-38CRN1-N	BIEN	Laboratorio	control remoto dañado - equipo adquirido 2014
2	Aire acondicionado	Goodman	Cap. Enf. 36,000 Btu/H 230V/60Hz/1PH/200W	AA-02	MOD: MUB-36CR	BIEN	Oficina Ing. Chacón	equipo adquirido 2012
3	Aire acondicionado	_____	Cap. Enf. 60,000 Btu/H 230V/60Hz/1PH/360W	AA-03	MOD: CST060CH2	BIEN	Entrada oficinas	_____
4	Aire acondicionado	York	Cap. Enf. 12,000 Btu/H	AA-04	_____	BIEN	Oficina fiscal	equipo adquirido 2012
5	Aire acondicionado	LENNOX	Cap. Enf. 24,000 Btu/H 220V/60Hz	AA-05	MOD: LM024CH-10P432-1	BIEN	Oficina junto al cuarto de catado	equipo adquirido 2016
6	Aire acondicionado	LENNOX	Cap. Enf. 36,000 Btu/H 230V/60Hz/1PH/200W	AA-06	MOD: LM036CH-100P432	BIEN	Oficina junto al cuarto de catado	equipo adquirido 2016
7	Aire acondicionado	LENNOX	Cap. Enf. 18,000 Btu/H	AA-07	_____	BIEN	Cuarto de computo	equipo adquirido 2016
8	Aire acondicionado	_____	_____	AA-08	MOD: CCAA001	BIEN	Área de catación	_____
9	Aire acondicionado	_____	Cap. Enf. 60,000 Btu/H 230V/60Hz/1PH/360W	AA-09	MOD: CST060CH2 SERIE: N0F0657IT	BIEN	Salón de sesiones	_____
10	Roto martillo	Milwaukee	13 Am/80Hz/120V	RM-01	SERIE: 804-2058	BIEN	Taller mecánico	_____
11	Osmosis	General Electric	30/60 PSIG Temperatura 77°F	OS-01	MOD: E4-8800-DLX SERIE: 07-1234822-07	BIEN	Área de llenado	_____
12	Lám para UV	Aquatne	120V/3 Am/60Hz	LU-01	MOD: CSL-6R SERIE: JS01104-EDESE	BIEN	Área de llenado	_____
13	Filtro pulidor de 5 micras	_____	_____	FP-01	_____	BIEN	Área de llenado	_____
14	Bomba de agua	Franklin electric	2 HP/230V/PH 1	BA-01	MOD: STD2CI SERIE: 9298-0020	BIEN	Área de filtros	_____
15	Bomba de agua	Star Rite	7 HP/230V/PH 3	BA-02	CODIGO: 24A95	MAL	Área de filtros	Necesario un cambio de sello
16	Bomba de agua	Star Rite	230V/PH 3	BA-03	CODIGO: 24A95	BIEN	Área de filtros	_____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2b. Hoja 2 de inventario de equipo

No. Reg.	Descripción	Marca	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
17	Canteadora	---	120V/60Hz/1.75 HP/12 Am	CA-01	---	MAL	Taller de barnices	En reparación
18	Canteadora	Black Bull Tools	220V/60Hz/PH 1/2 HP	CA-02	MOD: WJ-200C SERIE: 07140336	BIEN	Taller de barnices	equipo adquirido 2015
19	Compresor	---	5 HP/230V/PH 3/12.5 Am	CM-01	MOD: V9C053PFC	MAL	Taller mecánico	Motor dañado
20	Compresor	Ingersoll	5 HP/230V/14 Am/PH 3	CM-02	MOD: 242-5D SERIE: 30T-5625D	BIEN	Área de filtros	---
21	Compresor	Truper	---	CM-03	---	BIEN	Taller mecánico	---
22	Compresor	Chuz Bravo	5 HP/220V/13.4 Am/PH 3	CM-04	MOD: TE1BF0X01	BIEN	Taller mecánico	---
23	Control eléctrico general	Challenger	800 Am	CG-01	---	BIEN	Oficina antigua de mantenimiento	---
24	Controles eléctricos	Challenger	230V/PH 3/125 Am	CE-01	---	BIEN	Taller mecánico	---
25	Controles eléctricos	Challenger	230V/PH 3/175 Am	CE-02	---	BIEN	Área de calderas	---
26	Controles eléctricos	General Eléctrico	230V/PH 3/225 Am	CE-03	---	BIEN	Sistema tratamiento agua	---
27	Controles eléctricos	Challenger	PH 1/230V	CE-04	---	BIEN	Vestidores	---
28	Controles eléctricos	Challenger	PH 3/125 Am/230V	CE-05	---	BIEN	Comedor	---
29	Controles eléctricos	Challenger	PH 3/400 Am/230V	CE-06	---	BIEN	Área de llenado	---
30	Controles eléctricos	Challenger	PH 1/70 Am/230V	CE-07	---	BIEN	Laboratorio	---
31	Controles eléctricos	Challenger	125 Am/230V/PH 1	CE-08	---	BIEN	Área oficinas	---
32	Controles eléctricos	Challenger	125 Am/230V/PH 1	CE-09	---	BIEN	Aires acondicionados	---

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2c. Hoja 3 de inventario de equipo

No. Reg.	Descripción	Marcas	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
33	Esmeril	JET	120V/PH 1/8 Am	EM-01	_____	BIEN	Taller mecánico	_____
34	Esmeril	_____	120V/PH 1/8 Am/0.75 HP	EM-02	_____	BIEN	Área de filtros	_____
35	Esmeril	_____	120V/PH 1/4.5 Am	EM-03	_____	BIEN	Taller de barriles	_____
36	Lijadora	KOHLBACH	1710 r/m 230V/PH 3/8.8 Am	LD-01	MOD: 90s CODIGO: 4082220000E	BIEN	Área de calderas	_____
37	Succionadora	LEESON ELECTRIC	3 HP/230V/8 Am	SC-01	MOD: N90T34FZ39 CODIGO: B09F	BIEN	Área de calderas	_____
38	Succionadora	SIEMENS	1715 r/m 6.2 Am/2 HP/3 PH	SC-02	MOD: RGZV SERIE: K97TN013-48	MAL	Área de calderas	_____
39	Enderezadora tapaderas	_____	230V/Tem. 93°C/ fusibles de 100 Am	ET-01	_____	BIEN	Área de calderas	_____
40	Taladro de banco	SIEMENS	120V/14 Am/PH 1/0.75 HP	TB-01	TIPO: 1RF3055-4YC41 SERIE: F10	MAL	Taller mecánico	_____
41	Taladro de banco	_____	0.75 HP/120V/PH 1/16 Am/60 Hz	TB-02	MOD: ZJQ5116	BIEN	Taller de barriles	_____
42	Taladro de banco	SIEMENS	120V/14 Am/PH 1/0.75 HP	TB-03	TIPO: 1RF3055-4YC41 SERIE: C10	BIEN	Taller de barriles	_____
43	Filtro de carbón 1	_____	120V/60Hz/3W	FC-01	SERIE: 3138852	BIEN	Área de filtros	_____
44	Filtro de arena 1	_____	120V/60Hz/3w	FA-01	MOD: 3584-24-001000-0003600	BIEN	Área de filtros	_____
45	Filtro de carbón 2	_____	120V/3W	FC-02	SERIE: 3138854	BIEN	Área de filtros	_____
46	Suavizador 2	_____	120V/3W	SU-02	MOD: 223201-007001-0001C00	BIEN	Área de filtros	_____
47	Suavizador 1	_____	120V/3W	SU-01	MOD: 223201-008001-0001C00	BIEN	Área de filtros	_____
48	Filtro de arena 2	_____	_____	FA-02	_____	BIEN	Área de filtros	Filtro sin uso, solo es necesario 1 filtro de arena

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2d. Hoja 4 de inventario de equipo

No. Reg.	Descripción	Marca	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
49	Montacargas 1	Toyota	48V/año 2006/carga máxima 1000 kg.	MT-01	MODELO: 7FB25	BIEN	Área de calderas	
50	Montacargas 2	Toyota	48V/año 2006/carga máxima 1000 kg.	MT-02	MODELO: 7FB25	BIEN	Área de calderas	
51	Sierra de banco	Weg	220v/14 Am/1 HP/PH 1	SB-01	MOD: ME01C0X0X0000102084 DATE: 28DEZ13	BIEN	Área de calderas	
52	Cepilladora	Black Bull Tools	5 HP/220V/PH 1/14 Am	CP-01	MOD: MB-105 SERIE: 07140110	BIEN	Área de calderas	
53	Remachadora 1	Marathon Electric	2 HP/1 PH/230v/10 Am 1725 r/m	RM-01	MOD: VC56B17F5306L-K	BIEN	Taller de barriles	
54	Remachadora 2	Marathon Electric	2 HP/1 PH/230v/10 Am 1725 r/m	RM-02	MOD: LVJ6B17F5306L-K	BIEN	Taller de barriles	
55	Bomba de fabricación	LEESON ELECTRIC	3 HP/230V/PH 3/2.24 kw/cojinetes 6207 y 6205	BF-01	MOD: JVH182TTG54003ARL	BIEN	Área de llenado	Datos del motor de la bomba
56	Bomba de fabricación	LEESON ELECTRIC	7.5 HP/230V/PH 3/5.60 kw/19 Am/cojinetes 6309 y 6206/3530	BF-02	MOD: DVL213TTG54012BBL	BIEN	Área de llenado	Datos del motor de la bomba
57	Bomba de fabricación	LEESON ELECTRIC	3 HP/230V/PH 3 3490r/m	BF-03	MOD: A145T34XB23B	BIEN	Área de llenado	Datos del motor de la bomba
58	Bomba de fabricación	Marathon Electric	3 HP/2.4 Kw/Cojinete 6207 y 6205/PH 3	BF-04	MOD: KL182TTGN4068AAL SERIE: C0094195	BIEN	Área de llenado	
59	Bomba de fabricación	Marathon Electric	19 Am/230V/7.5 HP/cojinetes 6207 y 6205	BF-05	MOD: KK213TTGS700DG W	MAL	Área de llenado	
60	Bomba de fabricación	General Electric	7.5 HP/9.2 Am/PH 3/Cojinetes 6208ZC3 y 6309ZC3	BF-06	MOD: 5KS213CAA276	BIEN	Área de llenado	
61	yale manual	Yale	Cap 5.500 LB	YM-01	MOD: ML55 SERIE: MP-88786	MAL	Área de calderas	
62	yale manual	Yale	Cap 2.500 Kg Año de manufacturación 8-2002	YM-02	MOD: C218 SERIE: 1000003131499	MAL	Área de calderas	
63	yale manual	N/A	N/A	YM-03	N/A	MAL	Área de calderas	No cuenta con información
64	Antorcha	Siewert	N/A	AN-01	1.5-4 Bar P 2238	BIEN	Área de quemado	En uso. No cuenta con información

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2e. Hoja 5 de inventario de equipo

No. Reg.	Descripción	Marcas	Característica	Cód. Interno	Modelo/Serie	Estado	Ubicación física	Observaciones
65	Antorcha	Sievert	N/A	AN-02	N/A	BIEN	Bodega	No cuenta con información
66	Bomba empanzado	Goulds	1.5 HP/230V/8.4 Am/	BE-01	MOD: C48C53A08 SER: 28314JZ	Bien	Empanzado	-----

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Hoja de reporte de actividades

HOJA DE REPORTE DE ACTIVIDADES
Centro de aÑejamiento

FECHA	ACTIVIDAD/Nombre empresa externa	COD. INTERNO	TIPO DE ACTIVIDAD				TIEMPO	FIRMA DEL TECNICO/No. Reporte externo	FIRMA DE REVISION
			INTERNO	EXTERNO	PREVENTIVO	CORRECTIVO			

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Consolidado de proceso de barriles mensual

CONSOLIDADO DE PROCESO DE BARRILES														
Mes	Semanas	Procesos	Origen				BARRILES DESEM PANZADOS	CINCHOS ACORTADOS	Tapaderas		Tapones	Observaciones		
			Mexico	Kentucky Bourbon	Reuso	Brandy			Reparadas	Enderezadas				
MARZO	Semana 1	Barriles apretados		104								TAPA RASPADAS		
		Barriles agujerados		0								117		
		Barriles reparados		33										
		Barriles raspados		0									BARRIL REVISADO	
		Quemados Barriles		0									272	
		Barriles empansados		115			76	299	35	90	0			
		Barriles apretados		0									BARRIL DESTAPADO	
MARZO	Semana 2	Barriles agujerados		0								96		
		Barriles reparados		70										
		Barriles raspados		0									BARRIL TAPADO	
		Quemados Barriles		0									0	
		Barriles empansados		171			188	407	0	0	0			
		Barriles apretados		0									BARRIL TAPONADO	
		Barriles agujerados		0									0	
MARZO	Semana 3	Barriles reparados		46										
		Barriles raspados		0									BARRIL MAMBOREADO	
		Quemados Barriles		0									0	
		Barriles empansados		46			78	125	0	45	0			
		Barriles apretados		0										
		Barriles agujerados		0										
		Barriles reparados		1										
ENERO	Semana 4	Barriles raspados		101										
		Quemados Barriles		62										
		Barriles empansados		1			0	0	0	0	137			
		Barriles apretados		0										
		Barriles agujerados		0										
		Barriles reparados		0										
		Barriles raspados		0										
MARZO	Semana 5	Quemados Barriles		48										
		Barriles empansados		0			0	0	0	0	0			
		TOTALES		798			342	831	35	135	137			
													Total barriles apretados	104
													Total barriles Agujerados	0
				Elaborado por:									Total barriles Empansados	333
													Total barriles Reparados	150
											Total barriles raspados	101		
				Jefe Centro de Añejamiento							Total barriles quemados	110		

Fuente: empresa licorera.

Anexo 2. Hoja de control de preparación de barriles diarios

CONTROL DE PREPARACION DE BARRILES DIARIO												No.	Fecha:	
Nombre	Total por persona	Tapaaderas reparadas		Barriles con cinchos apretados		Barriles taponados y agujerados		Barriles reparados		Barriles quemados		Tapaaderas		Observaciones
		Ajuste	Inser.	Nuevos Bourbon	Reuso Bourbon	Nuevos Bourbon	Reuso Bourbon	Nuevos Bourbon	Reuso Bourbon	Nuevos Bourbon	Reuso Bourbon	Reparadas	Enderezadas	
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
APRETADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
AGUERADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
EMPANZADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
REPARADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
RASPADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
QUEMADO														
Trabajador 1														
Trabajador 2														
Trabajador 3														
TOTAL DIARIO														

Fuente: empresa licorera.

Anexo 2. Holguras para estudio de tiempos

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica.....	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.....	0
b) Incómoda (flexionado).....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.....	2
c) Muy inadecuada.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.....	0
b) Trabajo fino o exacto.....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.....	0
b) Intermitente: fuerte.....	2
c) Intermitente: muy fuerte.....	5
d) De tono alto: fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.....	4
c) Muy complejo.....	8
9. Monotonía:	
a) Baja.....	0
b) Media.....	1
c) Alta.....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.....	0
b) Tedioso.....	2
c) Muy tedioso.....	5

Fuente: Niebel Benjamin W, A. F. (2009). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). Mexico: McGRAW. p. 369.

Anexo 3. Puntos porcentuales de la distribución t

n	Probabilidad P												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Nota: Las probabilidades se refieren a la suma de las dos áreas de cola; en el caso de una sola cola, divida la probabilidad entre 2.

Fuente: Niebel Benjamin W, A. F. (2009). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). Mexico: McGRAW. p. 567.

Anexo 5. Cronograma anual de mantenimiento preventivo de equipo

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO Y MAQUINARI 2017

Equipo	Descripción de la actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Rutina	Planificado											
Aire acondicionado	Semestral	Ejecutado											
Rotomartillo para apretado de barniés	Semestral	Planificado											
Bombas de fabricación	Semestral	Ejecutado											
Bombas de fabricación	Semestral	Planificado											
Bombas red de agua	Cada 4 meses	Ejecutado											
Bombas red de agua	Cada 4 meses	Planificado											
Canteadoras	Cada 4 meses	Ejecutado											
Compresores	Cada 6 meses	Planificado											
Compresores	Cada 6 meses	Ejecutado											
Controlés eléctricos	Cada 4 meses	Planificado											
Controlés eléctricos	Cada 4 meses	Ejecutado											
Esmerniles	Planificado												
Esmerniles	Annual	Ejecutado											
Lijadora	Cada 2 meses	Planificado											
Lijadora	Cada 2 meses	Ejecutado											
Succionadora	Cada 2 meses	Planificado											
Succionadora	Cada 2 meses	Ejecutado											
Enderezadora de tapaderas	Cada 2 meses	Planificado											
Enderezadora de tapaderas	Cada 2 meses	Ejecutado											
Antorcha para quemado de barniés	Semestral	Planificado											
Antorcha para quemado de barniés	Semestral	Ejecutado											
Taladros agujerlar y hacer tapones	Semestral	Planificado											
Taladros agujerlar y hacer tapones	Semestral	Ejecutado											
Yala manual	Cada 1,000 horas	Planificado											
Yala manual	Cada 1,000 horas	Ejecutado											
Montacargas 1 Valle eléctrico	Cada 1,000 horas	Planificado											
Montacargas 1 Valle eléctrico	Cada 1,000 horas	Ejecutado											
Montacargas 2 Valle eléctrico	Cada 1,000 horas	Planificado											
Montacargas 2 Valle eléctrico	Cada 1,000 horas	Ejecutado											
Sierra de banco	Semestral	Planificado											
Sierra de banco	Semestral	Ejecutado											
Cepilladora	Semestral	Planificado											
Cepilladora	Semestral	Ejecutado											
Remachadora 1	Cada 2 meses	Planificado											
Remachadora 1	Cada 2 meses	Ejecutado											
Remachadora 2	Cada 2 meses	Planificado											
Remachadora 2	Cada 2 meses	Ejecutado											
	Planificado												
	Ejecutado												
	%												
	Cumplimiento												

Fuente: empresa licorera.