

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS
EQUIPOS EN UNA EMPRESA CONTRATISTA DE
SERVICIO A UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE
CERVEZA**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

**ELMER ZOSIMO CAMPOS NARCISO
HENRY JOSUE OSCATEGUI CHUQUILLANQUI**

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	Tesis Diseño e Implementacion del departamento de gestion del mantenimiento para el cumplimiento de la efectividad global de los equipos en una empresa c.docx (D169059605)
Submitted	5/30/2023 11:51:00 PM
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	1%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / TESIS UNAC - 2018.docx Document TESIS UNAC - 2018.docx (D40138081) Submitted by: normaherrera169@gmail.com Receiver: posgrado.fime.unac@analysis.arkund.com	 6
W	URL: https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/ Fetched: 5/30/2023 11:53:00 PM	 2

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN UNA EMPRESA CONTRATISTA DE SERVICIO A UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE CERVEZA
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
ELMER ZOSIMO CAMPOS NARCISO henry JOSUe oscategui chuquillanqui
Callao, 2023
PERÚ
Hoja de referencia
DEDICATORIA:
La presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera, a nuestros padres porque siempre nos dieron su apoyo y consejos.
AGRADECIMIENTO
En primer lugar queremos alcanzar nuestro agradecimiento a la empresa Eficiencia Dinámica S.R.L. Por habernos dado la oportunidad de elaborar nuestro proyecto y sobre todo ir adquiriendo más experiencia y habilidades profesionales que me permitieron mejorar en forma continua.

**ACTA N° 004-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO**

**LIBRO 001, FOLIO N° 310, ACTA N° 004-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO**

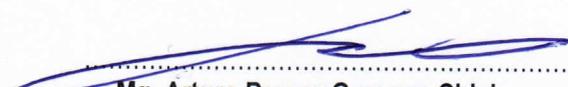
A los 13 días del mes noviembre del año 2023, siendo las 11:30 horas, se reunieron, en la sala de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**, designado por Resolución N° 059-2023-D-FIME, para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico**, conformado por los siguientes docentes:

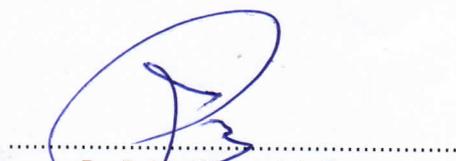
- **Presidente:** Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay
- **Secretario:** Dr. Pablo Mamani Calla
- **Vocal:** Mg. Eliseo Paez Apolinario
- **Asesor:** Mg. Vladimiro Contreras Tito

Se dio inicio a la **sustentación de la Tesis** de los Bachilleres, **CAMPOS NARCISO, ELMER ZOSIMO y OSCATEGUI CHUQUILLANQUI, HENRY JOSUE**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, expone la TESIS titulada **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN UNA EMPRESA CONTRATISTA DE SERVICIO A UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE CERVEZA"**, cumpliendo con el acto público, de manera presencial.

Con el quórum reglamentario de ley y de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Por UNANIMIDAD, dar por aprobada con la escala de calificación cualitativa de BUENO y calificación cuantitativa (15) QUINCE la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la Sesión siendo las 12:24 horas del 13 del mes de NOV y año en curso.


.....
Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay
Presidente


.....
Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario


.....
Mg. Eliseo Paez Apolinario
Vocal


.....
Mg. Vladimiro Contreras Tito
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
Jurado de Sustentación de Tesis

INFORME N° 001-2023-APGCH

Visto, el informe final de Tesis titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN UNA EMPRESA CONTRATISTA DE SERVICIO A UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE CERVEZA”, presentado por los bachilleres en Ingeniería Mecánica CAMPOS NARCISO, ELMER ZOSIMO y OSCATEGUI CHUQUILLANQUI, HENRY JOSUE.

A QUIEN CORRESPONDA:

El **Presidente del Jurado de Sustentación de Tesis**, cumple con informar que la sustentación se realizó el día 13 de noviembre de 2023 a las 11.30 horas, no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado en su estructura metodológica y contenido temático por cada uno de los miembros del Jurado de Sustentación, se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 13 de noviembre de 2023



Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Presidente del Jurado

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de investigación de la Facultad de ingeniería Mecánica y de Energía

TÍTULO:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN UNA EMPRESA CONTRATISTA DE SERVICIO A UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE CERVEZA

AUTORES / DNI:

Elmer Zósimo Campos Narciso / 46355529

Henry Josue Oscategui Chuquillanqui / 46453361

ASESOR / CODIGO ORCID / DNI:

Vladimiro Contreras Tito / 0000 – 0002 – 8885 – 1031 / 23949023

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Backus Planta Ate – Lima Perú

UNIDAD DE ANALISIS:

Línea de producción de cerveza

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicado / Cuantitativa / Experimental

TEMA OCDE:

Ingeniería y Tecnología

DEDICATORIA:

La presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera, a nuestros padres porque siempre nos dieron su apoyo y consejos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar queremos alcanzar nuestro agradecimiento a la empresa Eficiencia Dinámica S.R.L. Por habernos dado la oportunidad de elaborar nuestro proyecto y sobre todo ir adquiriendo más experiencia y habilidades profesionales que me permitieron mejorar en forma continua.

También mi agradecimiento a nuestras familias, que nos dieron la formación como personas de bien y que con su ejemplo nos han dado siempre un soporte para nuestro crecimiento.

A nuestro asesor el Profesor Vladimiro Contreras Tito por su apoyo, tiempo, con su experiencia y guía en la concepción y desarrollo del presente estudio.

Y finalmente, pero no menos importante, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía – FIME - UNAC, que nos dio la formación académica que nos permitió desarrollarnos en forma profesional para enfrentar las diversas problemáticas en las labores profesionales.

ÍNDICE

	Página
TABLAS DE CONTENIDO – LISTA DE CUADROS	3
TABLA DE GRÁFICOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Formulación del problema	12
1.1.1. Problema general	12
1.1.2. Problemas específicos	12
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
1.3. Limitantes de la investigación	13
1.3.1. Teórica	13
1.3.2. Temporal	13
1.3.3. Espacial	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.1.1. Internacional	15
2.1.2. Nacional	16
2.2. Bases Teóricas	18
2.3. Conceptual	22
2.4. Definición de términos básicos	23
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	31
3.1. Hipótesis	31
3.1.1. Hipótesis general	31
3.1.2. Hipótesis específicas	31
3.2. Definición conceptual de variables	31
3.2.1. Operacionalización de variable	32
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	33

4.1. Tipo y Diseño de investigación	33
4.2. Método de investigación	33
4.3. Población y muestra	34
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	35
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	35
4.6. Análisis y procesamiento de datos	35
V. RESULTADOS	37
5.1. Resultados descriptivos	37
5.1.1. Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento	37
5.1.2. Generación del plan de gestión del mantenimiento de una planta de manufactura de cerveza	44
5.1.3. Plan de gestión de las comunicaciones	75
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	78
6.1.1. Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento	78
6.1.2. Generación del Plan de Gestión del Mantenimiento	78
6.1.3. Generación del Plan de Gestión de las Comunicaciones	78
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	82
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	84
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	91
-. Matriz de consistencia	91
-. Instrumentos validados	92
-. Base de datos	118

TABLAS DE CONTENIDO
LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.1: Determinación del problema	12
Cuadro 2.1: Métrica del desempeño	23
Cuadro 3.1: Operacionalización de variable	32
Cuadro 5.1: Acta de creación del departamento	38
Cuadro 5.2: Informe de estado de la organización	42
Cuadro 5.3: Informe del estado de la organización luego de la Implementación	46
Cuadro 5.4: Contrastación de los indicadores de gestión obtenidos	50
Cuadro 5.5: Calculo de productividad y rendimiento de los equipos	51
Cuadro 5.6: Área de envasado de cerveza	52
Cuadro 5.7: Criticidad del área de envasado de cerveza	53
Cuadro 5.8: Orden de trabajo	57
Cuadro 5.9: Hoja de información RCM	59
Cuadro 5.10: Consecuencia de modos de falla	60
Cuadro 5.11: Carga de trabajo	62
Cuadro 5.12: Programación de trabajos	63
Cuadro 5.13: Lista de trabajos	64
Cuadro 5.14: Hoja de planificación de los trabajos	66
Cuadro 5.15: Orden de mantenimiento	67
Cuadro 5.16: Orden de servicio	68
Cuadro 5.17: Técnica de grupo nominal (TGN)	69
Cuadro 5.18: Matriz de selección	70
Cuadro 5.19: Inspección del problema	70
Cuadro 5.20: Nueva contrastación de los indicadores de gestión obtenidos	77
Cuadro 6.1: Nuevo Cálculo de productividad y rendimiento de los equipos	79
Cuadro 6.2: Contrastación de la productividad y rendimiento actual y anterior	80
Cuadro 6.3: Métrica del desempeño	80

Cuadro 10.1: Matriz de consistencia	91
Cuadro 10.2: Evaluación de funcionalidad	92
Cuadro 10.3: Formato de criticidad	94
Cuadro 10.4: Formato de ficha técnica del equipo	95
Cuadro 10.5: Formato de orden de trabajo	96
Cuadro 10.6: Formato de lista de trabajos	97
Cuadro 10.7: Formato de hoja de planificación de los trabajos	98
Cuadro 10.8: Formato de hoja de información RCM	99
Cuadro 10.9: Consecuencia de modos de falla	100
Cuadro 10.10: Formato de inspección de ruta – Estado movimiento	101
Cuadro 10.11: Formato de inspección de ruta – Estado parada	102
Cuadro 10.12: Formato de historial del equipo	103
Cuadro 10.13: Formato de orden de mantenimiento	104
Cuadro 10.14: Formato de orden de servicio	105
Cuadro 10.15: Formato de distribución de carga de trabajo (Backlog)	106
Cuadro 10.16: Costos de equipamiento para análisis predictivo	107
Cuadro 10.17: Cuadro de impactos de costos de equipos críticos	107
Cuadro 10.18: Ficha técnica del equipo	110
Cuadro 10.19: Historial del equipo	111
Cuadro 10.20: Inspección de ruta – Estado movimiento	113
Cuadro 10.21: Inspección de ruta – Estado parada	114
Cuadro 10.22: Caracterización de procesos generación del mantenimiento preventivo	115
Cuadro 10.23: Calculo de productividad y rendimiento de los equipos	119

TABLA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 5.1: Descomposición del equipo	58
Gráfico 5.2: Corrida de tiempo por parada	70
Gráfico 5.3: Subdivisión del problema	71
Gráfico 5.4: Pareto por formato	71
Gráfico 5.5: Pareto por turno	72
Gráfico 5.6: Pareto por ciclos	72
Gráfico 5.7: Agrupación de causas por afinidad	73
Gráfico 5.8: Pareto de causas por afinidad	73
Gráfico 5.9: Agrupación de causas por afinidad en problemas críticos	74
Gráfico 10.1: Determinación de la consecuencia de la falla	108
Gráfico 10.2: Selección de tarea preventiva Lógica RCM básica	109
Gráfico 10.3: Cronograma del proyecto	116
Gráfico 10.4: Lavadora de botellas	117
Gráfico 10.5: Llenadora de botellas	117
Gráfico 10.6: Inspector de botellas	118
Gráfico 10.7: Pasteurizador	118

RESUMEN

En el desarrollo de todo servicio intervienen muchos factores y deben considerarse en la concepción del mismo, para llevar a cabo un buen trabajo acorde con lo solicitado por cualquier cliente se debe tener un área que se dedique a la gestión del mantenimiento que no dependa de un área de operaciones directamente. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio es diseñar e implementar un departamento de gestión del mantenimiento, en este caso para una empresa contratista que brinda servicios a una planta de manufactura de cerveza, como ejemplo práctico de lo realizado, para que se verifique el impacto en los objetivos de la gestión del mantenimiento considerando la Efectividad global de los equipos como indicador de cumplimiento de los requerimientos.

La investigación fue del tipo aplicada. La empresa no contaba con un departamento que realice en forma especializada la programación y el planeamiento de las actividades del mantenimiento y tomando en cuenta metodologías de la Gestión del mantenimiento y luego de definir los estándares e indicadores sobre los cuales se evaluarían las organizaciones de los clientes y generar el plan de gestión conveniente a su necesidad.

Se concluyó mediante el análisis de los resultados, mejoras en la disponibilidad de los equipos en 3.19 %, a través de la disminución de los tiempos de paradas no programadas y tiempos de preparación que permitieron elevar la productividad de la empresa, además disminuyendo en 5.52 % el uso del presupuesto respecto al año anterior. Se alcanzan recomendaciones para la mejora de los procesos y los cuales también se pueden considerar para futuros servicios.

Palabra clave: Gestión, Mantenimiento, Efectividad Global.

ABSTRACT

Many factors are involved in the development of any service and should be considered in the conception of the same, to carry out a good job in accordance with what is requested by any client, you must have an area that is dedicated to maintenance management that does not depend on an area of operations directly. Therefore, the objective of this study is to present the design and implementation of a maintenance management department, in this case for a contractor that provides services to a beer manufacturing plant, as a practical example of what has been done, so that the impact on maintenance management objectives is verified considering the overall effectiveness of the equipment as an indicator of compliance with the requirements.

The investigation was of the applied type. The company did not have a department that specialized in programming and planning maintenance activities and taking into account maintenance management methodologies and after defining the standards and indicators on which client organizations would be evaluated Generate the management plan convenient to your need.

It was concluded by analyzing the results, improvements in equipment availability by 3.19%, through the decrease in unscheduled downtimes and preparation times that allowed to increase the company's productivity, also decreasing by 5.52% the use of the budget with respect to the previous year. Recommendations for the improvement of the processes are reached and which can also be considered for future services.

Keyword: Management, Maintenance, Global Effectiveness.

INTRODUCCIÓN

Dado el auge de nuestra economía en los últimos 15 años, siendo en ciertos sectores de la industria excelente como el presentado en la industria manufacturera y en específico en el sector de bebidas, motivo que el consumo de cerveza aumentó de 22 litros por persona al año (2004) a 46 litros por persona al año (2018); siendo un indicador de un negocio en auge y llegada de grandes empresas dedicadas a este rubro y su instalación con plantas modernas. No obstante, la oportunidad y sobre todo el crecimiento del sector y su demanda, ha sido seguido de la apuesta de medianas empresas en este rubro, las cuales al ser gestionadas con un deficiente análisis y proceso de producción y mantenimiento conllevan a ciertos problemas inherentes a su manejo.

Las industrias de manufacturas de clase mundial presentan un promedio de disponibilidad de 85 - 95 %. En el caso de las plantas industriales las cuales no poseen un departamento de mantenimiento cae a un 80 - 88 %; poseen problemas inherentes en este sentido al ser los departamentos o áreas de producción u operaciones los encargados en la gestión del mantenimiento, los cuales no se encuentran especializados y no poseen personal adecuado, además de ser el mantenimiento de sus unidades de producción y envasado un tema secundario pues la meta de producción es lo más importante para su sector. Considerando que los equipamientos de las líneas de envasado son sumamente complejos y necesitan un planeamiento y gestión constante de su estado, es disímil el no considerarse una planta de manufactura sin el equipo y personal adecuado para su mantenimiento. Ya que sus repuestos son de naturaleza costosa en algunos casos, además de logística compleja, se debe optimizar su manejo; aminorando los costos de producción y mantenimiento; y generando un mejor manejo de las órdenes y planes de trabajo.

La presente tesis presentara en primer lugar el Planteamiento del problema donde se determinó la Formulación del problema con la falta de un departamento de mantenimiento que tenga un Plan de gestión de mantenimiento definido.

Pasando luego a determinar los objetivos, siendo el objetivo Diseñar e implementar el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista permitirá cumplir con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera, considerando además las limitantes de la investigación. El Marco teórico nos permitirá clarificar el entorno en que se deberá desarrollar el trabajo; que herramientas y procesos deberán ser parte del análisis para su posterior reevaluación. Conllevando luego a la determinación de las hipótesis diseñando e implementando el departamento de gestión de mantenimiento y sus variables correspondientes para proceder con el diagnóstico de la situación de la empresa de manufactura.

Al determinar el sistema de planeamiento y programación de mantenimiento, se identifican los equipos críticos, se elaboran sus programas de mantenimiento preventivo y predictivo, de ser pertinentes necesarios para el cliente. Se desarrolla una gestión que eleve la productividad de la línea; involucrando a todos los departamentos y áreas, promoviendo la interacción de los grupos de trabajo, supervisión y gerencia. Como resultado de la aplicación de este plan de mantenimiento se logrará cumplir con los estándares para el indicador de Efectividad global de los equipos (OEE).

El desarrollo del trabajo se llevó a cabo por la concepción e implementación del departamento, su gestión adecuada, los puestos a definirse y las responsabilidades inherentes a su cargo para el pertinente manejo del mantenimiento, generándose los registros, ordenes de trabajo, luego con la determinación de los niveles de gestión actual de la empresa cliente según los indicadores y su posterior análisis, basándose en la organización, comunicación y el conocimiento de trabajo, para obtener la formación de mantenimiento más adecuada para la planta, reduciendo las paradas de producción de forma rentable haciendo reingeniería (control de gastos de evolución de consumos de materiales y repuestos, rotación de los mismos y costos de mano de obra directos e indirectos). Por último mostrándose las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación alcanzada.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Eficiencia Dinámica S.R.L. se desarrolla en el rubro del mantenimiento industrial y metalmecánico para una planta de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Desarrollando a cabo servicios de mantenimiento industrial reactivo, correctivo y preventivo y de ser necesario subcontratando el servicio predictivo; a través de procedimientos y procesos definidos en forma independiente según la necesidad de cada servicio y sin un plan integral.

Dado que las empresas clientes de manufactura muchas veces no priorizan las actividades de mantenimiento en forma correcta porque el mantenimiento está supeditado a las decisiones del área de operaciones y por consiguiente sus prioridades son relegadas a un segundo plano causando que los niveles de disponibilidad de los equipos estén bajo el estándar recomendado. Los trabajos de mantenimiento son realizados por el personal contratado en forma reactiva, correctiva y preventiva, sin establecerse un programa de mantenimiento preventivo de las empresas de servicio. Lo que ocasiona una baja disponibilidad, rendimiento y calidad del servicio del equipo conllevando incluso a paradas de línea no programadas que causan pérdidas por paro de producción

Una línea de envasado de cerveza es el conjunto de equipos de los cuales al menos una decena son importantes, por consiguiente, deben tener un programa de mantenimiento adecuado, con la planificación y programación pertinente al tipo de máquina; pues la alta tasa de producción que deben tener estos equipos exige una alta disponibilidad, confiabilidad y un índice de mantenibilidad óptimo. Es por ello que es esencial identificar las fallas de mayor impacto en tiempo y costo, pues las paradas no programadas y los mantenimientos reactivos y correctivos influyen en la productividad de la empresa. Es importante reducir estos tipos de trabajos no programados al mínimo para obtener así una eficiente Gestión del mantenimiento.

Al no haber en la estructura orgánica de la empresa contratista, un área específica y con funciones formalmente establecidas, que se encargue en forma exclusiva del programa y planeamiento del mantenimiento del área productiva de la empresa cliente; la empresa contratista precisa de un departamento de mantenimiento que se responsabilice de la gestión del mantenimiento solicitada por sus clientes y se logre cumplir con los objetivos del programa de mantenimiento de acuerdo a los indicadores de gestión.

Se plantea el siguiente enunciado:

- No existe un Departamento de mantenimiento responsable de la gestión del mantenimiento que debe llevarse a cabo en los servicios requeridos de una planta de manufactura de cerveza.

La investigación y análisis del presente trabajo se basó en el diseño y el plan para la implementación del departamento de mantenimiento para la empresa contratista, pasando luego en el servicio de la obtención de los indicadores de la evaluación de disponibilidad, para determinar el estado de la operación del cliente, pasando a establecer los equipos críticos a los cuales se deberá elaborar el planeamiento y programación del mantenimiento.

La presente tesis titulada “Diseño e Implementación del departamento de gestión del mantenimiento para el cumplimiento de la efectividad global de los equipos en una empresa contratista de servicio a una planta de manufactura de cerveza” tiene como objetivo lograr que la gestión del mantenimiento cumpla con las exigencias técnicas requeridas, siendo el alcance de la investigación. La implementación del departamento de mantenimiento para una empresa contratista, pretende cubrir la necesidad que nace en la gestión del mantenimiento, pues se debe realizar el servicio de mantenimiento al cliente desde el análisis de los estados, la generación del plan de mantenimiento, el planeamiento y programación en forma eficiente conllevando a la Implementación del departamento de mantenimiento basada en el ciclo administrativo siendo el soporte para la dirección de la implementación, afianzando los conceptos y componentes de la administración del departamento.

1.1. Formulación del problema

Al no existir un Departamento de mantenimiento; existen problemas de diversa índole como la correcta asesoría y conceptualización para el plan de gestión de mantenimiento para la empresa cliente como reprogramación, retrasos, reingeniería, etc. Los problemas descritos pueden tener un gran impacto sobre el servicio y satisfacción del cliente, que llevan a la toma de decisiones para dar solución a estos problemas y obtener un servicio exitoso.

Cuadro 1.1 Determinación del problema

Problema	Causas
<ul style="list-style-type: none">Falta del Departamento de mantenimiento en una empresa contratista de servicio a una planta de manufactura de cerveza.	<ul style="list-style-type: none">Desconocimiento de las ventajas de un Departamento de gestión del mantenimiento.Resistencia al cambio.

1.1.1. Problema general

- ¿Cómo el diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista permitirá cumplir con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo la implementación del departamento de gestión del mantenimiento permitirá determinar el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos?
- ¿Cómo la obtención de los indicadores de gestión y realizar el análisis de fallas permitirá la generación del planeamiento y la programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera?
- ¿Cómo la mala gestión de las comunicaciones entre el área de operaciones y el área de mantenimiento afecta la gestión del mantenimiento en la planta cervecera?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista permitirá cumplir con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera.

1.2.2. Objetivos específicos

- Implementar el departamento de gestión del mantenimiento para determinar el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos.
- Obtener los indicadores de gestión y realizar el análisis de fallas para la generación del planeamiento y programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera.
- Implementar un plan de gestión de las comunicaciones que permita una eficiente gestión del mantenimiento en la planta cervecera.

1.3. Limitantes de la investigación

1.3.1. Teórica

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse a ámbitos relacionados; sin embargo, no necesariamente deberán ser considerados aplicables en su totalidad, ya que toda empresa se encuentra en una realidad diferente y deberá analizarse cada situación en forma específica para determinar la aplicabilidad de cada elemento de la investigación y su utilidad.

1.3.2. Temporal

Los resultados del presente estudio son aplicables a servicios del ámbito especificado, sin embargo, deberá considerarse que las operaciones de una empresa varían y es necesario aplicar constantemente la mejora continua por lo que este estudio deberá ser actualizado y/o adaptado a las nuevas realidades futuras que puedan presentarse.

1.3.3. Espacial

La empresa Eficiencia dinámica S.R.L. se encuentra ubicado en el distrito de distrito de Ate, en la ciudad de Lima, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel de estudios sobre la gestión del mantenimiento se consultaron los siguientes trabajos de investigación que sirven de apoyo para el presente estudio:

2.1.1. Internacional

- Algarra, I., Sierra, C. (2018) *Estudio de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A.S.* Universidad Agustiniana, Bogotá, Colombia.

El problema de la tesis de basa en la necesidad de medir y controlar la efectividad de sus equipos, con el objetivo de crear acciones de mejoras, que permitan al sistema productivo ser eficiente y competitivo en el mercado colombiano. La tesis indicada muestra que a través de la mejora continua y mediante nuevas estrategias como el uso del indicador de Efectividad Global de los equipos permite el soporte adecuado para la toma de decisiones y el control respectivo para aumentar la productividad de la empresa.

Respecto al presente estudio, permitió el análisis del impacto de los indicadores en la organización y las operaciones, así como en la toma de decisiones.

- Matias, C. (2012) *Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização de capacidade de produção.* Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Esta investigación discute la aplicación de OEE en empresas cuya competitividad depende fuertemente de su capacidad para racionalizar el uso de la capacidad industrial y explora indicadores derivados de su uso.

La tesis indicada muestra que a través de la integración de la estrategia de producción con otras estrategias a través del uso del indicador de Efectividad Global de los equipos permite aumentar el desempeño global de la manufactura.

Respecto al presente estudio, permitió el análisis de la causa raíz en forma más eficaz.

- Ibáñez, C. (2019) *Diseño de propuestas de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos, S.A.* Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.

La base de la necesidad de encontrar nuevas mejoras en el área de producción dentro de la empresa puerto de humos S.A. se estableció como objetivo general para este proyecto de título desarrollar una propuesta de mejora para el área de producción, mediante la utilización de la técnicas de mejora continua, las 5s y manufactura esbelta, para aumentar la productividad, disminuir el desperdicio, tener un lugar de trabajo más limpio y aumentar la satisfacción laboral.

La tesis indicada muestra que a través de la determinación de los parámetros de funcionamiento se identifican los aspectos claves en la productividad de la empresa.

Respecto al presente estudio, permitió la estandarización para el levantamiento de las observaciones y el diagnóstico.

2.1.2. Nacional

- Ramos, A. (2018). *Gestión de Mantenimiento basado en la Eficiencia Global de Equipo, para Alcanzar Niveles de Clase Mundial en una Terminal Marítima de Contenedores.* Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.

El transporte marítimo de carga por contenedores, ha experimentado un crecimiento continuado de 10% en los últimos 20 años. Actualmente, más del 60% de la carga contenedorizada, se moviliza por los puertos del Perú. La demanda cada vez mayor y más exigente, influye directamente en la productividad y competitividad de los terminales portuarios, donde la gestión de mantenimiento del equipamiento

portuario, es factor determinante para alcanzar niveles óptimos de calidad y productividad. La tesis indicada se centra en la optimización de la gestión del mantenimiento del equipo portuario, utilizando la Eficiencia Global del Equipo para alcanzar los niveles de clase mundial.

Respecto al presente estudio, permitió determinar los parámetros sobre los cuales se llevarían a cabo los análisis de estado de la empresa y que permita facilitar la toma de decisiones.

- Cáceres, C. (2021). *Propuesta de Mejora de la Eficiencia Global de los Equipos orientado en el TPM para una Empresa Envasadora de Bebida Gasificada no Alcohólica*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

El diagnóstico final fue la falta metodología que permita eliminar las causas fundamentales de paradas imprevistas como averías de equipos, operacionales y desviaciones de calidad. La tesis indicada procura que a través de la mejora de los procesos a través de la gestión del mantenimiento se obtenga la mejora en el indicador de la Disponibilidad, incrementando su productividad.

Respecto al presente estudio, permitió determinar que a través de una adecuada gestión de mantenimiento se lograra mejorar la disponibilidad, además de permitir su aplicación en el desarrollo de la programación.

- Manini, R. (2019). *Diseño de Estrategias en Mantenimiento para el Aumento de la Productividad en una Flota de Carguío y Acarreo de un Proyecto Minero*. Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.

La tesis indicada analiza las estrategias de mantenimiento que ayudaran a elevar la productividad de la flota de carguío, optimizando los costos y mejorando el control de procesos. El objeto de estudio de este trabajo se ubica en la etapa de transición de construcción a explotación, donde ya se tienen varias facilidades habilitadas, como las vías de acarreo, instalaciones edificadas. Respecto al presente estudio, permitió el análisis e identificación de los equipos para desarrollar la estrategia más conveniente.

- Torres, N. (2019). *Propuesta de Mejora del proceso de embotellamiento basado en la metodología TPM, para lograr elevar la eficiencia del sistema productivo en el área de envasado en una cervecería, Arequipa - 2018*. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú.

Esta investigación tuvo como objetivo principal elaborar una propuesta de mejora del proceso de embotellamiento basado en la metodología TPM, La tesis presentada propone la mejora del proceso a través de la metodología TPM que ayudara a elevar la productividad eficiencia del sistema productivo, determinando indicadores claves.

Respecto al presente estudio, permitió el análisis e identificación de los indicadores relevantes para el proceso de mejora.

2.2. Bases teóricas

Para el objetivo del estudio, se tomarán los conceptos de la gestión del mantenimiento sobre las cuales se generará la metodología

- **Gestión del mantenimiento**

Llevar a cabo la correcta Gestión del Mantenimiento, es un claro indicador de beneficios para los resultados globales de las pequeñas, medianas y grandes compañías. El cual es una inversión, que genera beneficios y no un gasto. Los costos de Mantenimiento Industrial alcanzan entre un 30 y 60 % de los costos operativos, por consiguiente, su relevancia en la Industria es notable sobre los resultados económicos de las compañías, precisando una alta planificación y organización de su gestión. Los objetivos del Mantenimiento son garantizar la vida técnica de los equipos e instalaciones, lograr los objetivos presupuestarios, aplicar las tecnologías y métodos adecuados, además de hacer de los equipos más eficientes y seguros (Qualitymant 2021).

Indicadores de gestión de equipamiento

(Planificación y Programación del mantenimiento. Tecsup)

- Tiempo de Funcionamiento (TF) (%):

$$TF = TD - TPNF - TPP \quad (2.1)$$

TD: Tiempo total disponible: tiempo disponible de la maquinaria

TPNF: Tiempo planificado para no funcionar: lapso planeado para el mantenimiento preventivo

TPP: Tiempo de paradas de descanso

- Eficiencia en el trabajo (%):

$$\eta = \frac{HH.trabajadas - HH.retrabajos}{HH.trabajadas} \times 100 \quad (2.2)$$

- Porcentaje de horas paradas por emergencia (PMC) (%):

$$PMC = \frac{Horas.parada.por.MR}{Horas.de.funcionamiento} \times 100 \quad (2.3)$$

- Intensidad del mantenimiento preventivo (IMP) (%):

$$IMP = \frac{N^{\circ}.Ordenes.de.MP}{N^{\circ}.Ordenes.totales} \times 100 \quad (2.4)$$

- Tiempo promedio entre fallas (MTBF): Permite determinar la confiabilidad del equipo y determinar la probabilidad del periodo que el equipo puede realizar su función sin averías.

$$MTBF = \frac{N^{\circ}.horas.de.operacion}{N^{\circ}.paradas.correctivas} \quad (2.5)$$

- Tiempo promedio para reparación (MTTR): Probabilidad del tiempo que se necesita para que el equipo luego del fallo sea puesto en funcionamiento.

$$MTTR = \frac{Tiempo.total.reparaciones.correctivas}{N^{\circ}.reparaciones.corretivas} \quad (2.6)$$

- Nivel de cumplimiento de la planificación (NCP) (%):

$$NCP = \frac{Trabajos.ejecutados}{Trabajos.programados} \times 100 \quad (2.7)$$

- Ratio de averías repetitivas (RAR) (%):

$$RAR = \frac{N^{\circ}.averias.repetitivas}{N^{\circ}.averias.totales} x 100 \quad (2.8)$$

- Numero de fallas en el sistema (NFS) (%):

$$NFS = \frac{Paradas.produccion.averias}{Horas.teoricas.produccion} x 100 \quad (2.9)$$

- Horas – Hombre de emergencia (HHE) (%):

$$HHE = \frac{HH.trabajos.emergencia}{Horas.totales.mantenimiento} x 100 \quad (2.10)$$

- Disponibilidad (A) (%):

$$A = \frac{TON}{TO} x 100 \quad (2.11)$$

TON: Tiempo de Operación Neta

TO: Tiempo de Operación

Indicadores de gestión financieros

- Costos de mantenimiento por facturación (CMFAC) (%)

$$CMFAC = \frac{CTMN}{FAC} x 100 \quad (2.12)$$

CTMN: Costo total del mantenimiento en un periodo

FAC: Valor de la facturación total en el mismo lapso

Indicadores de gestión de costos: son aquellos que permiten verificar la relación de costos de conservación y los costos de presupuestos generales

- Indicador de reposición de equipos (IRE) (%):

$$IRE = \frac{costos.de.conservacion}{costos.de.reposicion} x 100 \quad (2.13)$$

- Cumplimiento de presupuesto (CP) (%):

$$CP = \frac{costo.real.de.conservacion}{costo.no\ min.a.pre\ sup\ uestado.empresa} x 100 \quad (2.14)$$

- Costo de mantenimiento por unidad de producción (CMU):

$$CMU = \frac{\text{costo.total.mantenimiento}}{\text{unidades.totales.producidas}} \quad (2.15)$$

- Costo hora de mantenimiento:

$$\$ = \frac{\text{costo.total.mantenimiento}}{HH.totales.trabajadas} \quad (2.16)$$

Indicadores de gestión de productividad: estos ayudaran a determinar la eficiencia en el uso de los recursos de la empresa

- Productividad (%):

$$P = \frac{\text{Tiempo.estimado.de.trabajos}}{\text{Total.de.horas.utilizadas}} \times 100 \quad (2.17)$$

- Rendimiento (R) (%):

$$R = \frac{TOU}{TON} \times 100 \quad (2.18)$$

TOU: Tiempo de Operación Utilizable

TON: Tiempo de Operación Neta

- Calidad (C) (%):

$$R = \frac{TPN}{TOU} \times 100 \quad (2.19)$$

TPN: Tiempo Productivo Neto

TOU: Tiempo de Operación Utilizable

- Efectividad global de los equipos (OEE):

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{T. calidad} \quad (2.20)$$

Indicadores de gestión de mano de obra

- Costo de una hora-hombre de mantenimiento (CHHM)

$$CHHM = \frac{\text{Total.de.planilla.de.mantenimiento}}{\text{Total.de.H-H}} \quad (2.21)$$

Indicador de factibilidad técnica y económica

- Evaluación de compra de equipo

$$A = \frac{P.i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.22)$$

2.3. Conceptual

Este estudio se basó sobre el ciclo administrativo el cual servirá de soporte para la dirección de la implementación, permitiendo afianzar los conceptos y componentes de la administración del departamento que se instauro. Centrado en el diseño y la implementación del departamento de gestión de mantenimiento en la empresa, que, a través de la gestión adecuada, y los puestos a definirse, en conjunto con las responsabilidades inherentes a su cargo para el adecuado manejo del mantenimiento, sus funciones con apoyo de la metodología de evaluación sistemática para el proyecto. Fundamentando adecuadamente la factibilidad del proyecto, empleando herramientas administrativas, financieras y de recursos humanos, considerando las habilidades y la documentación necesarias.

- **Efectividad global de los equipos;** una de las más relevantes técnicas de la gestión del mantenimiento para determinar el valor añadido a la producción a través de los equipos (Tecsup, 2018).
 - Clasificación OEE
 - OEE < 65% Inaceptable. Importantes pérdidas económicas.
 - 65% < OEE < 75% Regular. Aceptable si se está en proceso de mejora. Presente baja competitividad.
 - 75% < OEE < 85% Aceptable. Continúa con la mejora para alcanzar la Manufactura de clase mundial. Presenta ligeras pérdidas.
 - 85% < OEE < 95% Buena. Manufactura de clase mundial. Alta competitividad.
 - OEE > 95% Excelencia. Excelente competitividad.

- **Disponibilidad;** es el indicador que permite determinar el tiempo que un equipo está apto para su operación y producir respecto al número de horas en un periodo de tiempo.
- **Rendimiento;** es el indicador que permite determinar la performance de un proceso o equipo respecto a la capacidad de producción nominal.
- **Calidad;** es el indicador que permite determinar las perdidas por calidad de acuerdo a lo programado.

Cuadro 2.1 Métrica del desempeño

Nombre del Proyecto:		Diseño e Implementación del departamento de gestión del mantenimiento		
	Factor	Objetivo	Formula	Métrica
1	Indicador de tiempo	Disponibilidad	$A = \frac{TON}{TF} \times 100$	$A \geq 92 \%$
2	Indicador de performance	Rendimiento	$R = \frac{TOU}{TON} \times 100$	$R \geq 92 \%$
3	Indicador de calidad	Calidad	$C = \frac{TPN}{TOU} \times 100$	$C \geq 92 \%$
4	Indicador de efectividad productiva global	OEE	$OEE = A \times R \times C$	$OEE \geq 85 \%$

TON = Tiempo de operación neto.

TOU = Tiempo de operación utilizable.

TF = Tiempo de funcionamiento.

TPN = Tiempo productivo neto

2.4. Definición de términos básicos

Según El proceso de fabricación de la cerveza. Los cervecistas, de San Miquel, M. (2020), la producción de cerveza tiene los siguientes procesos generales:

- **Malteado;** Los granos de cereal, normalmente de trigo o cebada, se sumergen en agua para que comiencen a germinar y secarse con aire caliente poco después. Dependiendo del grado de tostado conseguiremos maltas más claras u oscuras, que aportarán el color de la cerveza.

- Molienda y maceración; El cereal se muele y mezcla con agua a temperatura adecuada para extraer el azúcar del grano y obtener así un mosto dulce.

El agua es el ingrediente mayoritario con más de un 90% del producto, por lo que la duración y temperatura durante el proceso influirá bastante en el tipo de cerveza final y su consumo.

- Cocción; El mosto se pone a hervir con el objetivo de eliminar las bacterias, y en este momento cuando se añade el lúpulo, ingrediente que aportará el aroma y amargor deseado.

La duración del proceso de cocción depende de cada receta, pero se suele prolongar algunas horas.

- Fermentación de la cerveza; El resultado pasa al fermentador, donde se añade la levadura. Sus enzimas transforman los azúcares de mosto en alcohol y marcan el perfil de la cerveza. Si la fermentación se produce a alta temperatura dará como resultado una cerveza de tipo Ale o de 'alta fermentación', mientras que, si se produce a baja temperatura, será una cerveza de tipo Lager o 'baja fermentación'.

- Maduración; El líquido resultante se mantiene un tiempo en un tanque de maduración, donde reposa en frío para que el sabor y los aromas logrados durante el proceso se estabilicen y el producto final mantenga el carácter deseado.

- Embotellado; La cerveza ya está lista. Se envasa en diferentes formatos mediante el uso de máquinas llenadoras para que luego puedan ser almacenadas y posteriormente distribuidas para su consumo.

Imagen 2.1 Planta de Backus



Fuente: elcomercio.pe (2014). Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/negocios/planta-backus-arequipa-numero-sab-miller-32403>

Para fines de este estudio se hará el enfoque en una línea del área de envasado de una cervecera, a continuación, veremos los equipos y procesos que componen esta área (Tecsop, 2018).

- Depaletizadora; En este punto un montacargas llega portando una paleta o “parihuela” de madera cargado de una torre de cajas llenas con botellas sucias, dejando la carga sobre un punto de acumulación el cual mediante un sistema de transmisión de rodillos es transportado hasta la depaletizadora, la cual se encarga de retirar las cajas de la paleta, haciéndolo desde la parte superior hasta el último nivel de la torre y colocando las cajas cargadas de botellas sobre un transportador de cajas.
- Desencajonadora; Este equipo mediante el uso de un sistema mecánico - neumático retira y separa las botellas sucias de las cajas que vienen desde la depaletizadora, las botellas son colocadas en un transportador de botellas, las cuales viajarán hasta la lavadora de botellas, mientras que las cajas son colocadas en un transportador de cajas para dirigir las cajas hasta una lavadora de cajas.
- Lavadora de botellas; Esta es la máquina más grande y compleja de esta área, a ella llegan las botellas sucias y pasan un proceso de limpieza mediante sumersiones en taques de soda y agua, además de inyecciones de agua a alta presión al pasar por los inyectores rotativos, este equipo tiene una capacidad de limpieza de unas 30 botellas por

segundo, el proceso culmina con la descarga de las botellas en un transportador de botellas limpias.

- Lavadora de cajas; Este equipo se encarga de lavar las cajas sucias, las cajas reciben un baño de vapor y agua caliente para finalmente descargar las cajas limpias que continúan su recorrido por los transportadores de cajas.

Imagen 2.2 Líneas de producción



Fuente: backus.pe (2019) galería foto 2/6. Recuperado de <http://backus.pe/nosotros/plantas-y-distribuidoras/plantas/planta-ate/>

- Transportadores de botellas y cajas; Es un sistema de transporte mediante el uso de cadenas de tablillas de acero inoxidable de medias 3 ¼ y de 7 ½ pulgadas, las botellas y las cajas son llevadas de un punto a otro a través de este sistema.
- Encajonadora; La encajonadora cumple una función inversa a la desencajonadora, en este punto se une las cajas limpias con las botellas llenas de producto envasado, para finalmente ser transportado hasta el almacén de producto terminado.
- Paletizadora; Al igual que la encajonadora y desencajonadora son máquinas gemelas, la paletizadora funciona de manera inversa a la depaletizadora, apila las cajas llenas en paletas para que sean transportadas por un montacargas hasta el almacén y estén a disposición para su pronta distribución.
- Llenadora; La llenadora de botellas es la encargada de envasar el producto terminado en botellas de diferentes presentaciones de acuerdo con el programa de envasado.

- Etiquetadora; Luego de pasar por el proceso de llenado, las botellas llegan al punto de etiquetado, después de recibir la etiqueta correspondiente se dirigen a la encajonadora, para ya ir finalizando el proceso de envasado

Los siguientes términos a continuación según Tecsup (2008) Planificación y programación de mantenimiento:

- Análisis de la Causa Raíz de las Fallas (RCFA); útil para determinar las causas que generan el advenimiento de fallas, o en su defecto dentro de un conjunto de fallas, la anomalía de mayor peso en cuanto al impacto operacional, económico y de seguridad. Se aplica con el objetivo de determinar las causas últimas que originan las fallas y sus consecuencias, con el fin de mitigarlas o suprimirlas definitivamente.
- Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA); permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan, clasificando las fallas por orden de importancia, permitiendo establecer las tareas de mantenimiento necesarias en las áreas que están generando un mayor impacto económico.
- Benchmarking; herramienta para la mejora de las prácticas dentro de los negocios para llegar a ser más competitivos dentro de un mercado.
- Backlog (Carga pendiente); es el tiempo que el equipo de mantenimiento debe trabajar para acabar todas las ordenes de trabajo pendientes, asumiendo que no se solicitara un nuevo servicio al grupo.
- Calidad: es el tiempo de la producción real menos la producción defectuosa entre la producción total.
- Calidad Total; significa un cambio de paradigmas en la manera de concebir y gestionar una organización. Uno de estos paradigmas fundamentales y que constituye su razón de ser, es el perfeccionamiento constante o mejoramiento continuo. La Calidad Total comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas.

- Ciclo administrativo; se basa sobre la planificación, organización, integración, la ejecución y por último el control de lo planeado; para el éxito de los objetivos impuestos al inicio del proyecto.
- Confiabilidad; es la probabilidad que un equipo funciones con normalidad en un plazo establecido en condiciones normales.
- Diagrama de Gantt; muestra el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Es útil para la relación entre tiempo y carga de trabajo.
- Diagrama de Pareto; representa el grado de importancia que poseen los diferentes factores de un determinado problema, considerando la frecuencia con que ocurren cada uno de dichos factores.
- Disponibilidad; Tiempo total disponible que se estuvo produciendo.
- Duración del trabajo; es el tiempo necesario para llevar a cabo la actividad.
- Estudio de métodos y tiempos; es el registro, análisis y examen crítico de los modos existentes y propuestos para llevar a cabo un trabajo en forma más sencilla y eficaz.
- Estimación del trabajo (Tiempo en el lugar del trabajo) + Preparación del trabajo + Tiempo de recorrido = Tiempo de trabajo neto + tolerancia (% del tiempo de trabajo neto).
- Herramientas de control; son los indicadores que permitirán evaluar el estado de la gestión y luego los avances de cada etapa, sean de gestión de equipos, costos, financiera o de mano de obra.
- Gestión del mantenimiento; consiste en coordinar, dirigir y organizar los recursos materiales, humanos y flujos de información destinados al correcto funcionamiento, y conservación de los equipos disponibles y la optimización de costos.
- Mantenibilidad; es la probabilidad que un equipo en falla sea reparado en el menor tiempo, según procedimientos estándares.
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM); es el análisis sistemático, objetivo y documentado, y su fin es que los esfuerzos de

mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos.

- Mantenimiento Correctivo (MC); estrategia en la cual la máquina funciona con una falla potencial sin embargo no se encuentra en estado de para total y teniéndose tiempo para una programación correctiva.
- Manufactura de clase mundial (WCM); se centra en la gerencia mixta, capaz de brindar los recursos necesarios para una mejora continua; además, una completa reestructuración de la organización, de las relaciones entre empleados y gerentes, y de los procesos de producción.
- Mantenimiento Preventivo (MP); estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones en las máquinas, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. Las intervenciones se realizan aun cuando la máquina esté operando satisfactoriamente.
- Mantenimiento Predictivo (MPd); estrategia de mantenimiento que busca por medio de la medición y el análisis de los diversos síntomas que la máquina emite al exterior establecer la condición mecánica de la máquina y su evolución en el tiempo. Una de sus grandes ventajas es que se lleva a cabo mientras la máquina está en funcionamiento y sólo se programa su detención cuando se detecta un problema y se desea corregir.
- Mantenimiento Proactivo (Mpro); con esta estrategia de mantenimiento se pretende maximizar la vida útil operativa de las máquinas y sus componentes, identificando y corrigiendo las causas que corrientemente originan las fallas.
- Mantenimiento Productivo Total (TPM); Es un sistema que garantiza la efectividad de los sistemas productivos cuya meta es tener cero perdidas a nivel de todos los departamentos con la participación de todo el personal en pequeños grupos, llamado mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento Reactivo (MR); estrategia con la cual se permite a la máquina funcionar hasta la falla y sólo hasta ese momento se decide realizar la reparación o reemplazo de ella.

- Rendimiento; es la representación del tiempo de la producción real entre la capacidad productiva.
- Wrench Time; es la porción de tiempo disponible para trabajar durante el cual los técnicos están trabajando productivamente y no detenidos por retardos.
- Herramientas de control; son los indicadores que permitirán evaluar el estado de la gestión y luego los avances de cada etapa, sean de gestión de equipos, costos, financiera o de mano de obra.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- Si se diseña e implementa el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista se cumplirá con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Si se implementa el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista se determinará el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos.
- Si se obtienen los indicadores de gestión y se realiza el análisis de fallas permitirá la generación del planeamiento y la programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera.
- Si se Implementa un plan de gestión de las comunicaciones se logrará una eficiente gestión del mantenimiento en la planta cervecera.

3.2. Definición conceptual de variables

- Variable independiente: Diseño e Implementación del departamento de gestión del mantenimiento. Contiene las acciones y especificaciones que se deben llevar a cabo para alcanzar los objetivos. Esta variable influye en el cumplimiento de la Efectividad Global de los Equipos en la planta cervecera del cliente.
- Variable dependiente: Cumplimiento de la Efectividad global de los equipos. Conjunto de herramientas claves en la mejora continua para lograr el planeamiento y la programación. Esta variable depende de la implementación del departamento de gestión del mantenimiento.

3.2.1. Operacionalización de variable

Cuadro 3.1 Operacionalización de variable

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍNDICES	TÉCNICA Y MÉTODOS
Variable independiente Diseño e Implementación del departamento de gestión del mantenimiento	Estudio de la organización	<ul style="list-style-type: none"> Informe de estado de la organización 	<ul style="list-style-type: none"> Inconforme Conforme 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los registros y reportes.
	Creación del departamento de gestión del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Acta de creación del departamento de gestión del mantenimiento aprobado 	<ul style="list-style-type: none"> No aprobado Aprobado 	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque de solución y contrastación de indicadores.
	Diseño del plan de gestión del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Plan de gestión del mantenimiento aprobado 	<ul style="list-style-type: none"> No aprobado Aprobado 	<ul style="list-style-type: none"> Programación, inspección de rutas y caracterización de procesos.
Variable dependiente Efectividad Global de los equipos	Eficiencia y disponibilidad de los equipos	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad 	A ≥ 92 %	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de tiempo de operación neta.
		<ul style="list-style-type: none"> Rendimiento 	R ≥ 92 %	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de tiempo de operación utilizable.
		<ul style="list-style-type: none"> Calidad 	C ≥ 92 %	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de tiempo productivo neto.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación realizado para la tesis según objetivos o propósito es del tipo aplicado, porque se tiene como objetivo la obtención de una estrategia que permita el logro de las metas de estudio a través del conocimiento científico. Se considera también que el nivel de investigación es descriptiva, porque se determina que es un estudio estructurado que permitirá la caracterización con fin de establecer su estructura, según el estudio de Además, se considera que el diseño es Experimental, motivo por el cual se somete a la variable independiente a nuevas condiciones, según el estudio de Arias, 2006.

4.2. Método de investigación

El estudio será desarrollado mediante el método de investigación deductivo (Arias, 2006); Porque las conclusiones generales serán obtenidas de acuerdo a los aspectos particulares del presente estudio, por consiguiente, la variable independiente mostrará su relevancia sobre la variable dependiente.

Determinados los conocimientos necesarios para desarrollar una estrategia adecuada para la planificación, ejecución y control en la empresa cliente. Identificadas las actividades de mantenimiento y determinada su ejecución en el tiempo cada vez que se haga un servicio de evaluación y puesta en marcha de un plan de gestión de mantenimiento para una planta de manufactura de cerveza de la empresa cliente. El empleo de los principales indicadores permitirá evaluar los resultados de las actividades de mantenimiento, como sistemas de control. Usando una filosofía de trabajo que permitirá identificar actividades que no aportan valor a las tareas y generen pérdidas de tiempo, con la finalidad de eliminarlas y optimizar el mantenimiento.

Se Utilizará el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) que determinará las estrategias de mantenimiento evaluando las

consecuencias de las fallas; que tiene como objetivo que los equipos alcancen un alto nivel de confiabilidad y disponibilidad; utilizando sus componentes como herramientas fundamentales para la planificación y control de la producción, en busca de la excelencia y reducción de costos. Determina las funciones, fallas funcionales y modos de falla de los equipos. Agrupando los modos de falla según sus consecuencias. Utilizando el RCM permitirá diseñar un plan de mantenimiento que permita optimizar los costos de las actividades de mantenimiento.

Luego se buscará optimizar las pérdidas de tiempo en el período de trabajo al definir el tiempo de reemplazo preventivo óptimo para los componentes en un sistema reparable. Generándose información sobre los tipos de fallas experimentados por las partes y sistemas para planificar, investigar y desarrollar propuestas para minimizar las fallas. Estableciéndose las fallas que ocurren para preparar las acciones necesarias para atender rápidamente esos eventos.

Luego de establecer las fallas se analizarán, con la finalidad de encontrar cual es la causa raíz del problema, eliminarlas y elevar la confiabilidad de los equipos. Así conocer los análisis que permitan prevenir las próximas fallas en los sistemas críticos. Y generando una metodología adecuada que permita dar soluciones a los problemas.

Finalmente, se trabajará con el método de la Ruta de la calidad el cual permitirá una priorización de las fallas de acuerdo a su impacto en el desarrollo de los procesos de la planta. La factibilidad de la aplicación del predictivo en una maquina luego de su análisis de criticidad.

4.3. Población y muestra

Población fue la línea de producción de cerveza y muestra es la producción de la línea en un periodo de 24 horas en la planta de manufactura de cerveza.

4.4. Lugar de estudio

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la empresa cliente de manufactura de cerveza. Ate – Lima, Perú.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La investigación se realizó con el apoyo de las siguientes técnicas y sus instrumentos:

- Técnica documental;
 - Instrumentos: Formatos de control, informes y base de datos.
- Técnica empírica;
 - Instrumentos: Observación, entrevistas.

Procedimientos de recolección de información

- **Fuente primaria;** la recolección de datos se realizó a través de mediciones y análisis en la planta cervecera de la empresa cliente, además de las áreas internas de nuestra empresa.
- **Fuente secundaria;** la recolección de datos e información externa del estudio se obtuvo a través de la información de tesis y trabajos de investigación y de bases de datos de universidades.

4.6. Análisis y procedimientos de datos.

Los datos fueron recopilados a través de las siguientes fuentes:

- Toma de datos de proceso de servicio en planta cervecera; realizados a través de la recopilación de los datos mediante el área de supervisión de la empresa.
- Toma de datos estadísticos; realizados a través de la recopilación de la información de los archivos de mantenimiento y realizados por la empresa.
- Reunión con los supervisores de mantenimiento de la empresa cliente (cervecera); se realizaron reuniones con los supervisores responsables de la empresa para determinar las necesidades y problemáticas presentadas en el área de mantenimiento.

Procesamiento estadístico; el procesamiento estadístico se obtuvo a través de la generación de cuadros, gráficos y formatos para la presentación de los resultados de cada evaluación.

Análisis de datos; el análisis de datos se llevó a cabo en base a los resultados obtenidos, y de acuerdo a ello se establecieron las correlaciones de las variables.

Las principales técnicas de análisis de datos utilizadas para el presente estudio son:

- Estadística descriptiva; mediante la frecuencia de los datos recopilados y medidas de tendencia.
- Tasas; permitirá determinar la relación entre el número de eventos y el número total de lo observado.

V. RESULTADOS

En esta sección se detalla el desarrollo de la investigación del proyecto.

5.1. Resultados descriptivos

Se definieron 2 etapas, primero la determinación del diseño del departamento de mantenimiento en la empresa y luego el planeamiento y la programación de mantenimiento en la línea de envasado, esta última en la empresa cliente.

5.1.1. Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento

Se establece en primer lugar el acta de creación del departamento de gestión del mantenimiento el donde se establecen los alcances básicos y el responsable de su cumplimiento. Luego se determinan los roles y funciones, la factibilidad técnica y económica del estudio, además de cuáles serán los procesos.

a) Acta de creación del departamento de gestión del mantenimiento

El acta contemplara toda la información relevante del proyecto. (Véase el cuadro 5.1, en la página 38).

b) Requisitos básicos para la implementación del departamento

El departamento de gestión para su óptimo funcionamiento requiere ser implementado cumpliendo ciertos requisitos básicos; para alcanzar un mínimo nivel de confiabilidad y que asegure un adecuado nivel de mantenimiento de la maquinaria.

Estos requisitos o requerimientos pueden ser definidos como sigue:

- Estudio de la organización definiendo necesidades, capacidades y sistema de administración interna.
- Creación de la orgánica técnico-administrativa con la cual trabajará el equipo de trabajo, definiendo las responsabilidades del personal de la organización.

- Análisis de la maquinaria involucrada en los servicios, definiendo técnicas de diagnóstico y forma de aplicación de ellas. Las técnicas a implementar serán analizadas para cada máquina en particular, ya que las características propias de ella determinarán la mejor forma en las que pueden ser analizadas.

Cuadro 5.1 Acta de creación del departamento

ACTA DEL PROYECTO			
FECHA: 23/05/2019			
Cliente:	Proceso interno		
Proyecto:	Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento		
Área	1.3.2.7	Responsable del proyecto	Gerente de operaciones
Documentación	ED-21-2018	Presupuesto	30,000.00
Tiempo de entrega	60 días	Prioridad	Urgente
Fecha de inicio:	23/05/2019	Fecha de finalización:	05/08/2019
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> Definir Roles, funciones y responsabilidades. Generar los formatos de gestión. Determinar el procedimiento para el cálculo de la factibilidad técnica y económica de la compra de equipos para el desarrollo de mantenimiento predictivo de los clientes. Procesos de la implementación de los planes de mantenimiento. Generar el plan de gestión del mantenimiento. 			
APROBACIÓN:			
Gerente General			

- Capacitación del personal acorde a sus funciones en el proceso de mantenimiento. Será necesario definir los perfiles profesionales de cada integrante de la organización, a fin de determinar la capacitación requerida por cada uno de ellos.

c) Determinar los roles, funciones y responsabilidades.

○ **Gerente de Mantenimiento:**

Funciones: procesos de gestión del departamento, incluido la ejecución, gestión, revisión, validación y manejo de la información.

Responsabilidades:

- Garantizar el cumplimiento de la totalidad del flujo de mantenimiento de la unidad.

○ **Supervisor de planeamiento y mantenimiento:**

Funciones: planeamiento, programación, análisis y aprobación de los trabajos programados, análisis, diseño y aprobación de los trabajos programados, las actividades de mantenimiento periódicas incluyendo las no programadas.

Responsabilidades:

- Control y monitoreo de los equipos a los cuales se realiza el mantenimiento.
- Analizar críticamente y conjuntamente con el Supervisor de mantenimiento y el Analista de planeamiento los informes recibidos y las acciones propuestas.
- Determinar y ejecutar el planeamiento debido al equipamiento y el mantenimiento adecuado a estos.
- Garantizar el monitoreo del mantenimiento programado, y control de los informes.
- Manejo y recopilación de los informes de mantenimiento para su registro histórico.
- Definir los equipos en los cuales serán realizados los programas de mantenimiento y las tareas a realizarse conforme la definición corporativa, y las periodicidades a tomarse.

- Analizar críticamente y conjuntamente con el Supervisor de planeamiento y el Analista de planeamiento los informes recibidos y las acciones propuestas.
 - Garantizar la totalidad de la ejecución del mantenimiento programado (validar junto al AP la prioridad de cada acción).
 - Inspeccionar cada intervención del mantenimiento programado, además de garantizar la prioridad de los ítems de mantenimiento.
- **Analista de planeamiento:**
 Funciones: levantamiento y análisis de data necesarias para la gestión del mantenimiento.
 Responsabilidades:
- Aperturar las OS y programar la actividad de mantenimiento.
 - Garantizar la entrega de cada informe de mantenimiento.
 - Garantizar el mantenimiento de todos los equipos determinados en el plan de mantenimiento.
 - Efectuar el análisis de los informes junto a los supervisores, además de verificar las soluciones planteadas en el informe.
 - Garantizar la totalidad de la programación del mantenimiento, y validar la prioridad junto al supervisor de mantenimiento.
 - Garantizar el adecuado archivamiento de los registros, además del registro de históricos de los equipos en cada una de las intervenciones en el SM.
 - Auditar cada intervención de mantenimiento, realizando en el Feedback y garantizando la priorización de la fidelidad del mantenimiento, además de comunicar al supervisor de mantenimiento las anomalías en el SM.
- **Técnico de mantenimiento:**
 Funciones: ejecución de las tareas de mantenimiento al equipo de planta determinadas por el departamento.
 Responsabilidades:
- Realizar todas las tareas de mantenimiento programadas.

- Informar al supervisor de mantenimiento las anomalías graves identificadas en el mantenimiento.
- Ejecutar las debidas correcciones necesarias, coordinando con el supervisor de mantenimiento.

d) Generación de los formatos de gestión

Todos los formatos generados para los servicios que llevara a cabo el departamento de mantenimiento servirán para la gestión del mantenimiento con los clientes (Véanse los cuadros 10.4 a 10.15, en las páginas 95 a 106).

e) Informe del estado de la organización

Una vez determinado e implementado el departamento de gestión del mantenimiento en la empresa contratista se podrán llevar a cabo los servicios en la empresa cliente, en este caso una empresa de manufactura de cerveza para su línea de envasado. (Véase el cuadro 5.2, en la página 42).

f) Procesos de la implementación de los planes de mantenimiento en la planta de manufactura de cerveza

Se considera:

- Elaborar los parámetros para la concepción del Plan de Mantenimiento, en los equipos críticos en las líneas productivas de la empresa cliente.
- Presentar el concepto de inspección preventiva en la forma con que el programa será gestionado por la unidad.

Parámetros de evaluación:

- **El principio del Monitoreo de condición de las máquinas**
Identificar cambios en las condiciones de las máquinas que pueden indicar potenciales fallos. Se identifican características físicas que colectivamente indican la condición actual de la máquina. Cada una de estas características es medida, analizada y almacenada, de forma que se puedan reconocer tendencias.

Cuadro 5.2 Informe del estado de la organización

INFORME DEL ESTADO DE LA ORGANIZACIÓN				
ASUNTO	Evaluación del estado de la organización			
Preparado por:	Gerente de operaciones			
Aprobado por:	Gerente General	Fecha	18	05 2019
Estado	Inconforme	Sustento	Acta N° A-12-MO-25	
Descripción				
Se determinó a través de las evaluaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de evaluación de equipos: 75% Conforme. • Análisis del plan de mantenimiento: 40% Inconforme • Análisis de las condiciones de trabajo: 66% Inconforme • Análisis del cumplimiento de la programación: 60% Inconforme • Análisis de los indicadores del mantenimiento: 20% Inconforme • Análisis de la conclusión del servicio: 50% Inconforme • Análisis de costos de servicio: 70% Inconforme • Análisis de logística y suministros: 80% Conforme • Análisis de respuesta a los servicios: 75% Conforme 				
Recomendación				Estado
<ul style="list-style-type: none"> • Planeamiento y la programación de mantenimiento en la línea de envasado 				Urgente
Hitos				
<ul style="list-style-type: none"> • Acta de evaluación del estado de la organización • Informe de la factibilidad técnica y económica de la compra de equipos para mantenimiento predictivo • Plan de gestión del mantenimiento 				
Firma				
Gerencia General		Gerencia de operaciones		

○ **Ciclo del Mantenimiento Preventivo**

- La máquina deberá ser periódicamente monitoreada a través de las diferentes Técnicas de Diagnóstico que se hayan definido e implementado para su análisis.
- El análisis, que deberá ser efectuado por personal idóneo, tanto por sus conocimientos en la máquina como en las técnicas de diagnóstico, definirá la necesidad de incrementar los intervalos de medición o de programar una reparación.
- Si el análisis ha definido la necesidad de efectuar la reparación de la máquina, ésta se llevará a cabo de acuerdo a lo programado.

Una vez ejecutado el trabajo será necesario tomar una nueva medición de parámetros, a fin de evaluar el óptimo funcionamiento de la máquina y que éstos se constituyan como "línea base" (referencia) del futuro estudio de tendencias.

- Por último, la máquina volverá a su monitoreo periódico, hasta que se produzca una nueva alarma operacional.

○ **Diagnóstico de fallas**

El objetivo es determinar cuál es el problema específico que se ha presentado cuando se indica que se ha producido algún cambio en los valores de las magnitudes monitoreadas. Interesa saber si dicho cambio se debe a variaciones de las condiciones de operación de la máquina o es debido a alguna falla. Si es esto último, interesa saber cuál es la falla específica, pues de ello dependerá la decisión de cuando intervenir la máquina. La identificación del elemento fallado permite además al personal de mantenimiento planear cada reparación con menos tiempo de detención según la Determinación de la consecuencia de Falla. (Véase el Gráfico 10.1, en la página 108).

g) Determinar la factibilidad técnica y económica de la compra de equipos para el desarrollo de mantenimiento predictivo

Se determinó el costo de implementación utilizando la herramienta del CAUE y según la información del Cuadro Costos de Equipamiento para Análisis Predictivo. (Véase el Cuadro 10.16, en la página 107).

- Evaluación de la compra del equipo

Inversión inicial: \$ 94 120.00

Valor de salvamento \$ 21 300.00

Costos de mantenimiento (anual) \$ 1 000.00

Beneficios: \$ 133 980.00

(Véase la fórmula 2.22, en la página 22)

$$A = \frac{F.i}{(1+i)^n - 1}$$

$$A_1 = -1000.00$$

$$A_2 = \frac{-94120. (0.1)(1 + 0.1)^5}{(10.1)^5 - 1} = -24828.62$$

$$A_3 = \frac{21300. (0.1)}{(1 + 0.1)^5 - 1} = 3488.89$$

$$A_4 = \frac{133980. (0.1)}{(1 + 0.1)^5 - 1} = 21945.59$$

$$CAUE_C = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$CAUE_C = -1\ 000.00 - 24\ 828.62 + 3\ 488.89 + 21\ 945.59$$

$$CAUE_C = -394.14$$

- Evaluación del alquiler del servicio

Inversión: \$ 48 991.00

Beneficios: \$ 133 980.00

$$A_1 = \frac{-48991. (0.1)(1 + 0.1)^5}{(1 + 0.1)^5 - 1} = -12923.70$$

$$A_2 = \frac{133980. (0.1)}{(1 + 0.1)^5 - 1} = 21945.59$$

$$CAUE_S = A_1 + A_2$$

$$CAUE_S = -12\ 923.70 + 21\ 945.59$$

$$CAUE_S = 9\ 021.89$$

Se concluye que de acuerdo a la evaluación no es factible la compra de equipos para el departamento de mantenimiento predictivo, sería más conveniente realizarlo a través de contratación de terceros; se determina que este servicio no formará parte de la propuesta de la empresa.

5.1.2. Generación del plan de gestión del mantenimiento de una planta de manufactura de cerveza

a) Estudio de la organización

- **Consideraciones actuales, toma de información y enfoque de solución.**

Este estudio se centra en la necesidad de que una planta de manufactura de bebidas de mediana capacidad la cual no cuenta con

un departamento de mantenimiento y con la siguiente información obtenida:

- Producción de cerveza: 419 640.00 Hectolitros/año.
- Ventas anuales brutas: S/. 75 535 200.00.
- Perdidas por parada de producción: S/. 18 000.00/hora.
- Días hábiles disponibles: 305.
- Días producidos: 269.
- Horas no producidas por paradas no programadas: 240h/año
- Perdidas por producción por paradas no programadas: S/. 4 320 000.00
- Días no producidos por paradas programadas: 26
- Costo de reposición de maquinaria (Valor estimado de reemplazo): 12 millones de soles.
- Costos de mantenimiento planta (anual): S/. 2 776 760.00.
- Costos de mantenimiento línea (anual): S/. 540 000.00.

- **Enfoque de solución**

El cliente propuso que se desarrolle un plan de gestión del mantenimiento para la línea de envasado de cerveza, considerando:

- Disminución del ratio del costo de presupuesto en 11 % en el periodo de un año.
- Elevar la disponibilidad en un 3.8 % en el periodo de un año.
- Elevar la efectividad global de los equipos en 3.5 % en el periodo de un año.

b) Evaluación del estado de la organización luego de la implementación de los planes de mantenimiento

Al término de la implementación se llevó a cabo el estudio del estado de la organización para determinar la nueva situación. (Véase el Cuadro 5.3, en la página 46).

Cuadro 5.3 Informe del estado de la organización luego de la implementación

INFORME DEL ESTADO DE LA ORGANIZACIÓN				
ASUNTO	Evaluación del estado de la organización			
Preparado por:	Gerente de operaciones			
Aprobado por:	Gerente General	Fecha	03	09 2019
Estado	Inconforme	Sustento	Acta N° A-17-MO-41	
Descripción				
Se determinó a través de las evaluaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de evaluación de equipos: 75% Conforme. • Análisis del plan de mantenimiento: 80% Conforme • Análisis de las condiciones de trabajo: 66% Inconforme • Análisis del cumplimiento de la programación: 60% Inconforme • Análisis de los indicadores del mantenimiento: 80% Conforme • Análisis de la conclusión del servicio: 75% Conforme • Análisis de costos de servicio: 70% Inconforme • Análisis de logística y suministros: 80% Conforme • Análisis de respuesta a los servicios: 75% Conforme 				
Recomendación				Estado
<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de las mejoras llevadas a cabo, y mejora continua 				Estable
Hitos				
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión del mantenimiento 				
Firma				
Gerencia General		Gerencia de operaciones		

- **Toma, cálculo y análisis de los indicadores de gestión**
 - **Cálculo de indicadores de gestión de equipamiento**
 - Tiempo de Funcionamiento (TF), (Véase la fórmula 2.1, en la página 19):

$$TF = 7320.h - 624.h - 0.h = 6696.h$$

- Eficiencia en el trabajo (%), (Ec. 2.2, pág.19):

$$\eta = \frac{17280.h - .2073.h}{17280.h} \times 100 = 88.00\%$$

Basado en el Benchmarking de rendimiento óptimo debe estar por encima del 90%.

- Porcentaje de horas paradas por emergencia (PMC) (%), (Véase la fórmula 2.3, en la página 19):

$$PMC = \frac{168.h}{7320.h} \times 100 = 2.30\%$$

- Intensidad del mantenimiento preventivo (IMP) (%), (Véase la fórmula 2.4, en la página 19):

$$IMP = \frac{140}{180} \times 100 = 77.77\%$$

Según el Benchmarking del desempeño del mantenimiento debe estar en 80%.

- Nivel de cumplimiento de la planificación (NCP) (%), (Véase la fórmula 2.7, en la página 19):

$$NCP = \frac{150}{200} \times 100$$

$$NCP = 75.00 \%$$

Según el Benchmarking del desempeño del mantenimiento debe estar en 100%.

- Ratio de averías repetitivas (RAR) (%), (Véase la fórmula 2.8, en la página 20):

$$RAR = \frac{18}{116} \times 100$$

$$RAR = 15.52 \%$$

- Numero de fallas en el sistema (NFS) (%), (Véase la fórmula 2.9, en la página 20):

$$NFS = \frac{116}{7320} \times 100$$

$$NFS = 1.58 \%$$

- Horas – Hombre de emergencia (HHE) (%), (Véase la fórmula 2.10, en la página 20):

$$HHE = \frac{1008.HH}{17280.HH} \times 100 = 5.83\%$$

- Disponibilidad (%), (Véase la fórmula 2.11, en la página 20):

$$A = \frac{5907.h}{6696.h} \times 100 = 88.22\%$$

La disponibilidad del equipamiento se encuentra en un rango aceptable, pero se busca que este se encuentre en el rango de disponibilidad según TPM.

- Tiempo promedio entre fallas (MTBF), (Véase la fórmula 2.5, en la página 19):

$$MTBF = \frac{7320.h}{168.h}$$

$$MTBF = 43.57 \text{ h}$$

Existen paradas no programadas muy frecuentes causadas por el mantenimiento reactivo.

- Tiempo promedio para reparación (MTTR), (Véase la fórmula 2.6, en la página 19):

$$MTTR = \frac{168.h}{116.h}$$

$$MTTR = 1.45 \text{ h}$$

El tiempo promedio de reparación debe tender a disminuir con una mejor capacitación.

- **Cálculo de indicadores de gestión financieros**

- Costos de mantenimiento por facturación (CMFAC), (Véase la fórmula 2.12, en la página 20)

$$CMFAC = \frac{2.776.760}{75.535.200} = 3.68\%$$

- **Cálculo de indicadores de gestión de costos**

- Indicador de reposición de equipos (%), (Véase la fórmula 2.13, en la página 20):

$$IRE = \frac{540.000}{12.000.000} \times 100 = 4.50\%$$

- Cumplimiento de presupuesto (%), (Véase la fórmula 2.14, en la página 20):

$$CP = \frac{2.776.760}{2.517.850} \times 100 = 110.28\%$$

Determina que se está gastando más del presupuestado.

- Costo hora de mantenimiento, (Véase la fórmula 2.16, en la página 21):

$$\$ = \frac{2.776.760}{17.280} = 160.69 \text{ soles/hora mantto}$$

- **Cálculo de indicadores de gestión de productividad:**

- Productividad (%), (Véase la fórmula 2.17, en la página 21):

$$P = \frac{624.h}{696.h} \times 100 = 89.66\%$$

- Calidad (%), (Véase la fórmula 2.19, en la página 21):

$$C = \frac{5463.h}{5555h} \times 100 = 98.34\%$$

Según el Benchmarking del desempeño del mantenimiento debe superar el 92%.

- Rendimiento (%), (Véase la fórmula 2.18, en la página.21):

$$R = \frac{5555.h}{5907.h} \times 100 = 94.04\%$$

Según el Benchmarking del desempeño del mantenimiento debe superar el 92%.

- **Cálculo de indicadores de gestión de mano de obra**

- Costo de una hora-hombre de mantenimiento (CHhM), (Véase la fórmula 2.21, en la página.21)

$$CHhM = \frac{24.000}{3.840}$$

$$CHhM = S/. 6.25/HH$$

- Efectividad global de los equipos (OEE), (Véase la fórmula 2.20, en la página.21):

$$OEE = 88.22 \% \times 94.04 \% \times 98.34 \% = 81.59\%$$

El estado de la planta es aceptable no obstante debe estar en un mínimo del 85 % según los estándares de Manufactura de clase mundial (MCM).

- **Contrastación de los indicadores de gestión**

Cuadro 5.4 Contrastación de los indicadores de gestión obtenidos según benchmarking

CUADRO DE INDICADORES			
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	ESTÁNDAR	
Disponibilidad (A) (%)	88.22%	90	95
Eficiencia en el trabajo (%)	88.00%	92	+
Porcentaje de horas paradas por emergencia (PMC) (%)	2.30%	1	-
Intensidad del mantenimiento preventivo (IMP) (%)	77.77%	80	+
Horas – Hombre de emergencia (HHE) (%)	5.83%	2	-
Costos de mantenimiento por facturación (CMFAC) (%)	3.68%	2	3
Indicador de reposición de equipos (%)	4.50%	2	3
Cumplimiento de presupuesto (%)	110.28%	90	100
Costo hora de mantenimiento (S/)	160.69	-	-
Productividad (%)	89.66%	90	+
Rendimiento (R) (%)	94.04 %	92	+
Calidad (C) (%)	98.34 %	92	+
Efectividad global de los equipos (OEE) (%)	81.59%	85	95
Costo de una hora-hombre de mantenimiento (CHHM) (S/)	6.25	-	-

Cuadro 5.5 Cálculo de productividad y rendimiento de los equipos

	Símbolo	Formula	Operación	Resultado
Tiempo total disponible	TD			7230 h
Tiempo planificado para no funcionar	TPNF			624 h
Tiempo de paradas de descanso	TPP			0 h
Tiempo de funcionamiento	TF	$TF = TD - TPNF - TPP$	$TF = 7230 \text{ h} - 624 \text{ h} - 0 \text{ h}$	6696 h
Utilización	U	$U = (TF/TD) \times 100\%$	$U = (6696 \text{ h}/7230 \text{ h}) \times 100\%$	91.48 %
Tiempo de preparaciones y ajustes	TPA			549 h
Tiempo de operación	TO	$TO = TA - TPA$	$TO = 6696 \text{ h} - 549 \text{ h}$	6147 h
Disponibilidad planificada	DP	$DP = (TO/TF) \times 100\%$	$DP = (6147 \text{ h}/6696 \text{ h}) \times 100\%$	91.80 %
Parada no planificada	TPNP			240 h
Tiempo de operación neto	TON	$TON = TO - TPNP$	$TON = 6147 \text{ h} - 240 \text{ h}$	5907 h
Grado de funcionamiento	GF	$GF = (TON/TO) \times 100\%$	$GF = (5907 \text{ h}/6147 \text{ h}) \times 100\%$	96.10 %
Disponibilidad	A	$A = (TON/TF) \times 100\%$	$A = (5907 \text{ h}/6696 \text{ h}) \times 100\%$	88.22 %
Funcionamiento sin producción y paradas menores	TFSP			57 h
Perdida o menor velocidad	TMV			295 h
Tiempo de operación utilizable	TOU	$TOU = TON - TFSP - TMV$	$TOU = 5907 \text{ h} - 295 \text{ h} - 57 \text{ h}$	5555 h
Rendimiento	R	$R = (TOU/TON) \times 100\%$	$R = (5555 \text{ h}/5907 \text{ h}) \times 100\%$	94.04 %
Defectos del proceso	TDP			92 h
Tiempo productivo neto	TPN	$TPN = TOU - TDP$	$TPN = 5555 \text{ h} - 92 \text{ h}$	5463 h
Calidad	C	$C = (TPN/TOU) \times 100\%$	$C = (5463 \text{ h}/5555 \text{ h}) \times 100\%$	98.34 %
Productividad efectiva total	PET	$PET = (U) \times (A) \times (R) \times (C)$	$PET = (91.48) \times (88.22) \times (94.04) \times (98.34)$	74.63 %
Efectividad total de los equipos	OEE	$OEE = (A) \times (R) \times (C)$	$OEE = (88.22) \times (94.04) \times (98.34)$	81.59 %
Efectividad neta total	NEE	$NEE = (GF) \times (R) \times (C)$	$NEE = (96.10) \times (94.04) \times (98.34)$	88.87 %

Nota:

Tiempo total disponible: tiempo disponible de la maquinaria

Tiempo planificado para no funcionar: lapso planeado para el mantenimiento preventivo

Tiempo de funcionamiento: tiempo de maquinaria en funcionamiento

Utilización: ratio de uso de la maquinaria

Tiempo de preparaciones y ajustes: lapso de ajuste de la maquinaria o cambio de formatos

Tiempo de operación: tiempo de producción

Parada no planificada: tiempo de paradas reactivas

Funcionamiento sin producción y paradas menores: tiempo de prueba o paradas pequeñas

Pérdida o menor velocidad: pérdida de velocidad o disminución de velocidad de la línea de producción

Tiempo de operación utilizable: tiempo de producción incluyendo los productos no aptos

Defectos del proceso: tiempo que se utilizó para la producción de no aptos

c) Diseño del plan de gestión del mantenimiento

Se procedió con la programación tomando en primer lugar la Hoja de criticidad en detalle (Véase el Cuadro 5.7, en la página 53), el registro de la Ficha técnica del equipo, la Descomposición del equipo en sus sistemas y componentes más importantes, se genera el RCM, en su hoja de información y otra de toma de decisiones, se procede a generar la hoja de lista de trabajos a llevarse a cabo en el equipo, y una Hoja de planificación para cada una de ellas, luego de la Orden de trabajo, se procede a las tareas de mantenimiento.

Considerando también la información de los Cuadros de inspección de ruta, además la Caracterización de procesos de mantenimiento preventivo (Véase el Cuadro 10.22, en la página 115).

- Relación de equipos que forman parte del área de envasado

Cuadro 5.6 Área envasada de cerveza

EQUIPOS	DATOS TÉCNICOS
Paletizadora MODULPAR 3 ^a	360 ciclos/h
Encajonadora LINAPAC II 420	420 ciclos/h
Lavadora de cajas KEK	1 500 cajas/h
Rotuladora UNIVERSELLA	24 000 botellas/h
Pasteurizador SANDER HANSEN	20 000 botellas/h
Inspector de nivel LINATRONIC 774	15 000 botellas/h
Llenadora MECAFILL VKP 123	11 700 botellas/h
Inspector de botellas LINATRONIC 714	20 000 botellas/h
Lavadoras botellas LAVATEC KES	15 000 botellas/h
Inspector de cajas CHECKMAT KLK	3 000 cajas/h
Desencajonadora LINAPAC II 470	440 ciclos/h
Despaletizadora MODULPAR 3A	360 ciclos/h

- Formato a utilizar para determinar la criticidad de los equipos. (Véase el Cuadro 10.3, en la página 94).
- Determinación de los equipos críticos

Cuadro 5.7 Criticidad área envasado de cerveza

EQUIPOS	1	2	3				4	5	6	7	8	TOTAL	CRIT
			A	B	C	D							
Paletizadora	2	2	1	0	1	0	2	2	1	0	1	12	B
Encajonadora	2	2	1	1	1	0	0	2	1	0	1	11	B
Lavadora de cajas	2	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	8	B
Inspector de cajas	2	2	1	0	0	0	0	2	1	2	1	11	B
Virador de cajas	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	6	C
Rotuladora	4	2	1	0	1	0	0	2	1	0	1	12	B
Pasteurizador	4	3	1	1	1	1	2	2	1	0	1	17	A
Inspector de nivel	4	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	9	B
Coronadora	4	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0	10	B
Llenadora	4	3	1	1	1	0	2	2	1	0	1	16	A
Inspector de botellas	4	3	1	0	0	0	2	2	1	2	1	16	A
Lavadoras botellas	4	3	1	0	1	1	2	2	1	0	1	16	A
Desencajonadora	2	2	1	1	1	0	0	2	1	0	1	11	B
Despaletizadora	2	2	1	0	1	0	2	2	1	0	1	12	B

Se determinaron los siguientes equipos críticos los cuales según el análisis y la escala de referencia obtuvieron una nominación mayor a los 14 puntos:

- Pasteurizador SANDER HANSEN
- Inspector de botellas LINATRONIC 714
- Lavadoras botellas LAVATEC KES
- Llenadora MECAFILL VKP 123/87

Equipo elegido para el ejemplo de análisis: Llenadora MECAFILL VKP 123, según el Cuadro de Ficha Técnica (Véase el Cuadro 10.18, en la página 110). Deberá considerarse el Cuadro Historial del equipo (Véase el Cuadro 10.19, en la página 111) para determinar el sistema de mantenimiento a realizar.

○ **Selección de los modos de falla**

La selección se llevó a cabo siguiendo el siguiente procedimiento:

- **Priorización de los ítems de la planta;** Se determinaron los modos de falla a través de la priorización de los ítems y establecer la criticidad de los equipos, donde la disponibilidad, confiabilidad y operatividad son de importancia primaria.

- **Descomposición de los ítems de la planta;** los equipos de alta criticidad son descompuestos en ítems para determinar los sistemas, subsistemas y componentes que conforman el equipo.
- **Priorización de los ítems significativos;** solo a los ítems significativos se realizaron las tareas del RCM y las estrategias debidas para cada uno.
- **Determinar las funciones de cada ítem;** se identificaron las funciones primarias de cada componente, así como se verificó las posibles funciones secundarias de estas, para identificar con mayor facilidad las fallas funcionales.
- **Determinar las fallas funcionales de cada función;** se identificaron las fallas que conllevan a las pérdidas de función.
- **Establecer los modos de falla de cada falla funcional;** se analizaron las fallas funcionales para determinar los modos de fallas (causa raíz de la ocurrencia de las fallas).

Se procedió:

- Antes de realizar cualquier análisis primero se realizó la Descomposición del Equipo (Véase el Gráfico 5.1, en la página 58).
 - Realizando el análisis respectivo la máquina llenadora, obtienen los resultados de la Hoja de información RCM (Véase el Cuadro 5.9, en la página 59).
- **Determinación de las consecuencias de cada modo de falla**
Las tareas son dependientes de la consecuencia de la falla considerándose 4 categorías.
- **Consecuencias operacionales:**
 - Naturaleza económica (pérdida de producción y costo de reparación).
 - La estrategia debe ser económica y técnicamente factible.
 - De lo contrario la estrategia será el correctivo o el rediseño.

- **Consecuencias no operacionales:**
 - Naturaleza económica, su efecto negativo sólo se relaciona al costo de reparación de la falla.
 - Estrategia de no ser factible económica y técnicamente será correctivo o rediseño.
- **Consecuencias sobre seguridad y ambiente:**
 - Involucra directamente a la seguridad y medio ambiente.
 - No está limitada por la economía.
 - La estrategia será la preventiva y si el riesgo no se reduce a niveles aceptables y se debe rediseñar (no se acepta la falla).
- **Consecuencias por fallas escondidas:**
 - La seguridad y el ambiente se relacionan indirectamente.
 - Puede causar falla múltiple.
 - Puede darse en dispositivos de seguridad.

Se procedió:

- Para determinar la consecuencia de la Falla (Véase el Gráfico 10.1, en la página 108).
 - Como resultado del análisis se obtuvo las Consecuencias de modos de fallas (Véase el Cuadro 5.10, en la página 60). En donde se muestran las consecuencias de cada modo de falla para la máquina llenadora.
- **Selección de las tareas de mantenimiento y desarrollo del plan de mantenimiento para los equipos**
- Se determinaron cuales tareas son las más adecuadas para el equipo crítico, para elevar la disponibilidad del equipo considerando la rentabilidad técnica, económica, las tareas de reacondición programadas y las tareas de reemplazo programadas que son las basadas en el uso del equipo. Se seleccionaron las tareas de mantenimiento a desarrollar, determinando las listas de trabajo, hoja de planificación, el programa de mantenimiento de la máquina, generando la orden de trabajo y estimando la dotación del personal

necesario para la actividad, este determinado sobre la carga pendiente de trabajo (Backlog).

Luego se determinaron las Inspecciones de ruta para los equipos (Véanse el Cuadro 10.20, en la página 113 y el Cuadro 10.21, en la página 114). Selección según la Selección de tarea preventiva (Véase el Gráfico 10.2, en la página 109).

- **Selección de tareas de mantenimiento**

Las tareas de mantenimiento se emiten mediante una Orden de trabajo (Véase el Cuadro 5.8, en la página 57), se estima la dotación del personal necesario para la actividad según el Wrench Time.

- **Determinación del Wrench Time**

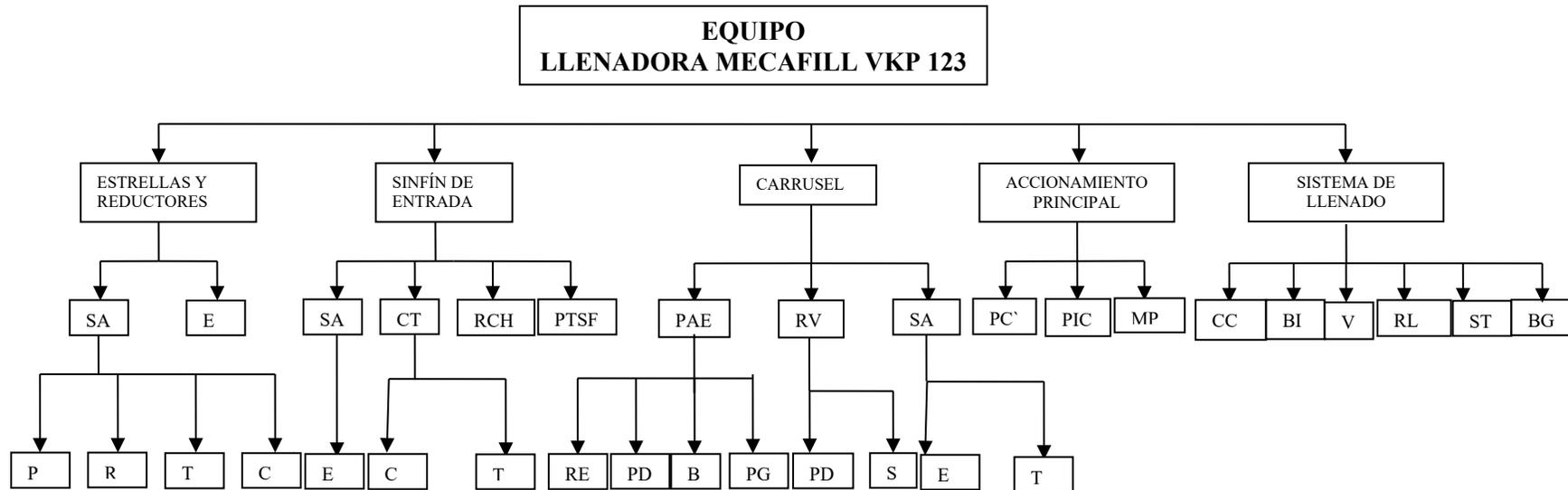
El personal de mantenimiento trabaja 8 horas al día, considerando alimentación de 60 minutos en una hora adicional del trabajo. De 7:00 a 7:20 se realizan reuniones diarias del turno de mantenimiento (supervisores, analistas y técnicos), considerando 10 minutos de traslado y obtención de herramientas y en coordinación con supervisión tardan 5 minutos por mantenedor al día, adicional por tareas de rutina los electrónicos necesitan 30 minutos al día, los electricistas 48 minutos y los mecánicos 60 minutos para la atención a otros equipos de la planta.

- Horas-hombre disponibles por día para mecánicos de mantenimiento: 6.33 H-h/día (164.58 H-h/mes)
- Horas-hombre disponibles por día para electricistas de mantenimiento: 6.53 H-h/día (169.78 H-h/mes)
- Horas-hombre disponibles por día para electrónicos de mantenimiento: 6.83 H-h/día (177.58 H-h/mes)

Cuadro 5.8 Orden de trabajo

NUMERO DE OT	E-0910218				
I. DATOS DEL EQUIPO Y DE LA ACTIVIDAD					
Código	ULL-L01		Tipo de mantenimiento		Preventivo
Nombre	Llenadora MECAFILL VKP 123		Tipo de falla		Potencial
Ubicación	Envasado cerveza		Criticidad		A
Tipo de OT	Mantenimiento		Ponderación		16
II. FECHAS Y TIEMPOS					
Fecha de emisión	14/10/2019	Hora	08:15	Fecha entrega	16/10/2019
Fecha de inicio	16/10/2019	Hora	07:30	Duración estimada (min)	260
Fecha de termino	16/10/2019	Hora	11:50	Duración real (min)	278
III. RESPONSABLES					
Emitido		Solicitado		Autorizado	
Supervisor de Planeamiento y mantenimiento		Analista de planeamiento		Gerente de mantenimiento	
IV. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO					
Nº	Operación	Herramientas		Repuestos	Observaciones
1	Desmontaje de guías	Juego de Llaves mixtas		Guías de transportadores tipo C	2 pc
2	Desmontaje de cadenas	Llave francesa 10", juego de llaves mixtas		Juego de cadenas	2 pc
3	Desajuste de engranajes	Llave francesa 10" y 12", juego de llaves mixtas			
4	Instalación de nuevo de engranajes	Llave francesa 10", juego de llaves mixtas		Engranaje nuevo	1 pc
5	Ajuste y tensión de cadenas	Llave francesa 10", juego de llaves mixtas			
6	Alineamiento de cadenas	Nivel			
7	Montaje de guías	Juego de Llaves mixtas			
V. SUMINISTROS					
Código	Descripción			Cantidad estimada	
437896538	Guías de transportadores tipo C			2	
578961238	Cadenas de transportadores rectas			2	
267895436	Engranaje			1	
VI. PERSONAL REQUERIDO					
Nombre	Código	Hr normales		Hr extras	
	5367892	4			
	5789463	4			
VII OBSERVACIONES					

Gráfico 5.1 Descomposición del equipo



Descomposición del equipo:

SA: SISTEMA DE ACCIONAMIENTO
 E: ESTRELLA
 P: POLEA
 R: RODAMIENTO
 T: TEMPLADOR
 C: CADENA

CT: CAJA DE TRASMISIÓN
 PTSF: PERNOS TORNILLO SINFÍN
 EN: ENGRANAJES
 RE: RESORTES
 PD: PISTA DE DESGASTE
 B: BASE
 PAE: PISTA DE ABERTURA Y CIERRE DE VALVULA

RV: REGLA DE VALVULA
 PG: PINOS GUÍAS
 S: SOPORTE
 TR: TRANSMISIÓN
 PC: POLEAS Y CORREAS SINCRÓNICAS
 PIC: PIÑONES Y CADENAS
 MP: MOTOR PRINCIPAL

CC: CILINDRO DE COMANDO
 BI: BIGODE
 V: VÁLVULAS
 RL: RODILLO DE LEVA
 ST: SOPORTE DE TULIPAB
 BG: BLOQUEADOR DE GAS

Cuadro 5.9 Hoja de información RCM

Hoja de información RCM II		Equipo: Llenadora MECAFILL VKP 123		N° 1		Realizado por: Analista de planeamiento		Fecha: 07/10/2019		Hoja 1 de 2
		Componente: Sistema de llenado		Ref.		Revisado por: Supervisor de planeamiento y mantenimiento		Fecha 07/10/2019		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas				
1	Apertura de válvulas de llenado de botellas	A	Mal llenado	1	Desgaste de pista de apertura de la válvula	El desgaste de la pista de la válvula provoca el mal accionamiento de la mariposa de apertura y ocasiona un mal llenado.				
		B	Falla en el llenado	1	Excesivo juego en la guía de la válvula	El juego posee una apertura que excede el límite permisible por lo que la válvula no encaja en la batería fallando el llenado				
2	Ingreso de botellas en forma equidistante hacia la estrella de ingreso	A	Traba de botellas al ingreso	1	Desgaste en la bocina de alojamiento	El desgaste en la bocina provoca la constante traba de las botellas por el desalineamiento al ingreso de la estrella				
3	Transporte de las botellas de sin fin de entrada	A	Caída de botellas en transportador	1	Exceso de holgura en cadena de faja transportadora	La falta de ajuste y tensión en la cadena conlleva a que esta se traslape en ocasiones con las cadenas continuas ocurriendo la caída de las botellas.				
4	Lubricación de cadenas transportadoras de sistemas de accionamiento	A	Traba de cadenas en sistema de accionamiento	1	Fuga de lubricante en junta de acople	El desgaste de la junta de acople permite la fuga del lubricante llevando con baja presión a las zonas a lubricar.				

Cuadro 5.10 Consecuencias de modos de falla

RCM II Hoja de decisión			Activo: Llenadora MECAFILL VKP 123		Línea 01	Fecha: 12/10/2019	Hoja: 1
			Componente: Sistema de llenado		Sistema N° 1001-5	Fecha 12/10/2019	De: 1
Referencia de información			Consecuencia	Tareas a falta de ...	Tarea propuesta	Frecuencia Inicial	Realizado por
Falla	Falla funcional	Modo de falla					
1	A	1	Falla operacional	Inspección de ruta	Reemplazo de pistas de apertura desgastado	25 min	Mecánico
1	B	1	Falla operacional	Ajuste periódico	Reajuste de la guía de las válvulas	35 min	Mecánico
2	A	1	Falla operacional	Cambio de pieza	Reemplazo de bocina desgastada	15 min	Mecánico
3	A	1	Falla operacional	Ajuste periódico	Ajuste y alineamiento de la cadena	10 min	Mecánico
4	A	1	Falla operacional	Cambio de pieza	Cambio del retén de secado del lubricante	8 min	Mecánico

- **Cálculo de la dotación de personal**

- Dotación de personal para la carga actual de trabajo para la línea

$$Dot = \frac{Ct}{H - h_D}$$

- Dotación: mecánicos de mantenimiento:

$$Dot = \frac{2189.H}{164.58H - h} = 14h$$

Se determina la necesidad de 14 mecánicos para las labores.

- Dotación: electricistas de mantenimiento:

$$Dot = \frac{528.H}{169.78H - h} = 3h$$

Se determina la necesidad de 3 electricistas para las labores.

- Dotación: electrónicos de mantenimiento:

$$Dot = \frac{264H}{177.58H - h} = 2h$$

Se determina la necesidad de 2 electrónicos para las labores.

Luego de obtenido el Wrench Time y la dotación de personal se calcula la Carga de trabajo (Backlog) (Véase el Cuadro 5.11, en la página 62).

- **Carga pendiente (Backlog)**

Determinándose una carga pendiente de 180 órdenes de trabajo en equivalencia a 2189 horas y una dotación de 14 mecánicos, 528 horas con una dotación de 3 electricistas y 264 horas con una dotación de 2 electrónicos:

$$TD: (Dot \times WT)$$

$$Backlog: Cp/TD$$

- Tiempo disponible del departamento mecánica:

$$TD_M: (14 \times 6.33) = 88.62 \text{ h/día}$$

Backlog_M: 2189 h / 80.62 h/día = 24.70 días

- Tiempo disponible del departamento electricidad:

$$TD_E: (3 \times 6.53) = 19.59 \text{ h/día}$$

$$\text{Backlog}_E: 528 \text{ h} / 19.59 \text{ h/día} = 26.95 \text{ días}$$

- Tiempo disponible del departamento electrónica:

$$TD_E: (2 \times 6.83) = 13.66 \text{ h/día}$$

$$\text{Backlog}_{EI}: 264 \text{ h} / 13.66 \text{ h/día} = 19.33 \text{ días}$$

Se emite una Lista de trabajos (Véase el Cuadro 5.13, en la página 64), luego se emite una Hoja de planificación de los trabajos (Véase el Cuadro 5.14, en la página 66), luego se detalla la tarea pertinente en la Orden de mantenimiento (Véase el Cuadro 5.15, en la página 67), o emitiéndose una Orden de servicio (Véase el Cuadro 5.16, en la página 68).

Cuadro 5.11 Carga de trabajo

EQUIPOS	H-h MECÁNICOS	H-h ELECTRICISTAS	H-h ELECTRÓNICOS
Paletizadora	60.00	10.00	10.00
Encajonadora	80.00	15.00	10.00
Magazine de cajas	20.00	3.00	2.00
Lavadora de cajas	40.00	10.00	10.00
Virador de cajas	15.00	-	-
Rotuladora	60.00	15.00	15.00
Pasteurizador	480.00	120.00	60.00
Inspector de nivel	3.00	5.00	3.00
Coronadora de botellas	10.00	5.00	2.00
Llenadora de botellas	80.00	20.00	10.00
Inspector de botellas	60.00	15.00	15.00
Lavadoras botellas	360.00	80.00	40.00
Inspector de cajas	2.00	2.00	3.00
Desencajonadora	60.00	15.00	10.00
Despaletizadora	60.00	15.00	10.00
Transportadores	600.00	150.00	40.00
Tolerancia	199.00	48.00	24.00
H-h totales Línea	2189.00	528.00	264.00

Cuadro 5.12 Programación de trabajos

CUADRO						MAQUINA LLENADORA MECAFILL VKP 123																														
MES:																																				
DÍAS LABORABLES																																				
TAREA	FREC.	DÍAZ	RESP.	CA1N1T.	DURAC.	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	RC1	DÍA	1	Elec.	1	15	15	15	15	15	15		15	15	15	15	15	15		15	15	15	15	15		15	15	15	15	15	15		15	15		
2	RC3	2SEM	14	Elect.	1	30	30													30														30		
3	RL1	DÍA	1	Mec.	1	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	
4	RA1	SEM	7	Mec.	1	15			15						15							15												15		
5	RA2	MEN	30	Elec.	1	30												30																		
6	RI1	DÍA	1	Mec.	1	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	
7	RI2	SEM	7	Elect.	1	20				20							20																20			
8	MC	DÍA	1	Mec.	2	30	30	30	30	30	30		30	30	30	30	30	30		30	30	30	30	30	30		30	30	30	30	30	30		30	30	
DURACIÓN DIARIA						95	65	80	65	85	65	0	65	65	80	65	85	95	0	95	65	80	65	85	65	0	65	65	80	65	85	65	0	95	65	
PROM DIARIO:						75																														
R= Rutina RI= Inspección RL= Lubricación RA= Ajuste RC= Limpieza						RC1: Limpieza exterior al sistema eléctrico RC3: Limpieza al sistema electrónico RL1: lubricación de guías										RA1: Ajuste de tornillo de anclaje RA2: Ajuste de guías de válvulas RI1: Inspección del sistema hidráulico RI2: Inspección del tablero de control										MC: Mantenimiento correctivo Elec.: Electricista de mantenimiento Elect.: Electrónico de mantenimiento Mec.: Mecánico de mantenimiento										

Horas-hombre necesarias para mecánicos de mantenimiento: 35.67 H-h

Horas-hombre necesarias para electricistas de mantenimiento: 7.00 H-h

Horas-hombre necesarias para electrónicos de mantenimiento: 2.83 H-h

Cuadro 5.13 Lista de trabajos

Código del equipo	ULL L-01		Responsable	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	
Nombre del equipo	Llenadora MECAFILL VKP 123		Fecha	15/10/2019	
Código de la actividad	Tipo de trabajo	Frecuencia (días)	Duración estimada (minutos)	Asignación	
				Usuario	Mantenimiento
RI-01	Inspección de transportadores	30	15	Operador	
RI-02	Inspección de llenadora en parada	30	60	Operador	
RA-01	Ajuste de válvulas	7	60		Mantenimiento
PO-01	Revisión de fugas	30	120	Operador	
GR-01	Cambio de sistema de transmisión	180	240		Mantenimiento
GC-01	Reparación de válvulas solenoides	45	240		Mantenimiento
RA-02	Ajuste de conjunto de estrellas	14	90		Mantenimiento
RI-03	Inspección de caja de transmisión	30	80	Operador	
RL-01	Lubricación de engranajes de sistema de accionamiento	14	25	Operador	
RC-01	Limpieza de cadenas sinfín	7	15	Operador	
GR-02	Cambio de mariposa de entrada	180	45		Mantenimiento
RI-04	Inspección de eje motriz y conducido	30	15		Mantenimiento
GR-03	Cambio de curva magnética	180	23		Mantenimiento
GR-04	Cambio de cadena de tablillas	60	25	Operador	
GR-05	Cambio de chumaceras	120	45		Mantenimiento
GR-06	Cambio de platina de bronce	30	8	Operador	
RI-05	Revisión de unidad de mantenimiento de aire	60	18		Mantenimiento
GC-03	Reparación de sistema de conducción	60	65		Mantenimiento
Tipo de trabajo					
R = rutina	RI = Inspección RL = Lubricación		P = Mantenimiento predictivo PV = Vibraciones PT = Temperatura		

RA = Ajuste	PR = Ruido
RC = Limpieza	PT = Aceite
G = Mantenimiento global	
GR = Cambio	
GC = reparación	
	O = Overhaul

Cuadro 5.15 Orden de mantenimiento

ORDEN DE MANTENIMIENTO					
Orden N°	OM-E-I0110045			Equipo	Llenadora Mecafill VKP 123
Área	Envasado - Célula B			Estatus	Parada
Tipo de mantenimiento	Mantenimiento preventivo			Frecuencia	Periódica
				Fecha	16/10/2019
Responsable	Supervisor de planeamiento y mantenimiento			Aceptación del responsable	
Descripción del trabajo: Substitución de anillos elásticos de seguridad					
Servicios a ser ejecutados (Operaciones)					
020	Substitución de anillos de seguridad de rolas de levantadores de llenadora Mecafill VKP 123				
Duración	120 min		Periodicidad	3 meses	
Ejecutante	Nombre		Hora inicio	Hora fin	Hora inicio real
104520			08:35	10:35	08:37
Materiales					
Operación	Código	Unidad	Cantidad	Descripción	Costo (U\$)
020	10159688	10	UN	O-Ring; 34,2x3 mm	40.03
020	15386799	38	UN	O-Ring; 34,3x2.47 mm	76.54
020	15687392	1	UN	Tubo guía interno: acero	22.45
020	12789356	1	UN	Fijador; bronce 48 mm	10.51
020	12379366	1	UN	Tapa; latón	8.39
020	18751654	22	UN	Casquillo guía; plástico	43.88
020	13789653	5	UN	Tornillo; cabeza hexagonal; M16x1,25x70	15.49
Costo total					217.29
Servicios Complementarios			Observaciones		
Recomendaciones			Herramientas especiales		

Cuadro 5.16 Orden de servicio

Orden N°	ORDEN DE SERVICIO				
Tiempo (min.)	120	Tipo de mantenimiento	Preventivo	Célula	B
Área	Envasado	Prioridad	C	Periodicidad (días)	30
Status:	Movimiento	Equipo	Llenadora		
Ejecutante	Técnico de mantenimiento				
Feedback			Materiales		
Nombre:			Código:		
Fecha:			Cantidad:		
Inicio:			Descripción:		
Fin:					
OS concluida					
OS en proceso					
OS no ejecutada		Falta de material	Área no disponible	Falta de entrenamiento	Falta de tiempo
		No autorizado	Servicio mal planificado	Sin procedimiento	Condiciones del entorno
		Sin acceso	Otros		
Tareas	Herramientas especiales				
	Ninguna				
Recomendación de SSO		Equipos de protección personal necesarios			
Procedimiento					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar inspección de acuerdo a formato entregado por supervisor 2. Asignar en formato para cada equipamiento, subconjunto conforme ítem verificado en columna del formato 3. Describa en el campo las anomalías encontradas 4. Informe el material y los recursos necesarios para la ejecución de dicho servicio 5. Analizar si es posible eliminar alguna anomalía durante producción, asepsia o set up 6. Firmar y colocar la fecha en el registro 7. Solicitar análisis de anomalías y conformidad técnica del supervisor 8. Eliminar con autorización del supervisor, las anomalías posibles durante la producción, asepsia o set up 9. Concluir la retroalimentación en la OS y registrar los servicios de monitoreo de ruta 10. Entregar el registro al supervisor 					
Observaciones					
Histórico					
Conformidad del servicio			Ejecutante	Técnico de mantenimiento	
Analista de planeamiento			Supervisor de planeamiento y mantenimiento		

d) Establecimiento de la Ruta de la calidad.

Objetivo funcional:

Obtener la máxima disponibilidad funcional de los sistemas o equipamientos que constituyen la línea productiva de la planta, aplicando el planeamiento y programación necesarios para obtener los mejores y más altos índices de productividad.

o El problema

- Listado de problemas
 - 1) Falla en el llenado de las botellas
 - 2) Mal enjuague de botellas
 - 3) Paradas en pasteurización
 - 4) Trabado en mesa de carga
 - 5) Explosión de botellas
 - 6) Caída de botellas
 - 7) Exceso de rechazos en inspector de nivel.
 - 8) Retraso en proceso cerveza

Desarrollo de la técnica del grupo nominal y el desarrollo de la matriz de selección (Véanse el Cuadro 5.17 y el Cuadro 5.18, en la página 69 y 70).

Cuadro 5.17 Técnica de grupo nominal (TGN)

Problemas	Supervisor	Supervisor	Analista	Analista	Total	Ponderación
Falla en el llenado de botellas	7	8	8	8	31	1
Mal enjuague de botellas	5	5	6	7	23	3
Paradas en pasteurización	8	7	7	6	28	2
Trabado en mesa de carga	3	3	1	2	9	7
Explosión de botellas	2	2	3	3	10	6
Caída de botellas	1	1	2	1	5	8
Exceso de rechazos en inspector de nivel.	4	6	5	5	20	4
Retraso en proceso cerveza	6	4	4	4	18	5

Cuadro 5.18 Matriz de selección

Problemas	Costos de mantenimiento o (30 %)	Efecto sobre equipos (30 %)	Ahorros (20 %)	Dificultad de implementación (20 %)	Total	Ponderación
Falla en el llenado de botellas	2 2 2 1 210	5 5 2 5 510	5 5 5 5 400	2 1 2 2 140	1260	2
Mal enjuague de botellas	2 5 2 2 330	1 2 1 2 180	2 5 5 5 340	5 5 2 2 280	1130	4
Paradas en pasteurización	5 5 5 5 600	2 2 2 5 330	5 5 5 5 400	5 2 5 2 280	1610	1
Exceso de rechazos en inspector de nivel.	2 2 2 2 240	2 2 2 2 240	5 5 5 5 400	2 5 2 2 330	1210	3
Retraso en proceso cerveza	5 2 5 5 510	2 1 2 2 210	5 5 5 5 400	1 2 2 2 140	1260	2

- **Escoger e inspeccionar el problema**

El efecto de parada ocurre en el proceso de pasteurización pues es una maquina crítica el cual afecta toda la producción.

Cuadro 5.19 Inspección del problema

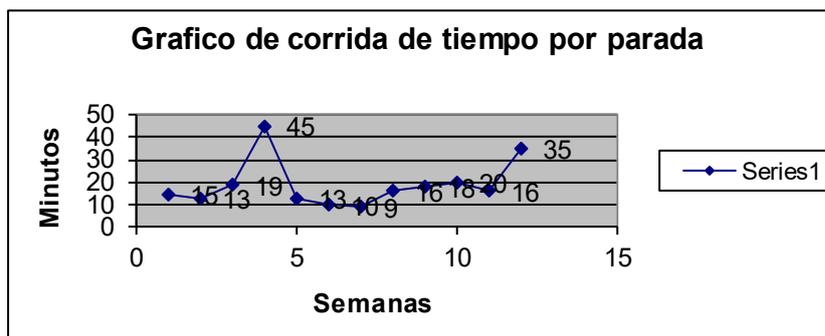
Paradas en pasteurización		
Criterio	Si	No
Tiene solución implícita		X
Expresado como efecto	X	
Es medible	X	
Es de calidad de producto, servicio o uso de recursos	X	

- **La observación**

Se determinaron los problemas prioritarios:

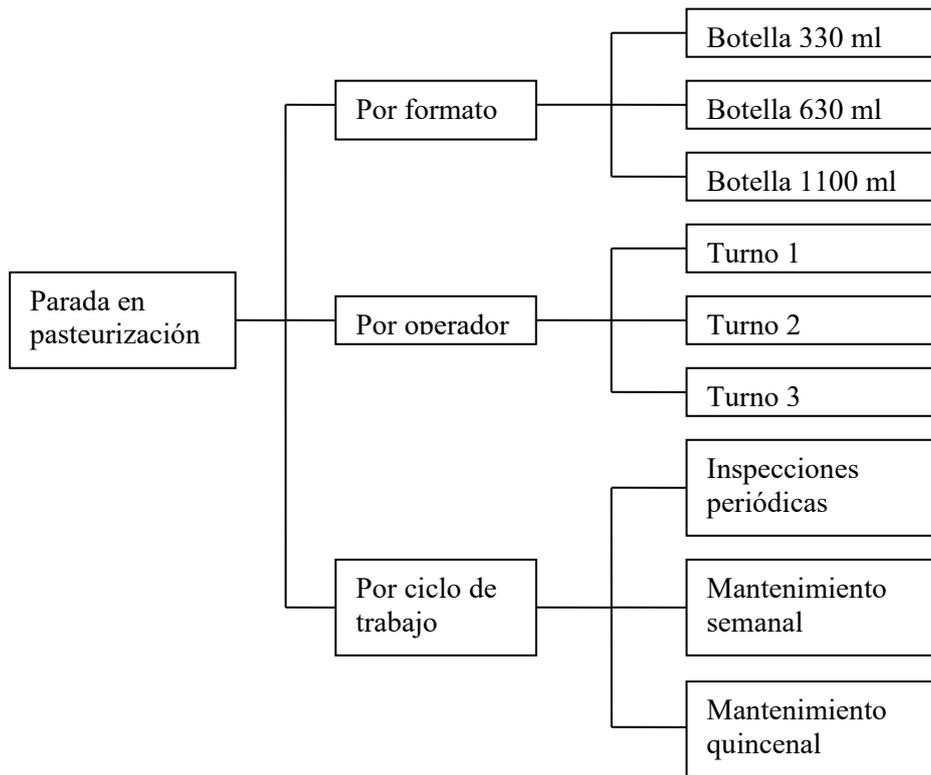
- Clarificar y cuantificar el problema

Gráfico 5.2 Corrida de tiempo por parada



- Subdividir el problema

Gráfico 5.3 Subdivisión del problema



- Escoger subdivisión y seleccionar estratos

Gráfico 5.4 Pareto por formato

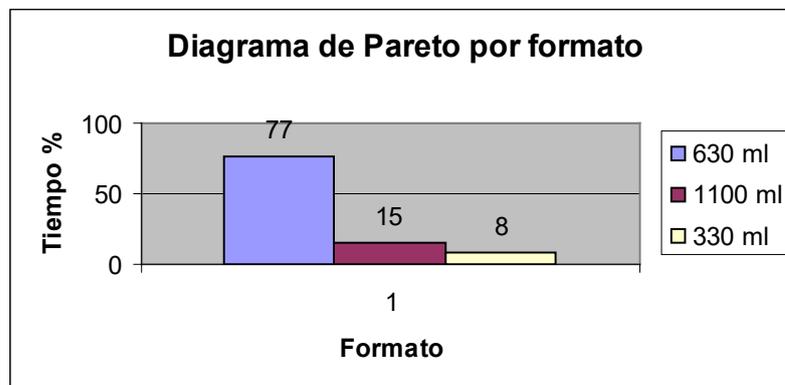


Gráfico 5.5 Pareto por turno

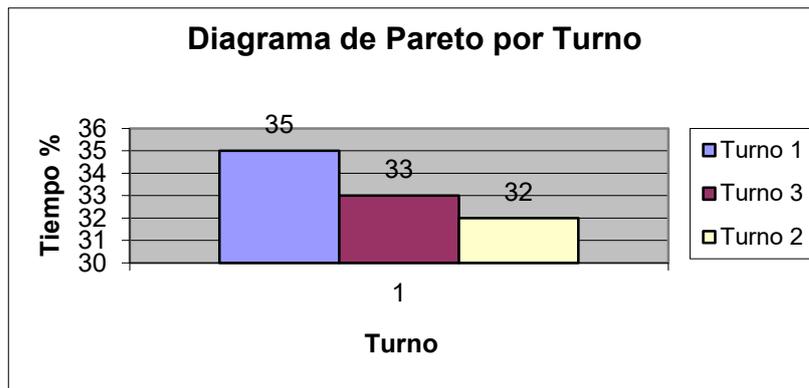
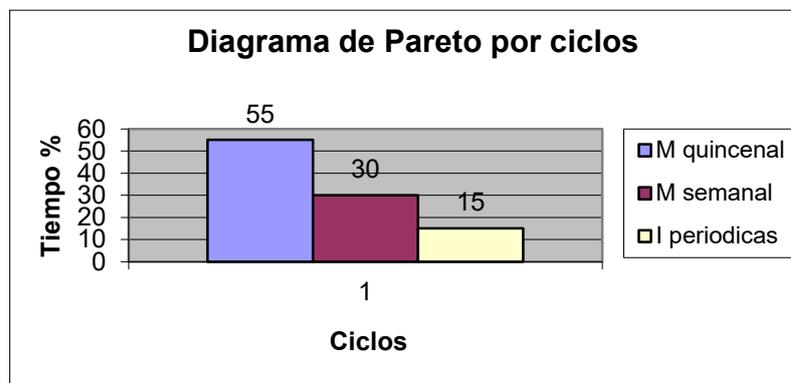


Gráfico 5.6 Pareto por ciclos



- **Analizar las causas en su raíz**
 - Listando causas por cada estrato elegido
 - 1) Mantenimiento quincenal
 - a. Falla en la Bomba
 - b. Grellas móviles salidas
 - c. Rodamientos deteriorados
 - d. Fuga en los manifolds
 - e. Guías de ingreso deterioradas
 - f. Falla en sistema hidráulico
 - 2) Mantenimiento semanal
 - a. Grellas móviles salidas
 - b. Rodamiento trabado
 - c. Guías de ingreso deterioradas
 - Agrupando las causas por afinidad

Gráfico 5.7 Agrupación de causas por afinidad

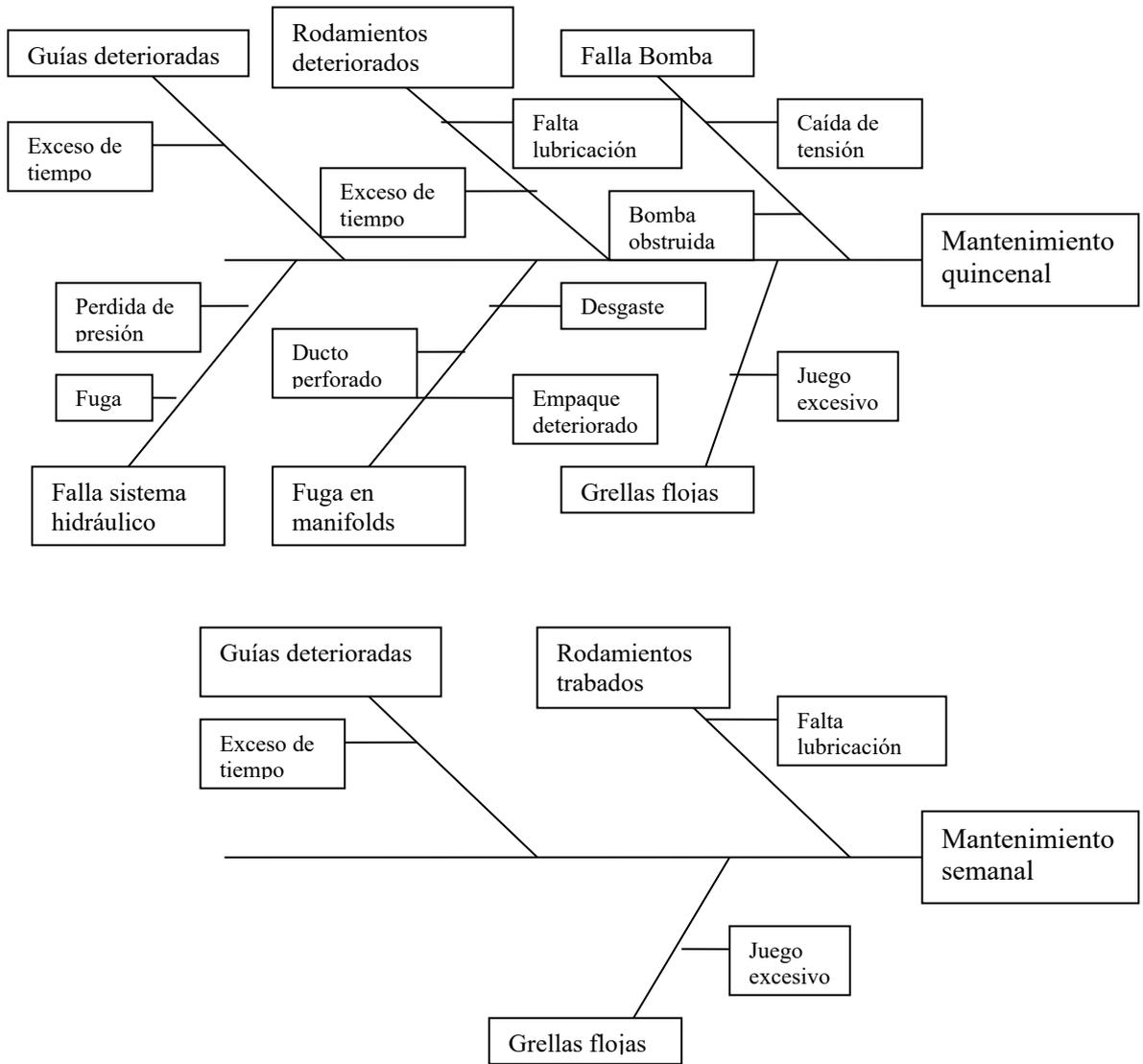


Gráfico 5.8 Pareto de causas por afinidad

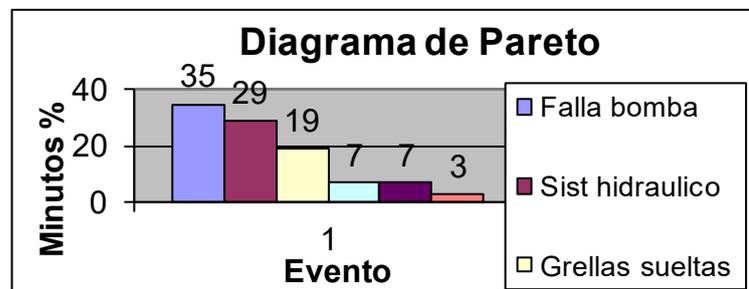
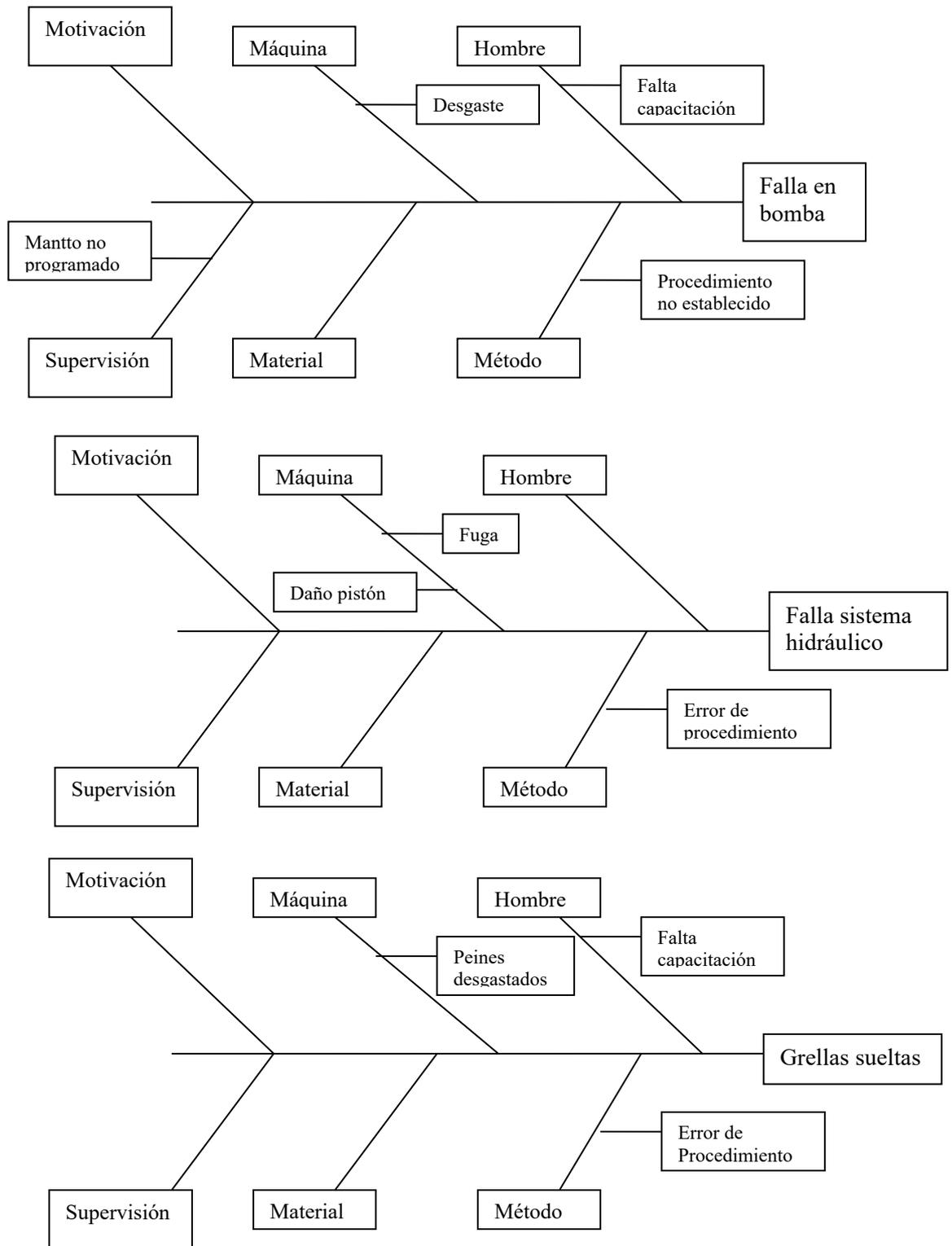


Gráfico 5.9 Agrupación de causas por afinidad en problemas críticos



5.1.3. Plan de Gestión de las Comunicaciones

Matriz de Gestión de las Comunicaciones Código PGC						
Proyecto:	Implementación del plan de gestión del mantenimiento					
Preparado por:	Gerente de Mantenimiento	Fecha	04	11	2019	
Revisado por:	Gerente de Operaciones	Fecha	05	11	2019	
Aprobado por:	Gerente de mantenimiento – Empresa Cliente	Fecha	07	11	2019	
Requerimientos de Información						
Información	Responsable	Rol Objetivo	Método de comunicación	Descripción de la Comunicación	Frecuencia	Comentarios
Caracterización de Procesos	Gerente de mantenimiento	• Gerente de planta	Informe escrito	• Reporte de Caracterización de procesos de mantenimiento preventivo	Semanal	
Solicitud de Orden de Trabajo	Supervisor de mantenimiento y planeamiento	• Gerente de planta	Informe escrito	• Reporte de programación de Orden de trabajo	Cada vez que se genere una solicitud.	
Hoja de Información RCM	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de planta	Informe escrito	• Reporte de hoja de información RCM • Reporte de hoja de decisión RCM	Cada vez que se genere una solicitud.	
		• Gerente de mantenimiento	Informe escrito			
Programación de mantenimiento	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento • Gerente de Seguridad Ocupacional	Informe escrito	• Reporte de programación de mantenimiento	Cada vez que se genere una solicitud.	
Lista de trabajos	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento	Informe escrito	• Reporte de lista de trabajos.	Cada vez que se genere una solicitud.	
Acciones correctivas y preventivas	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento	Informe escrito	• Lista de acciones recomendadas e implementadas con detalle de cada una. • Plantilla de acciones correctivas y preventivas.	Cada vez que se genere una solicitud.	
Hoja de planificación de los trabajos	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento	Informe escrito	• Reporte de hoja de planificación de los trabajos.	Cada vez que se genere una solicitud.	
Orden de trabajo y Orden de Servicio	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento	Informe escrito	• Reporte de Orden de trabajo. • Reporte de Orden de Servicio.	Cada vez que se genere una solicitud.	
Backlog y Carga dotación de personal	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	• Gerente de mantenimiento • Gerente de Seguridad ocupacional	Informe escrito	• Reporte de Backlog y Dotación de personal. • Indicadores de gestión.	Mensual.	

Informe de ruta de la calidad	Supervisor de planeamiento y mantenimiento	•Gerente de mantenimiento	Informe escrito	• Reporte de hoja de planificación de los trabajos.	Cada vez que se genere una solicitud.	
Informe de estado de gestión	Gerente de mantenimiento	•Gerente de planta	Informe escrito	• Informe del estado de gestión. • Indicadores de gestión	Mensual.	

○ **Cálculo y análisis de los indicadores de gestión luego de la implementación**

● **Cálculo de indicadores de gestión de equipamiento**

- Disponibilidad (%), (Véase la fórmula 2.11, en la página 20):

$$A = \frac{6121.h}{6696.h} \times 100 = 91.41\%$$

La disponibilidad del equipamiento se elevó en 3.19%.

- Rendimiento (%), (Véase la fórmula 2.18, en la página 21):

$$R = \frac{5781.h}{6121.h} \times 100 = 94.45\%$$

El desempeño del Rendimiento es óptimo.

- Calidad (%), (Véase la fórmula 2.19, en la página 21):

$$C = \frac{5691.h}{5781h} \times 100 = 98.44\%$$

El desempeño de la Calidad es óptimo.

- En la Efectividad global de los equipos (OEE): (Véase la fórmula 2.20, página 21):

$$OEE = 91.41 \% \times 94.45 \% \times 98.44 \% = 84.99\%$$

La efectividad global se elevó en 3.42%.

Cuadro 5.20 Nueva contrastación de los indicadores de gestión obtenidos según benchmarking

CUADRO DE INDICADORES			
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	ESTÁNDAR	
Disponibilidad (A) (%)	91.41%	90	95
Eficiencia en el trabajo (%)	91.30%	92	+
Porcentaje de horas paradas por emergencia (PMC) (%)	1.60%	1	-
Intensidad del mantenimiento preventivo (IMP) (%)	80.75%	80	+
Cumplimiento de presupuesto (%)	104.76%	90	100
Rendimiento (R) (%)	94.45 %	92	+
Calidad (C) (%)	98.44 %	92	+
Efectividad global de los equipos (OEE) (%)	84.99%	85	95

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se detallan los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio. Para la métrica del desempeño (Véase el Cuadro 2.1, en la página 23).

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento

La implementación fue llevada a cabo a través la autorización del proyecto a través del Acta de Creación del Departamento de Gestión del Mantenimiento (Véase el Cuadro 5.1, en la página 38) y mediante el Estudio de la Organización a través del Informe del Estado de la Organización (Véase el Cuadro 5.2, en la página 42), permitieron llevar a cabo la Generación del Plan de Gestión del Mantenimiento que determinó cuales serían los indicadores de gestión para definir los parámetros de mantenibilidad de los equipos cada vez que se llevó el servicio de mantenimiento al cliente.

6.1.2. Generación del Plan de Gestión del Mantenimiento

Se determinó el Estudio de la organización cliente a través de los cálculos y el análisis de los indicadores previamente establecidos por el diseño e implementación, luego se llevó a cabo la contrastación con los estándares definidos. Definidos los equipos críticos se determinó su modo de falla, las consecuencias de cada modo de falla y las tareas, además de desarrollar el plan de mantenimiento necesario. Por último, se elaboró la ruta de la calidad para definir el procedimiento que será estándar para la solución de los problemas. Luego del periodo de un año se llevó el análisis para determinar el resultado del plan propuesto. Según el Nuevo Cálculo de productividad y rendimiento de los equipos. (Véase el Cuadro 6.1, en la página 79).

6.1.3. Generación del Plan de Gestión de las Comunicaciones

La matriz permitió el monitoreo y control de todas las actividades de mantenimiento para que todos los involucrados tengan conocimiento de su programación y así evitar fallos de coordinación.

INFORME DEL DESEMPEÑO DEL SERVICIO

Servicio:	Implementación del Plan de gestión del mantenimiento				
Preparado por:	Gerente de Mantenimiento	Fecha	07	11	2020
Revisado por:	Gerente de Operaciones	Fecha	07	11	2020
Aprobado por:	Gerente general	Fecha	07	11	2020

Se calcularon los nuevos indicadores luego del periodo de un año. Para evaluar el desempeño del servicio de acuerdo a los objetivos trazados.

Cuadro 6.1 Nuevo cálculo de productividad y rendimiento de los equipos

	Símbolo	Formula	Operación	Resultado
Tiempo total disponible	TD			7230 h
Tiempo planificado para no funcionar	TPNF			624 h
Tiempo de paradas de descanso	TPP			0 h
Tiempo de funcionamiento	TF	$TF = TD - TPNF - TPP$	$TF = 7320 \text{ h} - 624 \text{ h} - 0 \text{ h}$	6696 h
Utilización	U	$U = (TF/TD) \times 100\%$	$U = (6696 \text{ h}/7320 \text{ h}) \times 100\%$	91.48 %
Tiempo de preparaciones y ajustes	TPA			402 h
Tiempo de operación	TO	$TO = TF - TPA$	$TO = 6696 \text{ h} - 402 \text{ h}$	6294 h
Disponibilidad planificada	DP	$DP = (TO/TF) \times 100\%$	$DP = (6294 \text{ h}/6696 \text{ h}) \times 100\%$	93.99 %
Parada no planificada	TPNP			173 h
Tiempo de operación neto	TON	$TON = TO - TPNP$	$TON = 6294 \text{ h} - 173 \text{ h}$	6121 h
Grado de funcionamiento	GF	$GF = (TON/TO) \times 100\%$	$GF = (6121 \text{ h}/6294 \text{ h}) \times 100\%$	97.25 %
Disponibilidad	A	$A = (TON/TF) \times 100\%$	$A = (6121 \text{ h}/6696 \text{ h}) \times 100\%$	91.41 %
Funcionamiento sin producción y paradas menores	TFSP			51 h
Perdida o menor velocidad	TMV			289 h
Tiempo de operación utilizable	TOU	$TOU = TON - TFSP - TMV$	$TOU = 6121 \text{ h} - 51 \text{ h} - 289 \text{ h}$	5781 h
Rendimiento	R	$R = (TOU/TON) \times 100\%$	$R = (5781 \text{ h}/6121 \text{ h}) \times 100\%$	94.45 %
Defectos del proceso	TDP			90 h
Tiempo productivo neto	TPN	$TPN = TOU - TDP$	$TPN = 5781 \text{ h} - 90 \text{ h}$	5691 h
Calidad	C	$C = (TPN/TOU) \times 100\%$	$C = (5691 \text{ h}/5781 \text{ h}) \times 100\%$	98.44 %
Productividad efectiva total	PET	$PET = (U) \times (A) \times (R) \times (C)$	$PET = (91.48) \times (91.41) \times (94.45) \times (98.44)$	77.75 %
Efectividad global de los equipos	OEE	$OEE = (A) \times (R) \times (C)$	$OEE = (91.41) \times (94.45) \times (98.44)$	84.99 %
Efectividad neta total	NEE	$NEE = (GF) \times (R) \times (C)$	$NEE = (97.25) \times (94.45) \times (98.44)$	90.42 %

Cuadro 6.2 Contrastación de la productividad y rendimiento actual y anterior

	Símbolo	Resultado actual	Resultado anterior	Variación
Tiempo total disponible	TD	7230 h	7230 h	-
Tiempo planificado para no funcionar	TPNF	624 h	624 h	-
Tiempo de paradas de descanso	TPP	0 h	0 h	-
Tiempo de funcionamiento	TF	6696 h	6696 h	-
Utilización	U	91.48 %	91.48 %	-
Tiempo de preparaciones y ajustes	TPA	402 h	549	- 147 h
Tiempo de operación	TO	6294 h	6147 h	147 h
Disponibilidad planificada	DP	93.99 %	91.80 %	2.19 %
Parada no planificada	TPNP	173 h	240 h	- 67 h
Tiempo de operación neto	TON	6121 h	5907 h	214 h
Grado de funcionamiento	GF	97.25 %	96.10 %	1.15 %
Disponibilidad	A	91.41 %	88.22 %	3.19 %
Funcionamiento sin producción y paradas menores	TFSP	51 h	57 h	- 6 h
Perdida o menor velocidad	TMV	289 h	295 h	- 6 h
Tiempo de operación utilizable	TOU	5781 h	5555 h	226 h
Rendimiento	R	94.45 %	94.04 %	0.41 %
Defectos del proceso	TDP	90 h	92 h	- 2 h
Tiempo productivo neto	TPN	5691 h	5463 h	228 h
Calidad	C	98.44 %	98.34 %	0.10 %
Productividad efectiva total	PET	77.75 %	74.63 %	3.12 %
Efectividad global de los equipos	OEE	84.99 %	81.59 %	3.40 %
Efectividad neta total	NEE	90.42 %	88.87 %	1.55 %
Eficiencia en el trabajo	η	91.30 %	88.00 %	3.30 %
Horas paradas por emergencia	PMC	1.60 %	2.30 %	- 0.7 %
Cumplimiento de presupuesto	CP	104.76 %	110.28 %	- 5.52 %

Cuadro 6.3 Métrica del desempeño

Indicador	Formula	Resultado	Métrica	Conforme
Desempeño de Tiempo	$A = \frac{6121}{6696} \times 100$	91.41 %	$A \geq 92 \%$	No
Desempeño de Performance	$R = \frac{5781}{6121} \times 100$	94.45 %	$R \geq 92 \%$	Si
Desempeño de Calidad	$C = \frac{5691}{5781} \times 100$	98.44 %	$C \geq 92 \%$	Si
Efectividad Productiva Total	$OEE = 91.41 \times 94.45 \times 98.44$	84.99 %	$OEE \geq 85 \%$	No

COMENTARIOS

De acuerdo al Cuadro de Nuevo Cálculo de Productividad y Rendimiento de los Equipos (Véase el Cuadro 6.1, en la página 79). Se determinan los siguientes comentarios:

- Respecto a la Disponibilidad se obtuvo un 91.11% lo cual cumple con los estándares del Benchmarking.
- Respecto al Rendimiento se obtuvo un 94.45% lo cual cumple con los estándares del Benchmarking.
- Respecto a la Calidad se obtuvo un 98.44% lo cual cumple con los estándares del Benchmarking.
- Respecto a la Efectividad global de los equipos se obtuvo un 84.99% lo cual es fronterizo con los estándares de la Manufactura de Clase Mundial.

De acuerdo al Cuadro Métrica de desempeño (Véase el Cuadro 6.3, en la página 80). Se determinan los siguientes comentarios relevantes:

- El indicador del desempeño del tiempo que corresponde a la Disponibilidad se elevó en 3.19% lo cual fue insuficiente para cumplir el objetivo de 92% como disponibilidad optima, sin embargo, el indicador al mostrar un 91.41% demuestra que el plan de gestión fue el adecuado y deberán realizarse los ajustes necesarios para cumplir con el objetivo.
- El indicador de desempeño de performance que corresponde al Rendimiento se elevó en 0.41% cumpliendo con la métrica determinada.
- El indicador de desempeño de calidad se elevó en 0.10% cumpliendo con la métrica determinada.
- El indicador de la Efectividad Global de los Equipos se elevó en 3.40% lo cual cuantitativamente es insuficiente para cumplir con los estándares de Manufactura de Clase Mundial, sin embargo luego de un año y cualitativamente el objetivo es virtualmente cumplido faltando solo el 0.1%.

Contrastando la hipótesis con los resultados:

- Se consideró que diseñar y luego implementar el departamento de gestión del mantenimiento para la empresa contratista permitió realizar el correcto diagnóstico del estado de producción de la planta cervecera, esto basado en la Efectividad global de los equipos, y fue determinante para generar un correcto plan de gestión del mantenimiento requerido para los servicios en este caso para una planta de manufactura de cerveza.

- Se observó que al obtener los indicadores de gestión y llevar a cabo el análisis de fallas permitió la generación del planeamiento y la programación de los trabajos solicitados, esto se llevó a cabo en forma adecuada ya que el diagnóstico permitió que se lleven a cabo las actividades y trabajos necesarios para los equipos críticos que tienen un gran impacto en la productividad y disponibilidad de los equipos.
- Se consideró que al implementar un plan de gestión de las comunicaciones se obtuvo la eficiencia en la gestión del mantenimiento y esto se logró a través de la matriz de comunicaciones pues todos los involucrados en la gestión del mantenimiento tuvieron claro su relevancia y participación, así como su rol en las coordinaciones y autorizaciones para evitar retrasos en la programación.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

- Según el estudio presentado por Algarra Ivonne y Sierra Christian, titulado: *Estudio de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A.S.*, se concluye que la implementación del sistema de indicadores permite determinar cuáles son las causas más comunes en las pérdidas de tiempo en la producción. Contrastando el estudio presentado, el plan de gestión del mantenimiento determinado para el servicio al cliente luego de haber sido creado el departamento de gestión del mantenimiento en la empresa contratista permitió enfocar los recursos y acciones para la solución de los problemas causantes de la pérdida de producción de una planta manufacturera de cerveza.
- Según el estudio presentado por Matias, C. (2012) *Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização de capacidade de produção.*, se concluye que la integración de la estrategia productiva con las funcionales aporta en el aumento del desempeño global de la manufactura de la planta.

Contrastando el estudio presentado, el uso de los indicadores para verificar el desempeño global de la producción permitió definir los límites del objeto de análisis, además de la identificación y resolución de problemas clave.

- Según el estudio presentado por Ibáñez Christopher, titulado: *Diseño de propuestas de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos, S.A.*, se concluye que determinando los parámetros se identificarán los aspectos claves que afectan a la productividad.

Contrastando el estudio presentado, el análisis del estado de la organización permitió comprender la situación de la planta y que necesidades se presentaban para así sean consideradas en un estudio más profundo y determinar las causas raíz de sus problemas.

- Según el estudio presentado por Ramos Adelmo, titulado: *Gestión del Mantenimiento basado en la Eficiencia Global de Equipo, para alcanzar Niveles de Clase Mundial en una Terminal Marítima de Contenedores*, se concluye que el uso de la herramienta de Eficiencia Global de Equipo es clave para optimizar la Gestión del mantenimiento del equipo portuario.

Contrastando el estudio presentado, el uso de la metodología planteada en la concepción del plan de gestión del mantenimiento permite optimizar la producción y los costos, además de detectar los posibles riesgos de fallos en los equipos críticos de la línea de producción.

- Según el estudio presentado por Cáceres Claudio, titulado: *Propuesta de Mejora de la Eficiencia Global de los Equipos orientado en el TPM para una Empresa Envasadora de Bebida Gasificada no Alcohólica.*, se concluye que la Gestión del mantenimiento influye en la Disponibilidad Mecánica.

Contrastando el estudio presentado, el diseño y la implementación del departamento de gestión es clave en la posterior conceptualización de un plan de gestión del mantenimiento para los servicios ofrecidos al cliente ya que se lleva a cabo mediante una metodología que basa su monitoreo y control en los indicadores establecidos, que permitió que el servicio se ejecute y se cumpliendo las restricciones determinadas en su concepción.

- Según el estudio presentado por Manini Renzo, titulado: *Diseño de Estrategias en Mantenimiento para el Aumento de la Productividad en una Flota de Carguío y Acarreo de un Proyecto Minero.*, se concluye que la optimización de los costos se puede llevar a cabo a través de la mejora en el control de los procesos a través de las estrategias del mantenimiento.

Contrastando el estudio presentado, el diseño del plan de gestión del mantenimiento permite determinar los activos críticos, a los cuales deberá prepararse un plan de gestión predictivo, y se tenga en consideración su naturaleza compleja los cuales ayudaran a determinar su impacto en los costos del mantenimiento.

- Según el estudio presentado por Torres Noemí, titulado: *Propuesta de Mejora del proceso de embotellamiento basado en la metodología TPM.*, se concluye que la utilización de indicadores claves ayudara a determinar cuáles son los puntos a trabajar para elevar la productividad de la línea de producción.

Contrastando el estudio presentado, el plan de gestión del mantenimiento basado en el soporte técnico del Mantenimiento productivo Total ayuda a eliminar las perdidas en la producción a través de la mejora en la prevención, optimizando los equipos y elevando su producción a través de una mejora continua.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

- Los resultados mostrados en el presente estudio, fueron obtenidos a través del desarrollo del servicio, fidedignos a lo encontrado en el proceso llevado a cabo hasta su conclusión.
- Todas las referencias han sido reconocidas en la investigación.
- El posterior análisis es de nuestra autoría que representa nuestro aporte.

VII. CONCLUSIONES

- El diseño y la implementación del departamento de gestión del mantenimiento permitió que se cumpliera con la Efectividad Global de los Equipos como indicador, así también se determinó en forma específica cuales eran las falencias del mantenimiento en el caso de la empresa cliente de manufactura de cerveza, y se determinó que la problemática era la Disponibilidad, por lo que la gestión tuvo como objetivo identificar los equipos críticos, la mejora en la solución de problemas a través de la Ruta de la calidad, determinación de modos de falla, etc. Que permitió elevar la disponibilidad en 3.19 % y el OEE en 3.40 %, según la Contrastación de productividad y rendimiento actual y anterior (Véase el Cuadro 6.2, en la página 80).
- El diseño y la implementación del departamento de gestión del mantenimiento logró que se determinen los roles, funciones y responsabilidades del equipo que se encargara de brindar los servicios. Esto hizo factible determinar un mejor diagnóstico de la situación de las empresas que requieren los servicios para así determinar el mejor plan de gestión del mantenimiento cada vez que se llevó a cabo un estudio de análisis de acuerdo a la OEE.
- La determinación de los indicadores de gestión que permitieron establecer en donde se encontraban los fallos de mantenimiento, esto ayudo a generar la planificación que a su vez permitió que el departamento de mantenimiento mantenga el monitoreo de la programación de las actividades necesarias, permitiendo que se eleve la eficiencia de los trabajos en 3.30 % según la Contrastación de productividad y rendimiento actual y anterior (Véase el Cuadro 6.2, en la página 80). Y luego disminuir en 147 horas el tiempo de preparación y ajustes, además disminuyo en 6 horas el Funcionamiento sin micro paradas, sumado a otras mejoras permitió elevar el OEE en 3.40%, optimizando el presupuesto en 5.52 %, según la Contrastación de productividad y rendimiento actual y anterior (Véase el Cuadro 6.2, en la página 80).

- A través de la matriz de gestión de las comunicaciones se organizaron y designaron las responsabilidades para que las actividades planificadas y las coordinaciones se cumplan sin dilaciones en su totalidad.

VIII. RECOMENDACIONES

- Antes de llevar a cabo la propuesta técnica de un servicio de mantenimiento se debe llevar a cabo un estudio de la organización para determinar cuál es el estado de su productividad.
- Se debe considerar reuniones también con las áreas involucradas como operaciones y producción, para que se considere la problemática en forma íntegra para no obviarse procesos o no definir bien las necesidades críticas.
- Los roles del equipo deben estar bien definidos para establecer las responsabilidades.
- Se deben establecer las estrategias de la gestión y aprobar al inicio cuáles serán los formatos y procedimientos para su desarrollo para así evitar controversias futuras.
- Se debe tener el apoyo de la plana mayor para la continuación de la estrategia de acción definida para el plan de gestión del mantenimiento a lo largo del tiempo, considerando la mejora continua.
- Se deberá realizar una auditoría sobre el monitoreo y control de las actividades y el plan determinado cada vez que se haya llevado un servicio, para detectar posibles desviaciones a lo establecido.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESPINOZA MONTES, Ciro. 2010. *Metodología de investigación tecnológica pensando en sistemas*. 1^{ra} ed. Huancayo, Perú. Espinoza. ISBN 978-612-00-0222-3.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. 2005. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. 2^a ed. España: FC Editorial. ISBN 84-96169-49-9.

ARIAS, Fidias G. 2006. *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. 5^{ta} ed. Caracas, Venezuela. Editorial Episteme. ISBN 980-07-8529-9.

ALGARRA, I., SIERRA, C. 2018. *Estudio de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A.S.* [Tesis de pregrado]. Bogotá, Colombia. Universidad Agustiniana. [fecha de consulta: 30 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/599/AlgarraRodriguez-IvonneLizeth-2018-1.pdf>

MATIAS, C. 2012. *Aplicação do indicador de Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização de capacidade de produção*. [Tesis de maestría]. São Paulo, Brasil. Universidade de São Paulo. [fecha de consulta: 30 de agosto de 2019]. Disponible en: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-16072013-115859/publico/ChristianneBusso_Dissertacao.pdf

IBÁÑEZ, C. 2016. *Diseño de propuestas de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos, S.A.* [Tesis de pregrado]. Puerto Montt, Chile. Universidad Austral de Chile. [fecha de consulta: 30 de agosto de 2019].

Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/bpmfcii.12d/doc/bpmfcii.12d.pdf>

RAMOS, A. 2018. *Gestión de Mantenimiento basado en la Eficiencia Global de Equipo, para Alcanzar Niveles de Clase Mundial en una Terminal Marítima de Contenedores*. [Tesis de Maestría]. Callao, Perú. Universidad Nacional del Callao. [fecha de consulta: 30 de agosto de 2019]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3663/Ramos%20Martinez_MAESTRIA_2018.pdf

CÁCERES, C. 2021. *Propuesta de Mejora de la Eficiencia Global de los Equipos orientado en el TPM para una Empresa Envasadora de Bebida Gasificada no Alcohólica*. [Tesis de Pregrado]. Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623002/CACERES_CC.pdf

MANINI, R. 2019. *Diseño de Estrategias en Mantenimiento para el Aumento de la Productividad en una Flota de Carguío y Acarreo de un Proyecto Minero*. [Tesis de pregrado]. Callao, Perú. Universidad Nacional del Callao. fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/1793>

TORRES, N. 2019. *Propuesta de Mejora del proceso de embotellamiento basado en la metodología TPM, para lograr elevar la eficiencia del sistema productivo en el área de envasado en una cervecería, Arequipa - 2018*. [Tesis de pregrado]. Arequipa, Perú. Universidad Tecnológica del Perú. [fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2376/Noemi%20Torres_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2009
Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non
– rotating parts. ISO 10816-3:2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2008.
Condition monitoring and diagnostics of machines. ISO 18434-1:2008.

TECSUP, *Planificación y programación del mantenimiento*. Lima. Perú, 2008.
Gestión del Mantenimiento. [en línea]. [fecha de consulta: 14 Junio 2021].
Disponible en: <https://qualitymant.com/gestion-del-mantenimiento>

El Proceso de Fabricación de la Cerveza. 2020. Los cervecistas [en línea].
[fecha de consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en:
<https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/>

X. ANEXOS

- Matriz de consistencia

Cuadro 10.1

Matriz de consistencia diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento en una empresa contratista de servicio a una planta de manufactura de cerveza

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo el diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista permitirá cumplir con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera? 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista permita cumplir con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se diseña e implementa el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista se cumplirá con la Efectividad Global de los Equipos en una planta cervecera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño e Implementación del departamento de gestión del mantenimiento. Contiene las acciones y especificaciones que se deben llevar a cabo para alcanzar los objetivos. Esta variable influye en el cumplimiento de la Efectividad Global de los Equipos en la planta cervecera del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de Investigación: Aplicada • Diseño: Deductivo
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo la implementación del departamento de gestión del mantenimiento permitirá determinar el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos? • ¿Cómo la obtención de los indicadores de gestión y realizar el análisis de fallas permitirá la generación del planeamiento y la programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera? • ¿Cómo la mala gestión de las comunicaciones entre el área de operaciones y el área de mantenimiento afecta la gestión del mantenimiento en la planta cervecera? 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar el departamento de gestión del mantenimiento para determinar el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos. • Obtener los indicadores de gestión y realizar el análisis de fallas para la generación del planeamiento y programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera. • Implementar un plan de gestión de las comunicaciones que permita una eficiente gestión del mantenimiento en la planta cervecera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se implementa el departamento de gestión del mantenimiento para una empresa contratista se determinará el estado de una planta cervecera basado en la Efectividad global de los equipos. • Si se obtienen los indicadores de gestión y se realiza el análisis de fallas permitirá la generación del planeamiento y la programación de los trabajos a llevar a cabo en una planta cervecera. • Si se Implementa un plan de gestión de las comunicaciones se logrará una eficiente gestión del mantenimiento en la planta cervecera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de la Efectividad Global de los Equipos en la planta cervecera del cliente. Conjunto de acciones que deben llevarse a cabo para lograr el planeamiento y la programación. Esta variable depende de la implementación del departamento de gestión del mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ámbito Geográfico: Ate - Lima. • Técnicas: Observación. Pruebas Mediciones • Procesamiento y Análisis: Estadística descriptiva, razón y tasas

- Instrumentos validados

NOTA: Todos los instrumentos fueron validados por la gerencia de operaciones como estándar para los servicios.

Cuadro 10.2 Evaluación de funcionalidad

EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO			
Proyecto	Diseño e implementación del departamento de gestión del mantenimiento		
Elaborado por:	Gerente de mantenimiento		
Aprobado:	Gerente General		
Fecha:	16/05/2019		
Lista de verificación	Conforme	Observado	Comentarios
Análisis de evaluación de equipos			
¿Se generó el informe de evaluación?		X	
¿Se designó al equipo de trabajo?	X		
¿Se llevó a cabo la reunión de análisis?		X	
¿Se un registro de las evaluaciones?	X		
Análisis del plan de mantenimiento			
¿Se aprobó el Plan de mantenimiento?	X		
¿Se aprobaron los parámetros de referencia del plan de mantenimiento?		X	
¿Se aprobó un programa de inspecciones periódicas?		X	
¿Se aprobó un presupuesto base?		X	
¿Se definieron los roles y responsabilidades?	X		
Análisis de las condiciones de trabajo			
¿Se revisaron las especificaciones técnicas, códigos o estándares de los equipos?	X		
¿Se generaron los diagramas de desempeño de los equipos?		X	
¿Se aprobaron los procedimientos de procesos?		X	
Análisis del cumplimiento de la programación de mantenimiento			
¿Se generó el informe de mantenimiento realizado?	X		
¿Se registraron las solicitudes de servicio?	X		
¿Se levantaron todas las observaciones?		X	
¿Se aprobaron los informes de mantenimiento?	X		
¿Se generaron los ratios de mantenibilidad?		X	
Análisis de los indicadores del mantenimiento			
¿Se generó el Backlog del programa?		X	
¿Se registraron los retrabajos?	X		

¿Se generó un informe de los ratios para gerencia?		X	
¿Se generaron los ratios de mantenibilidad?		X	
Conclusión del servicio			
¿Se aprobó del acta de conformidad de los servicios?	X		

Cuadro 10.3 Formato de hoja de criticidad

ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	VALOR	OBSERVACIONES
1	Efecto sobre el servicio que proporciona			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
2	Valor técnico-económico			
		Alto	3	
		Medio	2	
		Bajo	1	
3	La falla afecta			
	a. Al equipo en si	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	¿Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	¿Posibilidad de accidentes del operador?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	¿Posibilidad de accidentes a otras personas?
		No	0	
4	Probabilidad de falla			
		Alta	2	
		Baja	0	
5	Flexibilidad del equipo en el sistema			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
6	Dependencia logística			
		Extranjero	2	Repuestos solo importados
		Local/ext	1	Algunos se compran localmente
		Local	0	Repuestos locales
7	Dependencia de mano de obra			
		Terceros	2	El mantenimiento requiere contratar terceros
		Propia	0	El mantenimiento se realiza con personal propio
8	Facilidad de reparación			
		Baja	1	Mantenimiento difícil
		Alta	0	Mantenimiento fácil

Escala de referencia		
A	Critica	14-20
B	Importante	07-13
C	Regular	00-06

Cuadro 10.4 Formato de ficha técnica del equipo

I. DATOS TÉCNICOS				
Código		Peso (Kg)		
Nombre		Potencia (Hp)		
Función		Voltaje (V)		
Ubicación		Capacidad/ Velocidad		
Tamaño		Marca		
Nº de serie		Modelo		
II. FECHAS				
Fecha de fabricación				
Fecha de instalación				
III. COSTOS				
Costo original (U\$)		Costo de mantenimiento		
Costo actual (U\$)		Año	Costo	En % del costo de reposición
Costo de reposición (U\$)				
IV. DATOS DE CONDICIÓN				
Efectividad actual (%)		Importancia crítica		
Estado del equipo		Responsable directo		
	Si/No	Ubicación		Idioma
Historia				
Planos				
Manuales				
VI. COMPONENTES				
Nombre	Nº serie	Proveedor		Costo U\$

Cuadro 10.5 Formato de orden de trabajo

NUMERO DE OT					
I. DATOS DEL EQUIPO Y DE LA ACTIVIDAD					
Código				Tipo de mantenimiento	
Nombre				Tipo de falla	
Ubicación				Criticidad	
Tipo de OT				Ponderación	
II. FECHAS Y TIEMPOS					
Fecha de emisión		Hora		Fecha entrega	
Fecha de inicio		Hora		Duración estimada (min)	
Fecha de termino		Hora		Duración real (min)	
III. RESPONSABLES					
Emitido		Solicitado		Autorizado	
IV. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO					
Nº	Operación	Herramientas	Repuestos	Observaciones	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
V. SUMINISTROS					
Código	Descripción			Cantidad estimada	
VI. PERSONAL REQUERIDO					
Nombre	Código	Hr normales		Hr extras	
VII OBSERVACIONES					

Cuadro 10.8 Formato de hoja de información RCM

Hoja de información RCM II		Equipo:		N° 1	Realizado por:	Fecha:	Hoja
		Componente:		Ref.	Revisado por:	Fecha	
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas	
1		A		1			
		B		1			
2		A		1			
				1			

Cuadro 10.9 Formato de consecuencias de modos de falla

RCM II Hoja de decisión			Activo:		Fecha:	Hoja: 1	
			Componente:		Sistema N°	Fecha	De: 1
Referencia de información			Consecuencia	Tareas a falta de ...	Tarea propuesta	Frecuencia Inicial	Realizado por
Falla	Falla funcional	Modo de falla					
1	A	1					
1	B	1					
1	C	1					
2	A	1					
2	A	1					

Cuadro 10.10 Formato de inspección de ruta – estado movimiento

INSPECCIÓN DE RUTA		Fijación	Vibración	Ruido	Fugas	Desgaste	Alineamiento o Nivelación	Lubricación	Acoplamiento
Fecha	Observaciones	Realizado:	Autorizado:	Estado: Movimiento	Frecuencia:				

Cuadro 10.11 Formato de inspección de ruta – estado parada

INSPECCIÓN DE RUTA		Fijación	Fugas	Desgaste	Alineamiento Nivelación	Lubricación	Acoplamiento
Fecha	Observaciones	Realizado:	Autorizado:	Estado: Parada	Frecuencia:		

Cuadro 10.13 Formato de orden de mantenimiento

Orden de mantenimiento						
Orden N°				Equipo		
Área				Estatus		
Tipo de mantenimiento				Frecuencia		
				Fecha		
Responsable				Aceptación del responsable		
Descripción del trabajo:						
Servicios a ser ejecutados (Operaciones)						
Duración			Periodicidad			
Ejecutante	Nombre		Hora inicio	Hora fin	Hora inicio real	Hora fin real
Materiales						
Operación	Código	Unidad	Cantidad	Descripción		Costo (U\$)
Costo total						217.29
Servicios Complementarios				Observaciones		
Recomendaciones				Herramientas especiales		

Cuadro 10.14 Formato de orden de servicio

Orden N°	Orden de servicio				
Tiempo (min.)		Tipo de mantenimiento		Célula	
Área		Prioridad		Periodicidad (días)	
Status:		Equipo			
Ejecutante					
Feedback			Materiales		
Nombre:			Código:		
Fecha:			Cantidad:		
Inicio:			Descripción:		
Fin:					
OS concluida					
OS en proceso					
OS no ejecutada		Falta de material	Área no disponible	Falta de entrenamiento	Falta de tiempo
		No autorizado	Servicio mal planificado	Sin procedimiento	Condiciones del entorno
		Sin acceso	Otros		
Tareas	Herramientas especiales				
	Ninguna				
Recomendación de SSO					
Procedimiento					
Observaciones					
Histórico					
Conformidad del servicio			Ejecutante		
Analista de planeamiento		Supervisor mantenimiento			

Cuadro 10.15 Formato de distribución de carga de trabajo (BACKLOG)

		MAQUINA																																				
MES:																																						
DÍAZ LABORABLES																																						
TAREA	FREC.	DÍAZ	RESP.	CA1N1T	MIN.	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1																																						
2																																						
3																																						
4																																						
5																																						
6																																						
7																																						
8																																						
DURACIÓN DIARIA																																						
PROM DIARIO:																																						
R= Rutina RI= Inspección RL= Lubricación RA= Ajuste RC= Limpieza																																						

Cuadro 10.16 Costos de equipamiento para análisis predictivo

FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO				
ÍTEM	RUBRO	DESCRIPCIÓN	COSTO (U\$)	PRORRATEO ANUAL
1	EQUIPAMIENTO	VIBRÓMETRO	8.000,00	1.600,00
		EQUIPO DE TERMOGRAFÍA	20.000,00	4.000,00
		EQUIPO DE ANÁLISIS DE ACEITE	35.000,00	7.000,00
		EQUIPO DE ULTRASONIDO	8.000,00	1.600,00
		TINTES PENETRANTES	120,00	120,00
2	PERSONAL	02 TÉCNICOS ESPECIALISTAS	14.000,00	14.000,00
3	LOCAL INSTALACIONES	ACONDICIONAMIENTO	5.000,00	1.000,00
4	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO	4.000,00	800,00
TOTAL CONSIDERADO ANUAL EN US \$				30.120,00

Cuadro 10.17 Cuadro de impacto de costos de equipos críticos

EQUIPOS CRÍTICOS	DATOS TÉCNICOS			
	CAPACIDAD	COSTO PRODUCCIÓN (U\$)/h	COSTO EQUIPO (U\$)	COSTO MANTENIMIENTO (U\$)/año
Pasteurizador SANDER HANSEN	20 000 botellas/h	8 666.67	650 000.00	19 500.00
Llenadora MECAFILL VKP 123	11 700 botellas/h	5 070.00	370 000.00	7 400.00
Inspector de botellas LINATRONIC 714	20 000 botellas/h	3 333.33	330 000.00	3 200.00
Lavadoras botellas LAVATEC KES	15 000 botellas/h	2 500.00	470 000.00	8 390.00

GRÁFICO 10.1 Determinación de la consecuencia de la falla

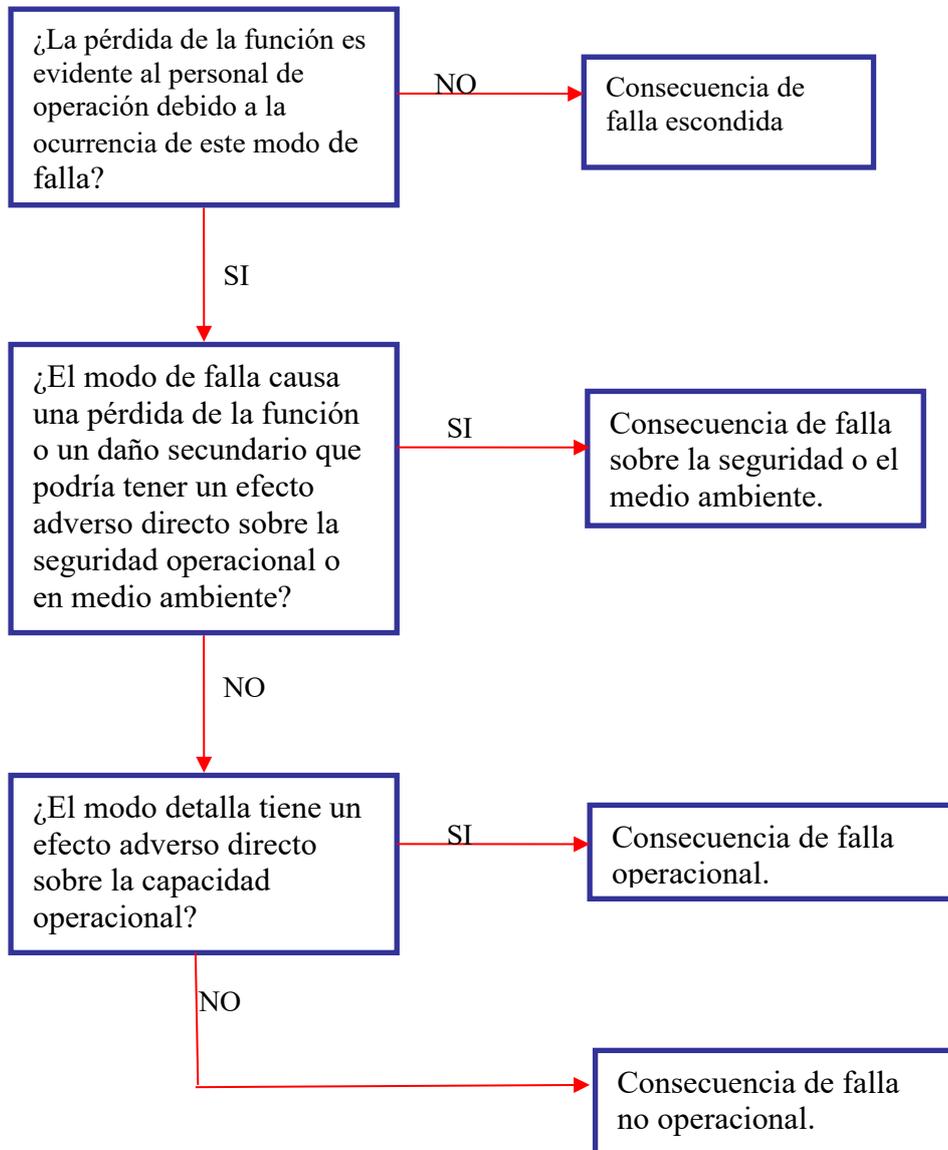
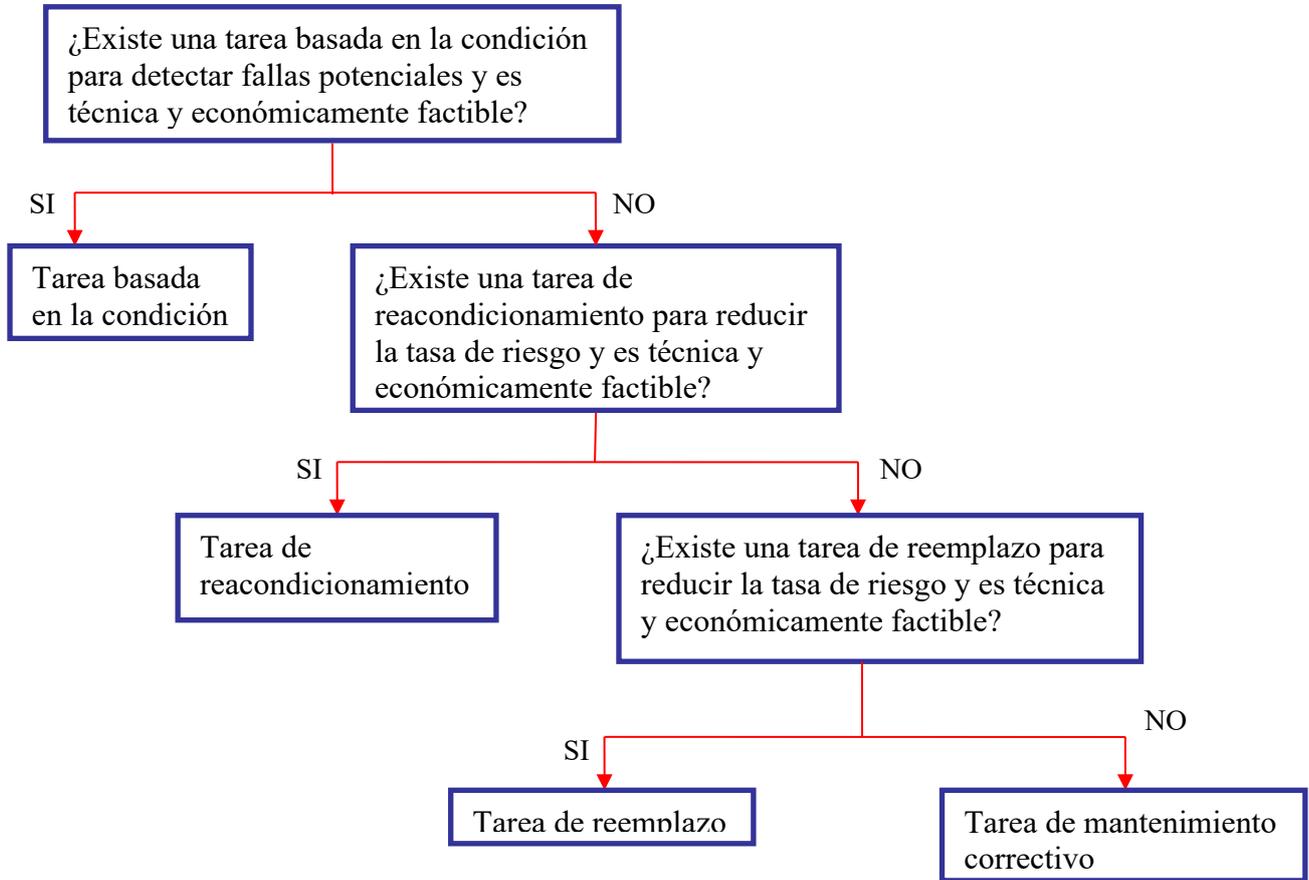


GRÁFICO 10.2 Selección de tarea preventiva
Lógica RCM básica



Cuadro 10.18 Ficha técnica del equipo

I. DATOS TÉCNICOS				
Código	ULL L-01		Peso (Kg)	1 800
Nombre	Llenadora MECAFILL VKP 123		Potencia (Hp)	5
Función	Llenado de botellas		Voltaje (V)	360
Ubicación	Envasado cerveza L-01		Capacidad/ Velocidad	195 bot/min
Tamaño	2.6 m diámetro		Marca	KRONES
Nº de serie	201346-78		Modelo	123/87
II. FECHAS				
Fecha de fabricación	16/10/1998			
Fecha de instalación	14/01/2008			
III. COSTOS				
Costo original (U\$)	280 000.00	Costo de mantenimiento		
Costo actual (U\$)	82 000.00	Año	Costo	En % del costo de reposición
Costo de reposición (U\$)	373 000.00	1	15 230.00	4.08
		2	14 570.00	3.09
IV. DATOS DE CONDICIÓN				
Efectividad actual (%)	89	Importancia crítica	A	
Estado del equipo	Operativo	Responsable directo	TM. Edgar Alegre	
V. DOCUMENTOS DISPONIBLES				
	Si/No	Ubicación	Idioma	
Historia	Si	Archivo técnico	Castellano	
Planos	Si	Archivo técnico	Ingles	
Manuales	Si	Archivo técnico	Ingles	
VI. COMPONENTES				
Nombre	Nº serie	Proveedor	Costo U\$	
Conjunto de estrellas	107569643	Extranjero	5 366.00	
Sinfín de entrada	579623115	Nacional	1 301.00	
Pista de apertura	578963248	Nacional	236.00	
Motor principal	569783256	Nacional	6 193.00	
Rodillo de leva	423587963	Nacional	650.00	

Cuadro 10.19 Historial del equipo

CUADRO	Historia del equipo	Maquina Llenadora MECAFILL VKP 123	Código del equipo: ULL-L01		Fecha de adquisición: 15/02/2006		Costo de reposición: \$ 373 000.00			
	Fecha		N° OT	Descripción	Mano de obra (U\$)		Costo de repuestos	Costo total	Costo acumulado	% de reposición
					Horas	Costo				
05/05/2019	E-0910012	Cambio de rodamientos de sistema de accionamiento de estrellas	2.0	4.17	60.0	64.17	64.17	0.02		
12/05/2019	E-0910042	Ajuste de templador del sistema de accionamiento del reductor	0.2	0.42	2.0	2.42	66.59	0.02		
12/05/2019	E-0910043	Cambio de resortes de la pista de apertura del carrusel	0.5	2.08	120.0	122.08	188.67	0.05		
12/05/2019	E-0910044	Cambio de pista de desgaste del carrusel	0.5	1.42	25.5	26.92	215.59	0.06		
15/05/2019	E-0910059	Reemplazo de cilindro de comando	0.6	1.25	15.0	16.25	231.84	0.06		
19/05/2019	E-0910077	Reemplazo de poleas sincronas del accionamiento principal	1.4	5.83	86.2	92.03	323.87	0.09		
19/05/2019	E-0910078	Cambio de motor principal del sistema de accionamiento	3.2	13.30	6 193.0	6 206.3	6 516.87	1.75		
26/05/2019	E-0910084	Alineamiento del eje motriz y conducido del sin fin de entrada	0.5	2.08	0.0	2.08	6 518.95	1.75		
26/05/2019	E-0910085	Reparación de la base de la pista de apertura	1.2	5.00	15.0	20.0	6 538.95	1.75		
02/06/2019	E-0910091	Cambio de cadenas del transportador de ingreso del carrusel	1.1	4.58	25.0	29.58	6 568.53	1.76		
02/06/2019	E-0910092	Cambio de piñones de las cadenas del transportador de ingreso del carrusel	0.9	3.75	14.0	17.75	6 586.28	1.77		
09/06/2019	E-0910118	Alineamiento de los templadores de la caja de transmisión	0.6	2.50	0.5	3.00	6 589.28	1.77		
09/06/2019	E-0910119	Cambio de pinos guías del carrusel	1.4	5.83	175.0	180.83	6 770.11	1.82		
16/06/2019	E-0910126	Cambio de engranajes del sistema de accionamiento	2.8	11.67	427.1	438.77	7 208.88	1.93		
16/06/2019	E-0910127	Rellenado de ejes de los transportadores del ingreso del sinfín de entrada	1.9	7.92	19.0	26.92	7 235.80	1.94		
23/06/2019	E-091037	Ajuste de válvulas de gas del sistema de válvulas	2.2	9.17	6.0	15.17	7 250.97	1.94		
02/07/2019	E-091045	Cambio de soportes de tulipas de las válvulas de llenado	1.8	7.50	18.0	25.50	7 276.47	1.95		
02/07/2019	E-091046	Cambio de tulipas de agarre de las válvulas de llenado	3.5	14.58	27.5	42.08	7 318.55	1.96		
09/07/2019	E-091058	Cambio de platina de arrastre del carrusel	0.3	0.63	4.9	5.53	7 324.08	1.96		
12/07/2019	E-091068	Ajuste de poleas sincronas del carrusel	0.3	1.25	5.9	7.15	7 331.23	1.97		

16/07/2019	E-091075	Alineamiento de la transmisión del sistema de accionamiento del carrusel	1.6	3.33	4.6	7.93	7 339.16	1.97
16/07/2019	E-090176	Cambio de placas de transferencia de ingreso de estrellas	0.8	1.67	12.0	13.67	7 352.83	1.97
23/07/2019	E-09191	Reemplazo de pistas de ingreso de los transportadores del carrusel	0.3	1.25	20.0	21.25	7 374.08	1.98

Cuadro 10.20 Inspección de ruta – estado movimiento

INSPECCIÓN DE RUTA Llenadora MECAFILL VKP 123			Fijación	Vibración	Ruido	Fugas	Desgaste	Alineamiento Nivelación	Lubricación	Acoplamiento
Conjunto de estrellas y reductores	Sistema de accionamiento	Polea								
		Rodamiento								
		Templador	C	C	C		C	C		
		Cadena		C	C		C	C	C	
Estrellas			C	C	C		C	C		
Sin Fin de entrada	Sistema de accionamiento	Engranajes								
	Caja de transmisión	Cadena								
		Templador								
	Rodamiento/chumacera									
Pernos tornillo Sin Fin										
Carrusel	Pista de apertura y cierre de válvula Spool	Resortes	C	C						
		Pista de desgaste	C	C						
		Base			C			C		
		Pinos guías	C		C			C		
	Reglas de válvula	Pista de desgaste	C	C	C		C	C		
		Soporte general	C	C	C		C	C		
	Sistema de accionamiento	Engranaje		C	C					C
transmisión		C	C	C					C	
Accionamiento principal	Poleas y correas sincrónicas			C	C					
	Piñones y cadena			C	C		C	C	C	
	Motor principal				C	C				
Válvulas de llenado	Cilindro de comando									
	Bigode									
	Válvulas		C			C	C	C		
	Rodillo de leva		C					C		
	Soporte de tulipas		C				C	C		C
	Bloqueador de gas					C	C	C		
Fecha 25/11/2019	Observaciones		Realizado: Técnico de Mantenimiento	Autorizado: Supervisor de planeamiento y mantenimiento		Estado: Movimiento		Frecuencia: Quincenal		

Cuadro 10.21 Inspección de ruta – estado parada

INSPECCIÓN DE RUTA Llenadora MECAFILL VKP 123			Fijación	Fugas	Desgaste	Alineamiento Nivelación	Lubricación	Acoplamiento
Conjunto de estrellas y reductores	Sistema de accionamiento	Polea	C		C	C		
		Rodamiento						
		Templador	C			C		C
		Cadena	C		C	C	C	
Estrellas			C		C	C		C
Sin Fin de entrada	Sistema de accionamiento	Engranajes	C			C	C	C
	Caja de transmisión	Cadena	C			C	C	
		Templador	C			C		
	Rodamiento/chumacera		C			C		
Pernos tornillo Sin Fin			C					
Carrusel	Pista de apertura y cierre de válvula Spool	Resortes	C		C	C		
		Pista de desgaste	C		C	C		
		Base	C			C		
		Pinos guías	C			C		
	Reglas de válvula	Pista de desgaste	C		C	C		
		Soporte general	C			C		
	Sistema de accionamiento	Engranaje	C		C	C		C
Transmisión		C		C	C	C	C	
Accionamiento principal	Poleas y correas sincrónicas		C			C	C	C
	Piñones y cadena				C	C	C	C
	Motor principal		C			C		C
Válvulas de llenado	Cilindro de comando							
	Bigode		C		C	C		C
	Válvulas		C	C	C	C		C
	Rodillo de leva		C				C	
	Soporte de tulipas		C		C	C		C
	Bloqueador de gas			C				
Fecha 25/11/2019	Observaciones		Realizado: Técnico de Mantenimiento		Autorizado: Supervisor de planeamiento y mantenimiento		Estado: Parada	Frecuencia: Quincenal

Cuadro 10.22 Caracterización de procesos generación del mantenimiento preventivo

CUADRO	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	CG.09.1001	
	CARACTERIZACION DE PROCESOS	Versión: 1	
		Página: 1 de 1	
Nombre del Proceso	GENERACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Responsable	
Objetivo	Elaboracion del plan de mantenimiento autonomo en los equipos criticos en la linea de envasado del la empresa.	Recursos	Personal capacitado y equipamiento necesario.
Alcance	Prevenir fallas en las máquinas que pueden indicar potenciales fallos. Se identifican características físicas que colectivamente indican la condición actual de la máquina. Cada una de estas características es medida, analizada y almacenada, de forma que se puedan reconocer tendencias de fallas potenciales.		

Procesos Proveedor	Entradas		Actividades Realizadas	Controles y/o Doc. Aplicados		Salidas		Proceso Clientes Internos
	Descripción	Cod		Descripción	Cod	Descripción	Cod	
Estudio del sistema de mantenimiento.	Análisis de indicadores de gestión de mantenimiento.	MP-01	Estudio de solución de problemas.	Generación de informe de mantenimiento técnico-económico	GIM-1	Elevación de informe a gerencia	EIG-1	Elevación de informe a gerencia
Aprobación de orden de planeamiento	Elaboración del Planeamiento de Mantenimiento	EPM-01	Aprobación de formatos e informes	Formato de Inspecciones	FI-01	Elevación a Gerencia	EIG-1	Ejecución de departamento
Elaboración del plan de Mantenimiento	Determinación de criticidad de equipos	DC-01	Análisis de modos de fallas	Generación del enfoque de solución	GES-01	Órdenes de trabajo	OM-01	
Puesta en marcha del mantenimiento	Informes de mantenimiento	IM-01	Análisis de informes de mantenimiento	Informes de estado de mantenimiento	IEM-01	Generación de informe a gerencia	GIG-01	Derivación a archivo técnico
Documentos de Referencia			Registros					
Descripción		Cod	Descripción		Cod			Cod
Informes de AP		AP-01	Back up de formatos para planeamiento de inspecciones		PP-01			
Programa de planeamiento		PP-01	Informes de análisis de mantenimiento		IAM-01			

ELABORA: <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	REVISAR: <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	APRUEBA: <div style="border: 1px dashed black; height: 30px; width: 100%;"></div>
--	--	---

GRÁFICO 10.3 Cronograma del proyecto

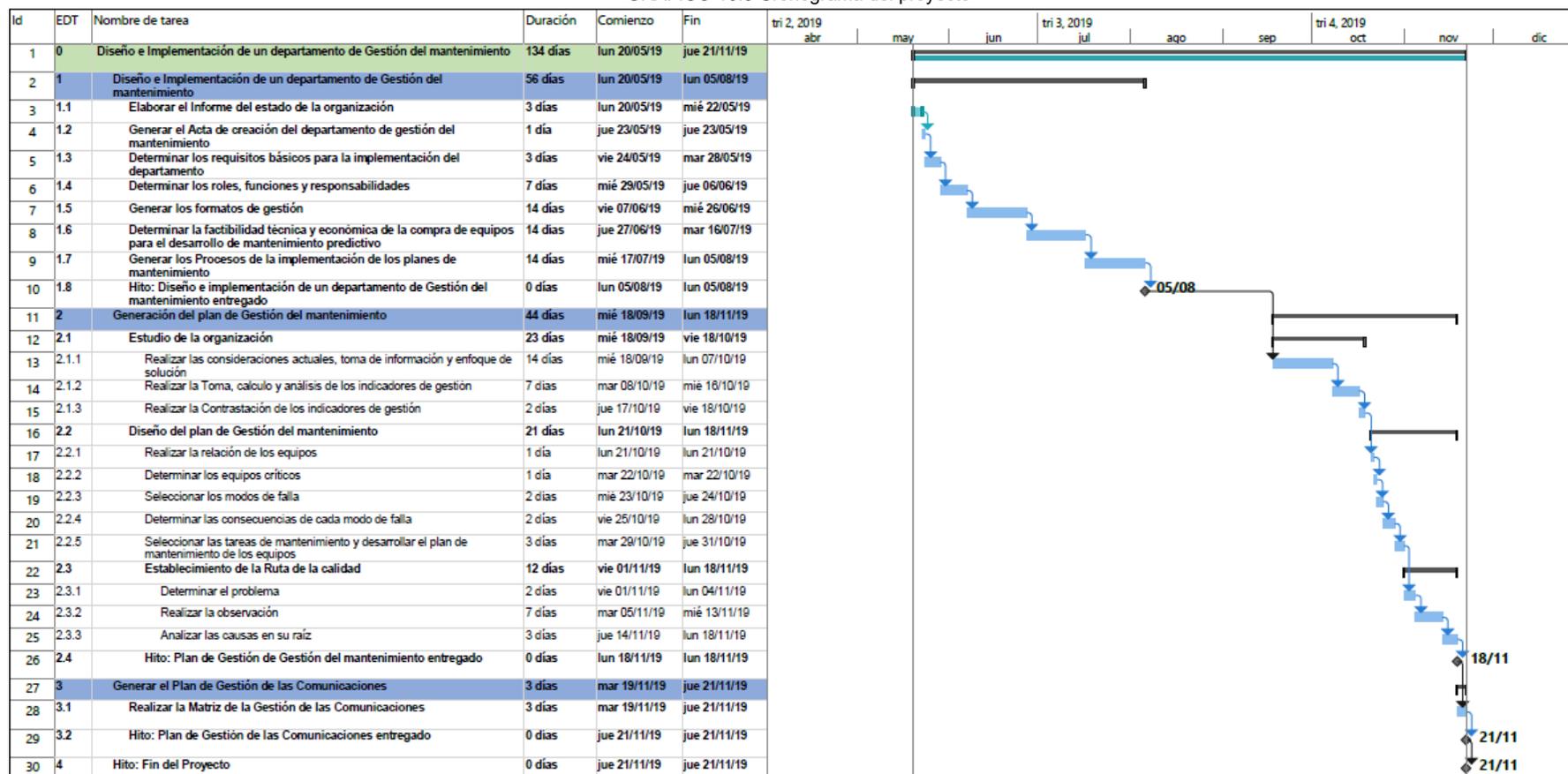


GRÁFICO 10.4 Lavadora de botellas



Fuente: KRONES AG. (2019). Lavadora de Botellas. Alemania. Recuperado de: <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/bottle-washing-machines.php>

GRÁFICO 10.5 Llenadora de botellas



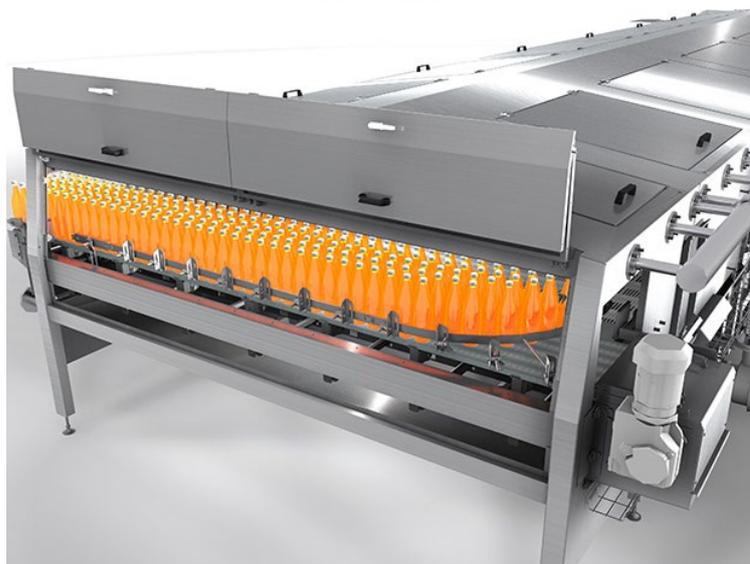
Fuente: KRONES AG. (2019). Llenadora de Botellas. Alemania. Recuperado de: <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/tecnica-de-llenado.php>

GRÁFICO 10.6 Inspector de botellas



Fuente: KRONES AG. (2019). Inspector de Botellas. Alemania. Recuperado de: <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/inspection-technology.php>

GRÁFICO 10.7
Pasteurizador



Fuente: KRONES AG. (2019). Pasteurizador. Alemania. Recuperado de: <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/filling-technology-product-treatment.php>

- Base de datos – modelo de base de datos utilizado en el proyecto

Cuadro 10.23 Cuadro de cálculo de productividad y rendimiento de los equipos

	Símbolo	Formula	Operación	Resultado
Tiempo total disponible	TD			
Tiempo planificado para no funcionar	TPNF			
Tiempo de paradas de descanso	TPP			
Tiempo de funcionamiento	TF	$TF = TD - TPNF - TPP$		
Utilización	U	$U = (TF/TD) \times 100\%$		
Tiempo de preparaciones y ajustes	TPA			
Tiempo de operación	TO	$TO = TF - TPA$		
Disponibilidad planificada	DP	$DP = (TO/TF) \times 100\%$		
Parada no planificada	TPNP			
Tiempo de operación neto	TON	$TON = TO - TPNP$		
Grado de funcionamiento	GF	$GF = (TON/TO) \times 100\%$		
Disponibilidad	A	$A = (TON/TF) \times 100\%$		
Funcionamiento sin producción y paradas menores	TFSP			
Perdida o menor velocidad	TMV			
Tiempo de operación utilizable	TOU	$TOU = TON - TFSP - TMV$		
Rendimiento	R	$R = (TOU/TON) \times 100\%$		
Defectos del proceso	TDP			
Tiempo productivo neto	TPN	$TPN = TOU - TDP$		
Calidad	C	$C = (TPN/TOU) \times 100\%$		
Productividad efectiva total	PET	$PET = (U) \times (A) \times (R) \times (C)$		
Efectividad total de los equipos	OEE	$OEE = (A) \times (R) \times (C)$		
Efectividad neta total	NEE	$NEE = (GF) \times (R) \times (C)$		