

**Mantenimiento mayor (overhaul) de la línea de envasado de Cervecería Nacional
Quito**

Ricardo David Trujillo Carrera

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

Camilo Alejandro Torres Peña

Magíster en Educación (STEAM)

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en dirección y gestión de proyectos

2023

Dedicatoria

A mis compañeros de trabajo quienes se esfuerzan día a día por lograr los mejores resultados para la Cervecería y por ende constituyen base fundamental para el desarrollo de este proyecto, a mis maestros y amigos.

Agradecimientos

A mis docentes de la maestría en Dirección y Gestión de Proyectos.

Contenido

Introducción	13
1. Aspectos contextuales.....	16
1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Descripción institucional.....	18
1.4 Revisión técnica de la propuesta	18
2. Marco referencial	19
2.1 Marco conceptual	19
2.2 Estado del arte	21
3. Áreas de conocimiento.....	24
3.1 Gestión de la integración del proyecto	26
3.2 Gestión del alcance del proyecto.....	27
3.3 Gestión del cronograma del proyecto.....	28
3.4 Gestión de los costos del proyecto	30
3.5 Gestión de la calidad del proyecto	31
3.6 Gestión de los recursos del proyecto.....	32
3.7 Gestión de las comunicaciones del proyecto.....	33
3.8 Gestión de los riesgos del proyecto.....	34
3.9 Gestión de las adquisiciones del proyecto.....	36
3.10 Gestión de los interesados del proyecto	38

4. Resultados	40
4.1 Ejecución del mantenimiento mayor de infraestructura y equipos.	40
4.2 Indicadores de desempeño de productividad y mantenimiento.	48
5. Discusión.....	50
6. Conclusiones	51
Referencias.....	53

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Acta de constitución del proyecto</i>	26
Tabla 2. <i>Cronograma de actividades del proyecto</i>	29
Tabla 3. <i>Presupuesto</i>	31
Tabla 4. <i>Los riesgos asociados al proyecto</i>	35
Tabla 5. <i>Criterios de aceptación de proveedores</i>	37
Tabla 6. <i>Responsables del proyecto</i>	39

Lista de figuras

Figura 1. <i>Árbol de problemas</i>	18
Figura 2. <i>Mapa mental elementos planificación y gestión de proyectos</i>	20
Figura 3. <i>Reforzamiento de la estructura metálica del galpón y cambio de cubierta de línea de envasado (antes y después de la intervención)</i>	40
Figura 4. <i>Intervención en la mesa de carga de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	41
Figura 5. <i>Intervención en la zona de prelavado en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	42
Figura 6. <i>Intervención de guías de cadena y deflectores en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	43
Figura 7. <i>Intervención del sistema de calentamiento en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	43
Figura 8. <i>Intervención del sistema de extracción de etiqueta en lavadora de botellas</i>	44
Figura 9. <i>Intervención del sistema de enjuagues rotativos de lavadora de botellas</i>	45
Figura 10. <i>Intervención del sistema de transmisión interno de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	46
Figura 11. <i>Intervención del sistema de descarga de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)</i>	46
Figura 12. <i>Actualización de inspector de botellas vacías, robots, lavadora de cajas, llenadora,</i>	47
Figura 13. <i>Indicador de productividad LEF mensual (eficiencia de línea) del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre</i>	48

Figura 14. *Indicador de confiabilidad de los equipos MTTR mensual del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre 49*

Figura 15. *Indicador de confiabilidad de los equipos MTBF mensual del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre del 2022. 50*

Resumen

Dada la gran preponderancia que la planificación a través de la gestión de proyectos tiene en los procesos productivos, el presente estudio se centra en la propuesta de un plan de mantenimiento mayor, en la empresa Cervecería Nacional en la sede Quito Ecuador. Por lo tanto, la investigación tuvo como propósito el diseño y ejecución de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para optimizar el rendimiento de la maquinaria en cuestión, así como la reparación y mantenimiento de parte de la infraestructura. Para lograr este propósito se han adoptado las bases teóricas de planificación vigentes y específicamente la guía del PMBOK séptima edición. Con el desarrollo de la propuesta se logró mejorar las condiciones de infraestructura de la línea de envasado lo cual tiene una repercusión directa en la continuidad de la operación y la calidad del producto. Con respecto al overhaul de lavadora fue posible realizar los cambios sugeridos en la planificación y dentro del tiempo propuesto en el cronograma del proyecto, comprobando la aplicación práctica que la guía PMBOK tiene en el campo de los procesos productivos.

Palabras clave: mantenimiento mayor, overhaul, cervecería Quito, mantenimiento preventivo

Abstract

Given the great preponderance that planning through project management has in production processes, this study focuses on the proposal of a major maintenance plan, in the Cerveceria Nacional company at the Quito Ecuador headquarters. Therefore, the purpose of the research was to design a corrective and preventive maintenance plan to optimize the performance of the machinery. To achieve this purpose, the current theoretical bases of planning have been adopted, specifically the PMBOK guide, seventh edition. With the development of the proposal, it was possible to improve the infrastructure conditions of the packaging line, which has a direct impact on the continuity of the operation and the quality of the product. Regarding the washing machine overhaul, it was possible to make the suggested changes in the planning and within the time proposed in the project schedule, verifying the practical application that the PMBOK guide has in the field of production processes.

Keywords: major maintenance, overhaul, Quito brewery, preventive maintenance

Glosario

AB InBev: Anheuser-Busch InBev: es una compañía de cervecera con presencia en 50 países y posee más de 500 marcas que son vendidas en más de 100 países en el mundo. En Ecuador es el mayor accionista de la compañía Cervecería Nacional (ABInBev, 2019).

Cervecería Nacional: importante empresa de bebidas de cervezas y refrescos del Ecuador (Cervecería Nacional, 2018)

Confiabilidad: indicador de la capacidad de un equipo de funcionar sin fallar durante un periodo de tiempo.

Disponibilidad: indicador resultante de la relación entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada del equipo.

Eficiencia de línea: indicador resultante de la relación del tiempo de producción de un equipo respecto al tiempo planificado de producción

FOB: es el valor de la mercancía puesta a bordo de un transporte marítimo el cual abarca tres conceptos: costo de la mercancía en el país de origen, transporte de los bienes y derechos de exportación.

KPI: indicadores clave de desempeño “key performance indicator” por sus siglas en idioma inglés

LEF: eficiencia de línea “line efficiency” por sus siglas en idioma inglés

Línea de envasado: conjunto de equipos y procesos destinados a introducir un producto dentro de un envase.

Mantenimiento mayor: son trabajos de mantenimiento de carácter exclusivamente preventivo que requieran el retiro total de servicio de una instalación de manera planificada.

MTTR Tiempo medio para reparación: Mean Time to Repair: es un indicador que representa el tiempo medio necesario para reparar una avería y hacer que un equipo vuelva a funcionar normalmente.

MTBF Tiempo medio entre fallas: Mean Time Between Failures: representa el tiempo medio que transcurre entre dos fallas/averías de un equipo determinado.

Confiabilidad: se refiere a la probabilidad de que un sistema o componente, pueda funcionar correctamente fuera de falla, por un tiempo específico.

Introducción

Los proyectos pueden ser simples o complejos, en ambos casos deben ser gestionados por gerentes o líderes de proyectos a través de una planificación eficaz y eficiente. Tradicionalmente, las iniciativas de desarrollo gerencial han incluido intervenciones tales como programas formales de capacitación, evaluaciones de desempeño y capacitación gerencial (Jamali y Oveisi, 2016, p.1). Sin embargo, en la mayoría de los casos los gerentes no están equipados con las herramientas y técnicas necesarias para la correcta gestión de proyectos, dada la gran diversidad de actividades a las que se dedican las organizaciones. Por lo tanto, mejorar los procesos de planificación, requiere el desarrollo de nuevas herramientas, así como programas de capacitación organizacional diseñados para los gerentes funcionales (Jama-Zambrano, 2019, p.5).

Dada la ausencia de conocimiento o falta de actualización por parte de los gerentes de proyectos para realizar planificaciones efectivas muchos de los proyectos terminan con resultados fallidos o con resultados que no eran los esperados. Por lo tanto, para que un proyecto se complete con éxito, tanto la planificación como la ejecución deben implementarse adecuadamente. Los proyectos en las organizaciones son diversos y de varios tipos, sin embargo, en las empresas que se dedican a la producción en masa la mayoría de los proyectos están asociados con el mantenimiento mayor de maquinarias. Por lo cual la planificación eficaz del mantenimiento es esencial e importante en cualquier organización responsable de adquirir y gestionar activos complejos (Díaz y Duarte, 2015, p.9).

El mantenimiento ha alcanzado una posición importante como resultado de la tecnología moderna, que requiere un mantenimiento frecuente y necesario para garantizar el rendimiento de las máquinas, independientemente de si se planifica o no. En la industria de producción, por ejemplo, el mantenimiento representa una función muy importante dentro del entorno de

producción general, que es necesaria para aumentar los niveles de producción o mantener los niveles máximos de producción (Priyanta, 2016, p.32).

La competitividad y el desempeño de las empresas manufactureras dependen de la disponibilidad, confiabilidad y productividad de sus equipos de producción. Este reconocimiento ha llevado a un cambio drástico de percepción sobre el mantenimiento en las últimas décadas, evolucionando de un “mal necesario” a una actividad de “valor agregado”. En este sentido, los gerentes de proyectos de mantenimiento para asegurar el buen desempeño de la planta de producción necesitan una buena visión general de los procesos y logros del mantenimiento y para lograrlo precisan de lineamientos y estándares de calidad claramente definidos (Van y Pintelon, 2018, p.27).

En el Ecuador, la Cervecería Nacional con sede en Quito, es una empresa que está en la rama de alimentos y bebidas y se dedica a producir y vender cerveza teniendo el portafolio de marcas más representativo del país. La capacidad instalada de la empresa es de 2.81 millones de hectolitros anuales y en el año 2021 produjo 2.2 millones de hectolitros. Esta brecha en la producción obedece al desgaste gradual de la maquinaria en la zona de envasado. De allí la preponderante necesidad de establecer un plan para la gestión y mantenimiento mayor en la maquinaria que presenta deficiencias. Además, el control de indicadores productivos tiene un alto impacto en los resultados financieros de la empresa por lo cual el proyecto propuesto es de alto impacto para mejorar el indicador de eficiencia de línea que es uno de los principales KPIs estratégicos de la planta.

Para garantizar el diseño eficiente y la puesta en marcha de un proyecto es menester que se tome en cuenta directrices claras, por lo tanto cualquier estudio en este tema, debe considerar la fundamentación teórica y los estándares de calidad vigentes de modo que se puedan identificar los

factores críticos que determinan el éxito de cualquier tipo de proyecto los cuales, terminan afectando la triple restricción de los proyectos (costo, tiempo, y alcance), principales causantes de perjuicios si no se gestionan adecuadamente. Es por ello que hoy en día es muy importante considerar la calidad y el tiempo de ejecución de los proyectos, de allí la búsqueda de mejores técnicas, herramientas y referentes teóricos para la adecuada gestión de proyectos.

Dada la gran preponderancia que la planificación a través de la gestión de proyectos tiene en los procesos productivos, el presente estudio se centra en la propuesta de un plan de mantenimiento mayor, puesto que una planificación inadecuada puede disminuir el rendimiento y la productividad de la maquina afectando la producción y en consecuencia el nivel de ingresos por ventas del producto terminado. Por lo tanto, la presente investigación tiene como propósito el diseño de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para optimizar el rendimiento de la maquinaria. Para lograr este propósito el estudio tiene sus bases teóricas en la planificación y específicamente la guía del PMBOK séptima edición, su desarrollo permitirá reforzar los conocimientos de planificación y gestión con el empleo de una de las guías ampliamente aceptadas para tal fin, al mismo tiempo que se brinda una solución eficaz para el problema detectado.

El documento está conformado por 5 apartados. En el apartado 1 se exhiben los aspectos contextuales de la empresa objeto de estudio, así como la descripción del problema, los objetivos y la revisión técnica de la propuesta. En el apartado 2, se presenta el marco referencial en relación al principal referente teórico, los conceptos más relevantes y el estado del arte del tema objeto de estudio. En el apartado 3 se describe detalladamente el área de conocimiento según la guía PMBOK. El apartado 4, se evidencian los principales hallazgos derivados de la propuesta y finalmente en el apartado 5 se describen las principales conclusiones extraídas de la investigación.

1. Mantenimiento mayor (overhaul) de la línea de envasado de Cervecería

Nacional Quito

El presente proyecto corresponde a un caso de negocio cuya inversión en adecuaciones en la infraestructura y estado de la maquinaria tendría un impacto directo en la mejora de la productividad de la cervecería.

1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio

Desde una perspectiva de mantenimiento, la infraestructura y las máquinas se desgastan o deterioran con el tiempo, es así como la mayoría de los equipos en una cervecería muestran una distribución de fallas por desgaste. Es importante diferenciar entre estos dos tipos de deterioro, el deterioro natural que tiene lugar cuando el equipo opera en condiciones de diseño, por ejemplo, a la velocidad correcta, la temperatura correcta, el lubricante correcto y el deterioro forzado que tiene lugar cuando el equipo opera en condiciones para las que no se ha diseñado, por ejemplo, a la velocidad incorrecta, sin mantenimiento adecuado, etc. Es importante mencionar que con el transcurso del tiempo en la línea de envasado de Cervecería Nacional se han presentado los dos tipos de deterioro provocando fallas funcionales que no se identificaron en su momento, pero que exponen a la organización a la probabilidad de otras posibles fallas con consecuencias más serias sobre la seguridad, el medio ambiente y la productividad, lo cual puede repercutir en costos industriales no previstos y en la calidad del producto, afectando la relación con el cliente final y por ende la reputación de la empresa.

Por estos motivos se requiere devolver a la infraestructura y a los equipos a condiciones básicas de operación a partir de un mantenimiento mayor que es una metodología utilizada para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que esperamos de ellos de acuerdo con su

diseño lo cual debe conducir a mejoras sustanciales en los mismos que permitan mejorar la seguridad, la integridad estructural, el control, el confort y la apariencia de los mismos, pero sobre todo que estos activos alcancen el estándar de ejecución esperado y efectúen su función de forma eficiente garantizando que los indicadores se cumplan evitando así que existan fallas recurrentes lo cual afecta a la productividad medida como “Eficiencia de Línea” definida como el tiempo de funcionamiento de la maquinaria sin presentar fallas respecto al tiempo planificado para producción; dicho indicador en el año 2021 cerró en 95.7%.

Dentro de su plan estratégico la empresa se ha propuesto incrementar este indicador y se ha planteado una meta del 96.5% para lo cual esta asignando un presupuesto para que se ejecute un proyecto de arreglos civiles y mantenimiento mayor de los equipos críticos de tal manera que se asegure la confiabilidad de estos y se logre llegar al resultado esperado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Mejorar las condiciones de infraestructura y mecánicas de los equipos de envasado para darle continuidad a la producción y mejorar indicadores KPIs de productividad.

1.2.2 Objetivos específicos

Sostener capacidad de producción en la línea de envasado. LEF >96.5%

Mantener la disponibilidad al 100% de los equipos de envasado.

Mantener la confiabilidad de los equipos sobre el 98%

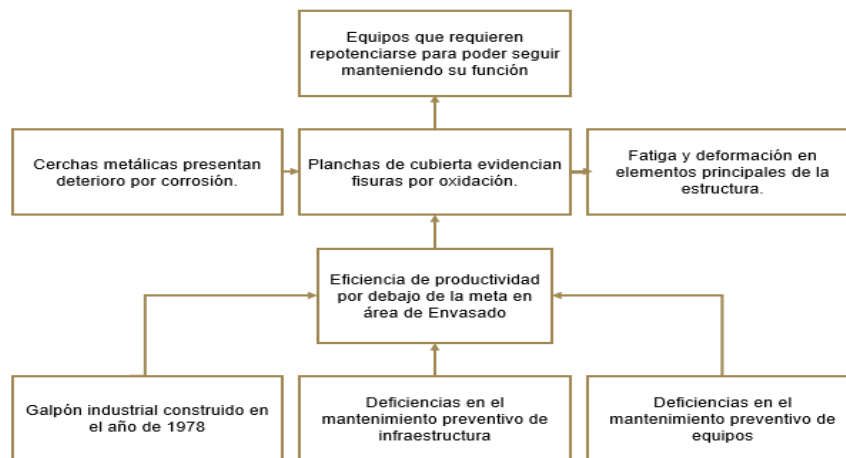
1.3 Descripción institucional

Cervecería Nacional sede Quito es una industria que funciona desde el año de 1974. Su visión ser la empresa más admirada del Ecuador, poseer y desarrollar bebidas en los sectores elegidos que sean la primera opción para consumidores y clientes. Su portafolio de marcas está conformado por las cervezas “Pilsener”, “Pilsener Light”, “Club Premium” y “Nuestra Siembra” así como por sus refrescos “Pony Malta” y “Agua Manantial”.

1.4 Revisión técnica de la propuesta

La situación de la línea de producción en cuanto a su infraestructura y mantenimiento han sido puntos que han salido a relucir en las reuniones de todo nivel del área de manufactura, es así como de manera generalizada es evidente que se requiere la intervención con obras civiles y mantenimiento mayor de la maquinaria para alcanzar las metas de productividad del área de envasado. A continuación, se presenta un esquema tipo árbol en el que se detalla los principales aspectos del problema base para este proyecto.

Figura 1. *Árbol de problemas*



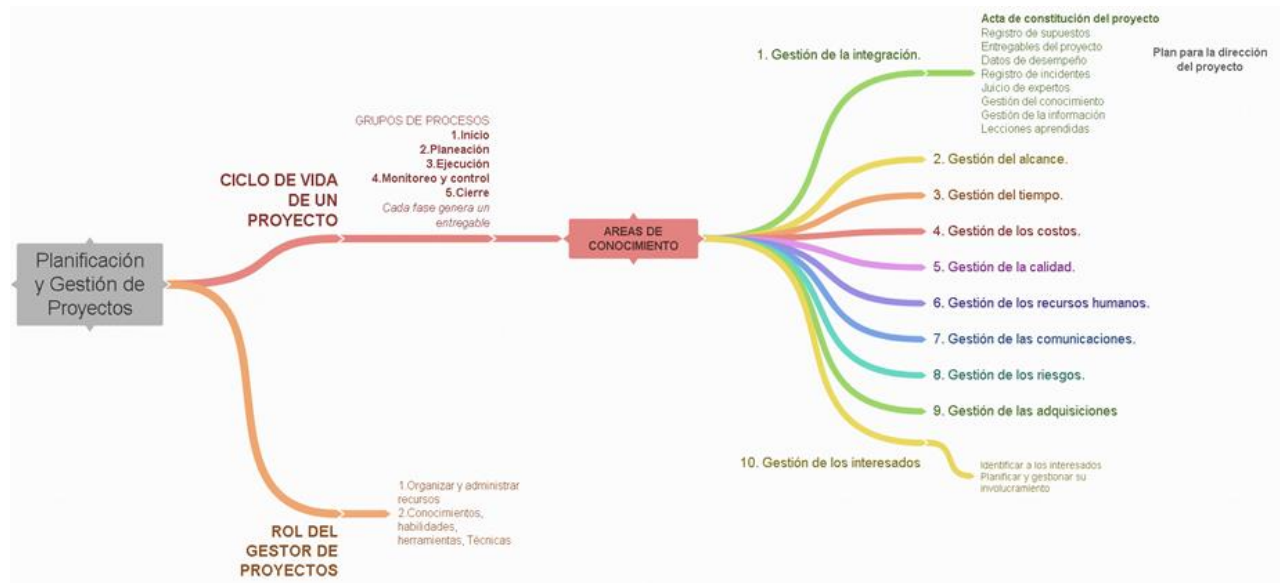
2. Marco referencial

El mantenimiento en general y el mantenimiento industrial en particular, conlleva la realización y consecución de un conjunto de acciones que se deben desarrollar por el personal de este departamento o área, con el fin de garantizar que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados en un determinado proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación (Pérez, 2021).

Existen diferentes conceptos y sistemas de mantenimiento, como son: correctivo, preventivo y predictivo. En el primer caso se define aquel mantenimiento de tipo básico y corresponde a acciones encaminadas a reparar las averías o fallas que se presentan en los equipos o instalaciones y que han ocasionado pérdida de operatividad. En el segundo caso, se refiere a la supervisión planificada y la distribución de labores previstas que se realizan en las instalaciones y equipos con el fin de reducir la probabilidad de interrupciones y la depreciación excesiva de las propiedades de una empresa (Medrano, et al, 2017).

2.1 Marco conceptual

El presente trabajo pretende abordar su cadena de valor y los elementos generales de la planificación y gestión de proyectos basados en las buenas prácticas del PMBOK 6ta edición. El siguiente esquema gráfico muestra el ciclo de vida y las áreas de conocimiento que serán aplicadas para la gerencia del proyecto.

Figura 2. Mapa mental elementos planificación y gestión de proyectos

Adaptado de PMBOK 6ta edición (Project Management Institute, 2017).

A continuación, se presentan los conceptos fundamentales según el estándar de la guía PMBOK 7ma edición (Project Management Institute, 2021):

- Proyecto: implica la realización de un esfuerzo temporal con el fin de crear bienes o servicios. El carácter temporal se hace referencia al inicio y final de una actividad, los cuales pueden ser independientes o asignados a un portafolio.
- Portafolio: en el marco de la planificación y gestión de proyectos se refiere a programas, proyectos y operaciones gestionadas en conjuntos o grupos de proyectos para alcanzar los objetivos estratégicos.
- Planificación: es la función de la gestión que implica el establecimiento de objetivos y la determinación de un curso de acción para lograr esos objetivos. La planificación requiere

que los gerentes sean conscientes de las condiciones ambientales que enfrenta su organización y pronostiquen las condiciones futuras

- Estándares de la industria: se relacionan con los productos, producción, medio entorno, calidad y fabricación.
- Resultado: se define como la consecuencia final de un proceso o proyecto. Pueden incluir salidas o productos finales, sin embargo, tienen una concepción más amplia cuando el resultado se centra en los beneficios y el valor para los que se emprendió el proyecto.
- Producto: es el artefacto producido, que puede ser cuantificable también, puede verse como un elemento terminado o un componente de un elemento.
- Programa: parte de un proyecto y actividades cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran en forma individual.
- Dirección de proyectos: consiste en la aplicación del conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas orientado a las actividades del proyecto para entregar los resultados previstos.

2.2 Estado del arte

Son variados y diversos los estudios que abordan el tema de la gestión de proyectos y específicamente, el tema de la planificación y gestión. Se reconoce la gestión de proyectos como un conjunto de procesos interrelacionados donde la ejecución y el éxito dependen en gran medida de una buena planificación. Al respecto Globerson y Zwikaël (2020, p.1) estudiaron el impacto de la gestión de proyectos en la calidad de los procesos de planificación con respecto a las nueve áreas de conocimiento que refiere la guía PMBOK, el propósito del estudio consistió en determinar la manera de incrementar la eficacia de la intervención del gestor. Para lograrlo evaluaron 21

procesos relacionados con la planificación. Los resultados evidenciaron que la gestión de riesgos y la comunicación fueron los procesos con menor calidad de planificación como consecuencia de carencia de herramientas y técnicas. Este estudio es de gran relevancia pues destaca la necesidad de conocer, estudiar y aplicar herramientas de gestión de proyectos de manera general, que permitan en cierto modo mejorar la eficacia y la eficiencia en las organizaciones.

En áreas más específicas como lo son los sistemas de información y comunicación, también representan un gran desafío a la hora de definir y alcanzar el éxito en la gestión de proyectos, dada la gran cantidad y diversidad de partes interesadas involucradas y las variables que deben tener en cuenta los gerentes de proyectos y sus equipos. En este sentido, Takagi y Varajão (2020, p.2) en su estudio acerca de los sistemas de información aborda rigurosamente los estándares y guías de gestión de proyectos reconociendo su valor en este contexto, puesto que proporcionan conceptos, procesos y técnicas relacionadas con varias áreas de conocimiento. Sin embargo, no definen explícitamente lo que se debe hacer para gestionar el éxito de un proyecto. Al respecto el autor propone un modelo para la integración de las actividades de gestión y planificación por medio de la guía PMBOK.

Otro estudio de gran interés que aborda simultáneamente la gestión de proyecto con base en la guía PMBOK y que además se centra en la planificación y gestión de mantenimiento mayor de maquinaria a nivel industrial es el de Díaz y Duarte (2017, p.12). Pues propone la planificación y gestión de un proyecto para el mantenimiento mayor en las estaciones de bombeo de ECOPETROL S.A. El referido autor analiza el proceso actual de mantenimiento y el modelo de maduración de proyectos de la organización. A partir de este análisis previo propone un modelo de gestión de proyecto para el mantenimiento mayor de las estaciones de bombeo, con base en las

áreas de conocimiento expuestas en el PMBOK, y la aplicación de las buenas prácticas sugeridas por el PMI.

La guía PMBOK también ha sido ampliamente aplicada en la gestión de proyectos de fabricación de rubros de todo tipo. Un ejemplo concreto es el estudio realizado por (Mateus, 2022, p. 4) en el que analiza una empresa dedicada a la fabricación de ventanas de PVC y aluminio. El problema que intentó resolver a través de la gestión de proyectos fue el de la existencia de inconvenientes en cuanto a los tiempos de entrega debido a paradas inesperadas de los equipos, las fallas eventuales eran causadas por la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo, en este sentido propuso un plan de mantenimiento mayor para los equipos estratégicos en la producción, para minimizar las interrupciones y mejorar la productividad. Para el desarrollo de su propuesta empleó la guía de proyectos PMI en combinación con la guía PMBOK.

Otro caso de estudio que relaciona la guía PMBOK y el mantenimiento mayor de maquinaria es el estudio de Ledesma (2017, p. 8), en el que propone un plan de gestión de proyecto para realizar el mantenimiento de una grúa de carga. Al tratarse de unidades mecánicas las grúas requieren de mantenimiento, el cual puede ser de rutina o mantenimiento mayor, en el segundo caso la empresa designa el trabajo a una empresa especializadas, por lo que era necesario diseñar un método de gestión y en este caso el autor se sirve de la guía PMBOK para mejorar los proyectos de mantenimiento de grúas móviles. El autor concluye que es posible desarrollar un método de gestión empleando el PMBOK y que ciertos servicios de mantenimiento pueden ser enfocados y gestionados como proyectos obteniendo mejores resultados.

Cuando el objetivo es mejorar los indicadores de desempeño, productividad y tiempo, el estudio de Cuyubamba (2020, p.10), es una buena referencia, pues plantea una propuesta de gestión de proyectos en la línea de desarrollo de proyectos de la empresa metalmecánica COPMEC, dado

que esta línea de trabajo presentaba un nivel de productividad bajo del 78% debido a que el 75% no estaban siendo entregados en los plazos acordados. Al respecto el autor se planteó como objetivo mejorar la productividad de la línea de desarrollo de proyectos, para lograrlo diseñó un plan de gestión de trabajo con base en la guía PMBOK.

Faraji et al., (2022, p. 1), menciona que los estándares de gestión de proyectos, como el PMBOK, han tenido un papel considerable en el desarrollo de este campo de conocimiento y su promoción en industrias orientadas a proyectos. Los referidos autores plantean un estudio aplicando la guía PMBOK, séptima edición, 2021. En esta edición más allá de los procesos se adopta un enfoque orientado al rendimiento. El autor explora la aplicación y adaptación de la séptima edición a las características específicas de la industria de la construcción. Los resultados muestran que la industria de la construcción tiene peculiaridades especiales en forma de cuatro tipos de proyectos diferentes con fases específicas. El estudio se constituyó como uno de los primeros intentos de revisar el estándar novedoso presentado de la séptima edición del PMBOK y contribuye al conocimiento actual mediante el análisis de la industria de la construcción en relación con este tema.

3. Áreas de conocimiento

Si bien la PMBOK en términos generales difiere de una metodología, esta puede adecuarse a las necesidades de cualquier organización y esta flexibilidad proporcionada por la guía permite a una organización construir una metodología específica, políticas, procedimientos, reglas, herramientas y técnicas, y fases del ciclo de vida necesarios para la práctica de la dirección de proyectos (Project Management Institute, 2017). En este sentido, el proyecto de mantenimiento mayor de la infraestructura y equipos de envasado de Cervecería Nacional Quito que se propone

pretende emplear las áreas de conocimiento definidas en el PMBOK 7ma edición para la gestión de actividades que permitan conseguir los objetivos de proporcionar las condiciones adecuadas de operación para el personal y equipos, así como la eliminación de riesgos de fallos en la estructura civil y garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria mediante su repotenciación.

Por otra parte, para plantear el mantenimiento mayor para la línea de envasado de Cervecería Nacional Quito, se realizó una revisión bibliográfica y documental con relación a la incidencia del mantenimiento en el sector de la industria cervecera, lo cual conlleva a la mejora de los indicadores de desempeño para este sector. La principal fuente de consulta fue la AB InBev quien es la multinacional que rige la normativa de gestión de Cervecería Nacional Quito a partir de sus manuales globales que estandarizan los procedimientos de todas sus filiales cerveceras.

El Maintenance Handbook ABInBev (2019), menciona que para reducir la probabilidad de realizar mantenimientos correctivos que afecten indicadores de productividad se deben identificar y ejecutar de manera disciplinada las actividades de mantenimiento planificadas como overhaul o mantenimiento mayor, esto se realiza a través del proceso de desarrollo de un programa preventivo o de mantenimiento previsto.

El programa de mantenimiento planificado incluirá el mantenimiento periódico y mantenimiento predictivo que según AB InBev incluye monitorización del estado de los equipos. La intención del programa de overhaul será no sólo asegurar la operatividad de los equipos, sino también el funcionamiento repetible y fiable del proceso. La política de mantenimiento periódico que requiere tiempo muerto está basada en la edad de funcionamiento y la información detallada del estado de los equipos. Esto implica que el mantenimiento basado en el tiempo se produce a una edad que es justo antes a que el equipo llegue al punto de desgaste total. Los procedimientos del mantenimiento fueron definidos y validados por el equipo de soporte técnico de la planta.

Para optar por la propuesta de realizar mantenimiento mayor a la infraestructura y equipos de envasado de Cervecería Nacional Quito se utilizaron metodológicamente criterios, diagramas de Pareto, matriz DOFA y diagramas causa y efecto. Estas técnicas permitieron identificar que los indicadores de productividad y calidad estaban siendo afectados por el estado de la infraestructura y la condición de equipos críticos de producción ya que los indicadores de proceso tales como tiempo medio para reparación y tiempo medio entre fallas se encontraban en ocasiones fuera de meta. Posterior a las fases operativas y de ejecución del proyecto se presentarán los resultados de las métricas propuestas para validar el cumplimiento de los objetivos.

En la dirección de proyectos un área de conocimiento se define por los requerimientos y requisitos de conocimientos necesarios para la planificación y ejecución de un proyecto, este se describe en términos de procesos, entradas, salidas, prácticas, herramientas y técnicas que la componen. Las áreas del conocimiento se encuentran interrelacionadas; sin embargo, la guía PMBOK las define de manera separada y siguiendo esa lógica a continuación se presenta las diez áreas de conocimiento identificadas por la guía, las cuales se emplean en la mayoría de los proyectos.

3.1 Gestión de la integración del proyecto

Tabla 1. *Acta de constitución del proyecto*

Título del proyecto	Mantenimiento mayor (Overhaul) de la línea de envasado de Cervecería Nacional Quito.
Descripción del proyecto	Arreglos civiles y overhaul en equipos críticos de la línea de envasado.
Caso de negocio	Se requiere sostener la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de envasado, mediante la ejecución de mantenimiento civil de la infraestructura y overhaul a los equipos de tal manera de poder sostener la eficiencia de línea (LEF) del área de Envasado mayor a 96,5%.

Recursos preasignados	Presupuesto asignado USD \$419.206
Interesados	Director de operaciones. Gerencia de envasado. Gerencia de ingeniería.
Breve Descripción de los productos /entregables	Mantenimiento civil de las instalaciones de envasado. Overhaul de lavadora de botellas. Actualización de los siguientes equipos: inspector de botellas vacías, robots, lavadora de cajas, llenadora, etiquetadoras y equipos complementarios
Supuestos	Se cuenta con los espacios de intervención y recurso (personal) para cada overhaul. Los repuestos estarán disponibles en planta en las fechas planificadas. El overhaul de los equipos no implicará el cambio o reingeniería de estos.
Restricciones	El proyecto solo puede ejecutarse en el segundo semestre del año. Se deben cumplir con todos los protocolos definidos por el ente regulatorio zonal. Se debe cumplir con todos los requerimientos del departamento de compras.
Objetivo medible del proyecto	Mantener confiabilidad sobre el 98% y una eficiencia de línea (LEF) sobre 96,5%
Patrocinadores	Cesar Lincango, gerente de envasado. Joseph Vergara, gerente de ingeniería.

3.2 Gestión del alcance del proyecto

El alcance del proyecto contempla las siguientes actividades:

A) Reparación de la infraestructura de la línea de envasado

- Reforzar estructura metálica del galpón
- Reemplazar cubierta del galpón
- Implementación de canalización de aguas lluvias (bajantes y canalones).
- Sustitución de paredes existentes por nueva mampostería de bloque enlucida y pintada.

B) Reparación de los siguientes componentes de la lavadora de botellas:

- Mesa de carga de lavadora de botellas.

- Zona de prelavado
- Guías de cadenas y deflectores
- Sistema de calentamiento
- Sistema de extracción de etiqueta
- Sistema de transmisión interno y externo.
- Sistema de enjuagues rotativos.
- Cadena viajera y porta canastos
- Sistema de descarga
- Sistema de bombas centrífugas y enjuague.

C) Actualización de inspector de botellas vacías.

D) Actualización de robots.

E) Actualización de lavadora de cajas

F) Actualización de llenadora

G) Actualización de etiquetadoras y equipos complementarios.

3.3 Gestión del cronograma del proyecto

De acuerdo con las actividades descritas en el alcance del proyecto se establece el siguiente cronograma.

[illegible]

3.4 Gestión de los costos del proyecto

Para el presente proyecto, se cuenta con un presupuesto aproximado de los recursos que tiene en cuenta los insumos de los materiales y los repuestos requeridos para los overhaul de las diferentes máquinas.

Dentro del plan de costos y de acuerdo con los lineamientos establecidos por el PMBOK 6 edición, se tienen en cuenta como entradas el acta de constitución del proyecto, así como el plan para la dirección del proyecto, donde es desarrollado el cronograma de ejecución de las diferentes actividades del proyecto.

Los materiales, proveedores y repuestos requeridos, serán presupuestados a nivel general, sin embargo, al momento de la ejecución del proyecto se determinarán dichos proveedores teniendo en cuenta factores de calidad, económicos y de cumplimiento de entregas.

3.4.1 Condiciones de estimación de los costos

El presupuesto se desarrollará en el programa informático Microsoft Excel.

El presupuesto total del proyecto es el que corresponde a la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos que se generen.

3.4.2 Especificaciones del presupuesto

El costo directo del proyecto es el que corresponde a la sumatoria total de todos los costos de cada una de las actividades establecidas en la estructura de desglose de trabajo (EDT)

3.4.3 Control de cambios del costo del proyecto

Se deben realizar controles del costo del proyecto mínimo una vez a la semana, efectuando informes por escrito cada quince (15) días, estipulando los cambios o modificaciones (si es el caso) en el presupuesto general del proyecto.

Determinación del presupuesto

Tabla 3. Presupuesto

N°	Actividades requeridas	Costo
1	Infraestructura y equipos	\$ 210.304,72
2	Carga de lavadora de botellas	\$ 76.137,00
3	Prelavado en lavadora de botellas	\$ 38.015,00
4	Guías de cadena y deflectores en lavadora de botellas	\$ 13.820,00
5	Sistema de calentamiento en lavadora de botellas	\$ 12.430,00
6	Sistema de extracción de etiqueta en lavadora de botellas	\$ 5.390,00
7	Sistema de enjuagues rotativos de lavadora de botellas	\$ 27.080,00
8	Sistema de transmisión interno de lavadora de botellas	\$ 9.415,00
9	Sistema de descarga de lavadora de botellas	\$ 11.450,00
10	Actualización de inspector de botellas vacía	\$ 15.165,00
Total		\$ 419.206,72

3.5 Gestión de la calidad del proyecto

Para la consecución de la Gestión de Calidad, es conveniente tener en cuenta los grupos de procesos que establecen los lineamientos en las organizaciones en cuanto a planificación, gestión y control de la calidad, para ello el PMBOK 6ed establece tres (3) grupos de procesos como lo son: la planificación, la gestión y el control de la calidad.

3.5.1 Planificación de la gestión de la calidad

3.5.1.1 Alcance. En el alcance del plan, está considerado el cumplimiento efectivo de las órdenes de trabajo generadas para las diferentes intervenciones en la maquinaria.

3.5.1.2. Objetivos. Satisfacer los requerimientos respecto al cumplimiento del cronograma de intervenciones y el presupuesto asignado con seguimiento mensual. Evaluar la efectividad del trabajo a través de la realización de auditorías internas. Identificar las oportunidades de mejora para el cumplimiento de objetivos.

3.5.1.3 Estándares y desempeño. Se ha determinado que dentro de este proyecto es importante el seguimiento al cumplimiento efectivo de las órdenes de trabajo generadas para lo cual se van a aplicar los siguientes indicadores:

- Número de órdenes de trabajo terminadas o en proceso:
- Proporción de OT Terminadas = N° de OT terminadas / Total de OT generadas
- Número de órdenes de trabajo pendientes:
- Proporción de OT pendientes = N° de OT pendientes / Total de OT generadas
- Índice de cumplimiento de la planificación:
- Índice de Cumplimiento de la Planificación = $\frac{\text{Total órdenes terminadas en la fecha programada o con anterioridad}}{\text{Total órdenes planificadas}}$
- Tiempo Medio de Recepción de Pedidos:
- Tiempo medio de demora = $\frac{\sum \text{demora de cada pedido}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos}}$

3.6 Gestión de los recursos del proyecto

Antes de que cualquier proyecto pueda continuar, se deben definir los requisitos de recursos del proyecto. La parte principal de este paso de planificación inicial consiste en identificar el tipo y la cantidad de recursos que se requieren, incluidas las personas. Algunos recursos tienen un grado o nivel de habilidad asociado con ellos, como el nivel de experiencia de las personas o el tamaño del grupo. Se crean descripciones de puestos para los miembros del equipo del proyecto. El Plan de gestión de recursos del proyecto, es un componente del plan de gestión del proyecto general (Project Management Institute, 2017).

Los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto casi siempre deben estimarse durante la etapa de planificación. Los recursos se clasifican en tipo y cantidad, así como otros factores que

pueden afectar el costo o el cronograma, como el grado, la calidad, la disponibilidad, etc. Los tres métodos principales de estimación, análogo, paramétrico y de tres puntos, se utilizan junto con la estimación de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo para determinar los requisitos de recursos (Project Management Institute, 2017).

La ejecución de las actividades de overhaul se cuenta con el apoyo de los técnicos operadores y especialistas de máquinas dirigidos por los ingenieros de mantenimiento tanto eléctricos como mecánicos. Para el lanzamiento de órdenes de trabajo, creación de solicitudes de pedido de materiales y servicios (solped), revisión y seguimiento de las entregas se cuenta con el planificador de mantenimiento.

3.7 Gestión de las comunicaciones del proyecto

Para la ejecución de las comunicaciones se propone realizar revisiones semanales para actualizar el cronograma y el progreso del presupuesto, de igual manera se presentarán vía correo electrónico los avances en cada una de las etapas y de cada uno de los roles y responsabilidades asignados. Los temas relacionados con inconvenientes y temas emergentes deben ser comunicados de manera inmediata vía telefónica al gestor del proyecto para que este a su vez hable con los directos involucrados. También se deben realizar reuniones en persona y con frecuencia mensual para presentar los principales logros del proyecto al Director de la operación y principales gerencias.

Además, para la actualización y refinación del plan de comunicación se realizarán cada dos meses auditorías que verifiquen que se están cumpliendo los objetivos del plan de comunicación. Se realizarán reuniones en este periodo y por medio de actas de reunión se actualizarán y divulgarán si hay cambios en los interesados o en los formatos y también se determinarán si las

comunicaciones están siendo efectivas y si la información se está difundiendo correctamente en los canales propuestos.

3.8 Gestión de los riesgos del proyecto

Para este proyecto, se pretende establecer los posibles riesgos que puedan ocurrir de acuerdo con condiciones inciertas en los aspectos de tiempo, alcance y costo, con el fin de determinar los impactos ya sean positivos o negativos sobre el proyecto y los objetivos establecidos. Para el análisis de los riesgos, se requiere el juicio de los expertos involucrados para determinar la posibilidad de ocurrencia de los riesgos de acuerdo con la experiencia en proyectos previos similares. Es importante recalcar que los riesgos deben ser analizados periódicamente desde el principio del proyecto y durante todo su ciclo de vida, de tal manera que se identifiquen los riesgos y se los analicen los mismos en las reuniones de enlace con el fin de tomar las acciones pertinentes para evitar los riesgos negativos e incentivar aquellos que son positivos e impactan de forma adecuada al proyecto.

3.8.1 Identificación de los riesgos.

Los principales riesgos se detallan en la siguiente matriz:

Tabla 4. *Los riesgos asociados al proyecto*

Riesgos	Descripción	Consecuencias	Probabilidad de riesgo
Tiempo	Riesgos asociados a los períodos de ejecución del proyecto que afectan positiva o negativamente en el tiempo para el cumplimiento de las actividades.	Afecta la producción y productividad de no cumplirse con los tiempos estipulados.	Moderado
Económicos	Riesgos que se asocian a los posibles sobrecostos que se puedan ocasionar durante la ejecución del proyecto y afecten el alcance en cuanto a costo del proyecto. Por otro lado, los riesgos financieros son asociados a la liquidez del proyecto y dar cumplimiento a los entregables del proyecto tales como garantías plazos desembolsos entre otros.	Afecta el presupuesto asignado, de no contemplarse un porcentaje del mismo para imprevistos o problemas no detectados.	Moderado
Legales	Riesgos que se asocian a las disposiciones legales y de reglamentación aplicadas a la ejecución del proyecto y cuyo cumplimiento determinen una afectación parcial o total sobre el alcance del proyecto.	Sanciones, por parte de las autoridades regionales y nacionales al no estar al día con las obligaciones y disposiciones legales.	Bajo
De gestión	Riesgos que se asocian a los procedimientos administrativos para la correcta ejecución del proyecto tales como obtención de materiales y servicios	Deficiencias e ineficiencia en las acciones emprendidas, al no permitir que se alcancen los objetivos planteados, por mala gestión en los procesos.	Moderado
Técnicos y de calidad	Riesgos asociados a los aspectos técnicos del proyecto en cuanto a la planeación manejo de la información y ejecución de las actividades.	Personal no calificado, para realizar los trabajos de mantenimiento, afectado la calidad de los productos.	Moderado
Comunicación	Riesgos que se asocian a la comunicación del personal técnico con los interesados del proyecto.	Distorsión en la comunicación y manejo de la información que puede afectar lo que se debe hacer, con respecto a lo que se entiende que se debe hacer.	Moderado
Externos	Riesgos que se asocian a aquellas actividades que, por su naturaleza, no se incluyen en los anteriormente mencionados.	Afectar los procesos, la gestión y en última instancia la producción	Moderado

Con el fin de analizar los riesgos individualmente, es necesario priorizarlos, determinando cual va a ser la probabilidad e impacto sobre la consecución del proyecto analizando cuales son

los que incurrirían en un mayor deterioro en el ciclo de vida de proyecto y así tomar las medidas correctivas necesarias.

La matriz se establece para determinar el nivel de prioridad de cada uno de los riesgos que pueden ocurrir en el proyecto, con el fin de establecer cuáles son los que requieren un mayor control y aquellos riesgos que, a pesar de su bajo impacto, demandan un manejo menos riguroso. Planificación de la respuesta a los riesgos.

Es importante ejecutar la respuesta a los riesgos identificados, analizando los que tienen una mayor incidencia sobre el proyecto al momento de darse, minimizando las amenazas de forma individual e incrementando las oportunidades que se den. La respuesta de los riesgos se debe establecer de acuerdo con un orden de prioridades teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Aceptar el riesgo: se acepta y se crea una estrategia para cuando se presente tomando las medidas necesarias para reducir el riesgo y mitigar su impacto. Transferir el riesgo: hacer a un tercero el responsable por la ejecución de la actividad de forma completa o parcial, mediante subcontratos, de tal manera que el riesgo se transfiere mediante garantías previstas o de acuerdo con el contrato establecido.

Mitigar el riesgo: reducir la probabilidad o impacto de la amenaza ya sea reduciéndolo, removiendo o modificando el escenario del riesgo.

Evitar el riesgo: eliminar la amenaza mediante la exclusión de la causa que lo ocasiona, buscando alternativas para obtener con la consecución de la actividad minimizando los riesgos.

3.9 Gestión de las adquisiciones del proyecto

Para la coordinación de adquisiciones se tomará en cuenta el cronograma establecido y se incorporarán controles para verificar constantemente el cumplimiento de la llegada de repuestos y

suministros para no correr el riesgo de no contar con los insumos y que ello ocasione gastos innecesarios de mano de obra u otros rubros por tiempo de espera. Las adquisiciones fueron planeadas conforme a la duración del proyecto con el uso del sistema SAP, las adquisiciones son realizadas por medio del área administrativa. El director de proyectos es el encargado de la revisión y aprobación del plan de adquisiciones en base al presupuesto aprobado, se tiene otros roles como es el del auxiliar administrativo el cual es el encargado de la recopilación de la información de la cantidad de repuestos e insumos requeridos. También se tiene al auxiliar contable quien revisa y publica el plan de adquisiciones. El departamento de adquisiciones tiene dos actores principales, área administrativa y director de proyectos los cuales seleccionan a los proveedores de acuerdo a unos criterios de aceptación previamente establecidos. La jurisdicción legal corresponde a las leyes del estado ecuatoriano, los pagos se realizarán en dólares americanos se adjudicará el contrato a los proveedores ganadores por contratación directa pactándose garantías de cumplimiento a través de pólizas realizando actas que son firmadas por los involucrados. Los criterios de selección se resumen en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. *Criterios de aceptación de proveedores*

Criterio	Ponderación
Referencias de clientes en la región	20%
Mínimo 2 cotizaciones por proveedor	20%
Garantía de la calidad del producto y/o servicio	20%
Análisis del perfil en el campo de operación	20%
Precios ofertados a través de las cotizaciones	20%
Total	100%

3.10 Gestión de los interesados del proyecto

Identificación de los interesados. Planificar el involucramiento de los interesados: nos dice qué tipo de acciones deberíamos tomar para comprometer a las partes interesadas del proyecto y gestionar la participación de los interesados

Gestión de participación de los involucrados: conseguir una colaboración o una cooperación de las partes interesadas de modo que podamos cubrir sus necesidades y expectativas.

Monitorear el involucramiento de los interesados. El director de proyectos será el encargado de involucrar y comprometer a los interesados en las actividades y decisiones claves del proyecto.

En términos generales, hay dos grupos de interesados en el proyecto, los internos y los externos a la organización del cliente. El tipo más comúnmente reconocido son las partes interesadas externas, sin embargo, la gestión de las partes interesadas internas suele ser más problemática. A menudo es difícil identificar quién es realmente el cliente, puede haber un único punto de contacto designado, pero esta persona no es realmente el cliente, sino el representante de la organización del cliente (Ramos, 2018).

Las partes interesadas internas pueden ser cualquiera dentro de la organización. Por lo general, son los usuarios finales del proyecto, pero también pueden ser los jefes de marketing, TI o recursos humanos, otros empleados, sindicatos, etc. Todos tienen un interés en el proyecto y todos pueden afectarlo, directamente o por influencia. Por otra parte, los interesados externos son las personas u organizaciones que no forman parte de la organización cliente pero que, sin embargo, tienen interés en el proyecto. Son quizás los grupos de partes interesadas más fácilmente reconocidos. Para los proyectos financiados con fondos públicos, el número de partes interesadas que se pueden identificar es elevado (Ramos, 2018).

El análisis de las partes interesadas se puede utilizar para comprender el entorno de las partes interesadas y priorizar los recursos de gestión. Se puede llevar a cabo de la siguiente manera:

El primer paso es identificar a las partes interesadas, puesto que no es posible administrarlas si no se conocen. Para ello es necesario involucrar a todos los miembros del equipo. Acto seguido se debe decidir el nivel de poder e interés que cada parte interesada individual tiene para influir en el proyecto. Este no es un arte preciso, la evaluación solo puede basarse en las percepciones del equipo, pero es importante considerar el interés desde el punto de vista del equipo y no desde el punto de vista individual, una gran organización, por ejemplo, un proveedor clave de subvenciones, puede ser de gran interés para el proyecto, pero ¿es el proyecto de gran interés para el proveedor de la subvención? Si el proyecto no sucede, pueden financiar otra cosa. Finalmente se traza una matriz con las partes interesadas (Project Management Institute, 2017). Para efectos del estudio la matriz se presenta en la tabla 5.

Tabla 6. Responsables del proyecto

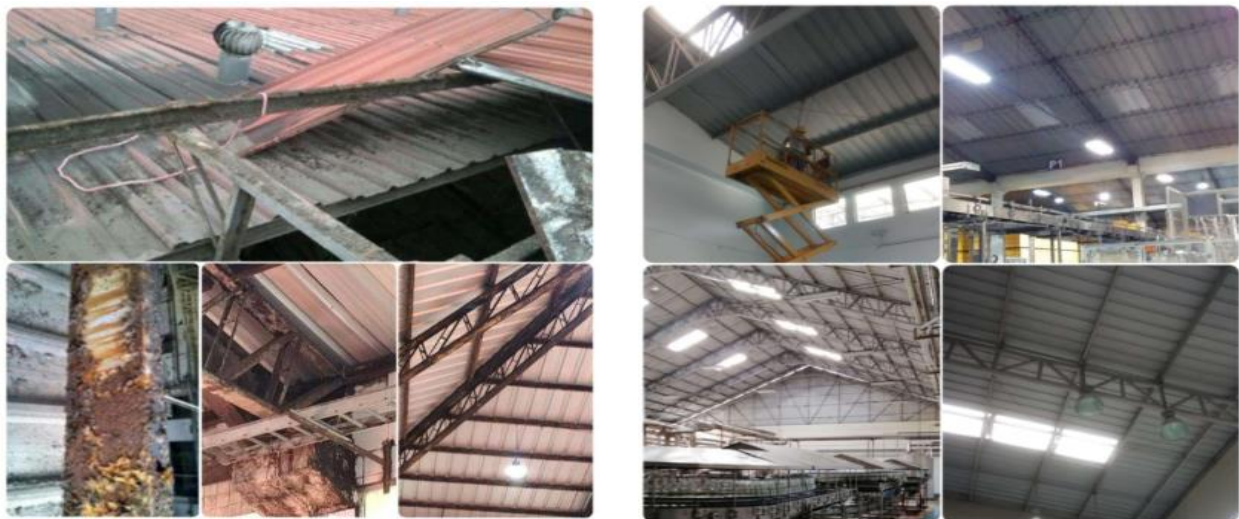
Equipo de proyecto	Nombre	Dpt / Area.	Roles y responsabilidades
Lider de proyecto	Ricardo Trujillo	Manufactura	Planificación del proyecto
Ingeniero de mantenimiento	Diego Marchán	Ingeniería	Supervisión de las actividades de mantenimiento
Especialistas envasado	Luis Jaya-Edgar Chillan	Ingeniería	Apoyo en la ejecución de las actividades de mantenimiento
Especialista Civil	Betsy Melendes	Proyectos	Soporte a planta en las características técnicas de las soluciones a implementar
Especialista cuidado de activos	Fabrizio Lopez	Ingeniería	Asegurar el cumplimiento de los estándares de cuidado de activos durante el proceso, asegurar los respaldos de los sistemas a intervenir, asegurar la ejecución dentro de los tiempos planificados
Especialista Eléctrico	Fabrizio Lopez	Ingeniería	Asegurar los estándares de la implementación, asegurar el cumplimiento de los tiempos de ejecución según cronograma
Planificador de mantenimiento	Santiago Villamarin	Ingeniería	Crear las solicitudes de pedido a tiempo y de acuerdo a cronograma
Controller	Gonzalo Chillan	Ingeniería	Garantizar la ejecución de los over hauls a tiempo y dentro de los procedimientos adecuados
Gerente de implementacion	Joseph Vergara	Ingeniería	Asegurar la ejecución del proyecto
Gerente Packaging	Cesar Lincango	Manufactura	Garantizar las ventanas de tiempo para la ejecución de actividades.
Gerente Mantenimiento	Joseph Vergara	Manufactura	Garantizar el cumplimiento de la gestión de Mantenimiento
Calidad	Miguel Sanchez	Manufactura	Garantizar el cumplimiento de la gestión de Calidad
Seguridad	Roberto Erazo	Manufactura	Garantizar el cumplimiento de la gestión de Seguridad Industrial
Ambiental	Laura Fernandez	Ingeniería	Garantizar el cumplimiento de la gestión de Medio Ambiente

4. Resultados

El mantenimiento planificado se cumplió de acuerdo con el cronograma presentado y se logró optimizar los tiempos de entrega con 4 días de anticipación de la actividad crítica que requería detener la producción para arreglos en lavadora de botellas. Cabe recalcar que todas las actividades contempladas en la gestión de alcance del proyecto fueron ejecutadas a cabalidad. A continuación, se presenta un resumen gráfico de la ejecución de las actividades de mantenimiento de la infraestructura y overhaul de los equipos de la línea de envasado.

4.1 Ejecución del mantenimiento mayor de infraestructura y equipos.

Figura 3. *Reforzamiento de la estructura metálica del galpón y cambio de cubierta de línea de envasado (antes y después de la intervención)*

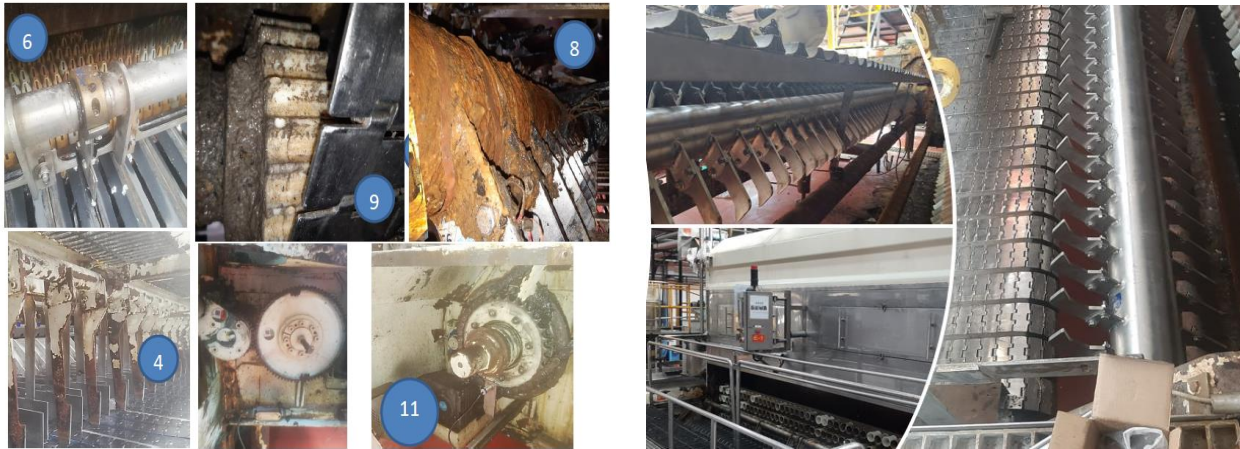


Los trabajos realizados en infraestructura de la línea de envasado fueron los siguientes:

- Cambio de estructura metálica que presentaba corrosión excesiva.
- Reemplazo de cubierta deteriorada

- Pintura antioxidante de estructura metálica que presentaba corrosión leve.
- Colocación de nuevos canales y bajantes de agua lluvia
- Arreglo de mampostería deteriorada.

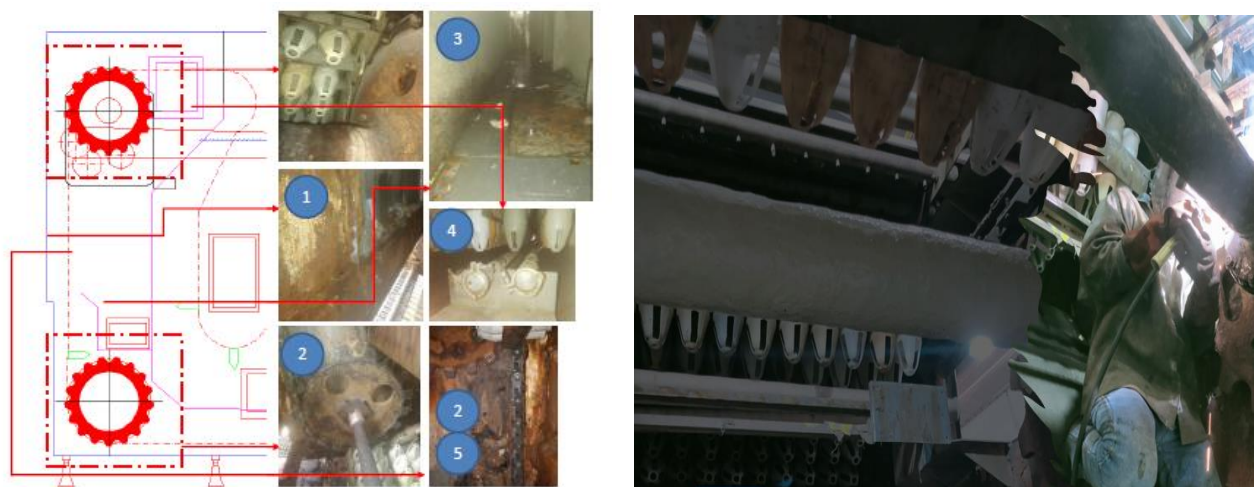
Figura 4. Intervención en la mesa de carga de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en mesa de carga fueron los siguientes:

- Cambio de eje y mecanismo uñas de cargue.
- Reemplazo de elementos estructurales mesa de carga.
- Restauración frontal de mesa de carga, cambio de placa frontal y compuertas de inspección en acero inoxidable.

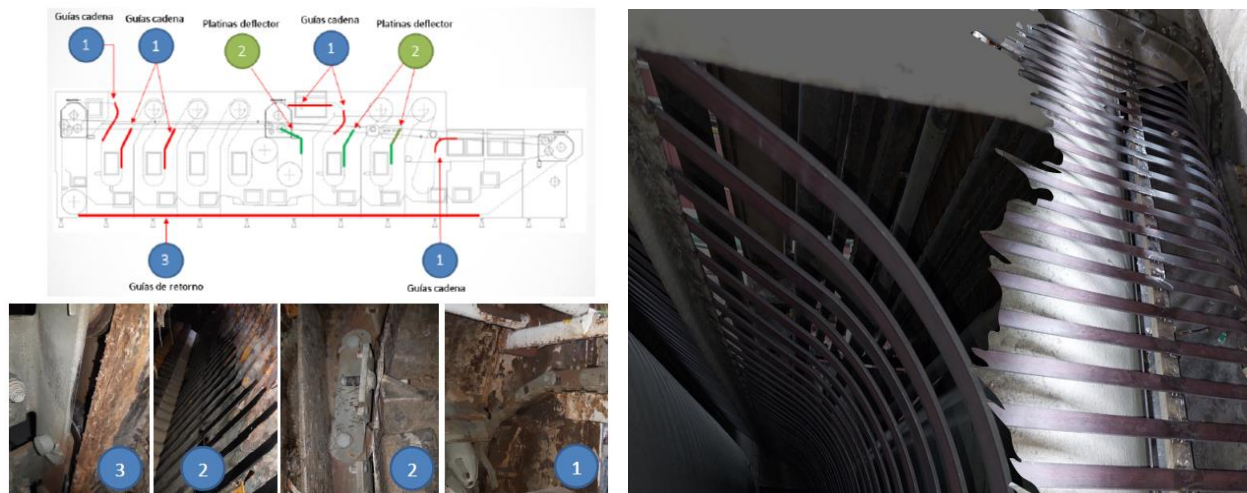
Figura 5. Intervención en la zona de prelavado en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en la zona de prelavado fueron los siguientes:

- Reparación eje transmisión tanque cero, refuerzo en bridas de sujeción catalinas, cambio de pernos de sujeción.
- Colocación de recubrimiento epóxico para prevenir corrosión.
- Cambio de placa base tanque cero.
- Refuerzo en estructura de tanque, colocación de vigas de soporte.
- Reparación de guías de cadena viajera

Figura 6. Intervención de guías de cadena y deflectores en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en las guías de cadenas y deflectores fueron los siguientes:

- Reemplazo de guías emparrillado en tanques 4, 5 y 6, cáusticos y post-cáusticos.
- Reparación guías de cadena viajera
- Cambio de deflectores.
- Cambio de guías de cadena en tanques 1, 2 y 3 y guías de retorno

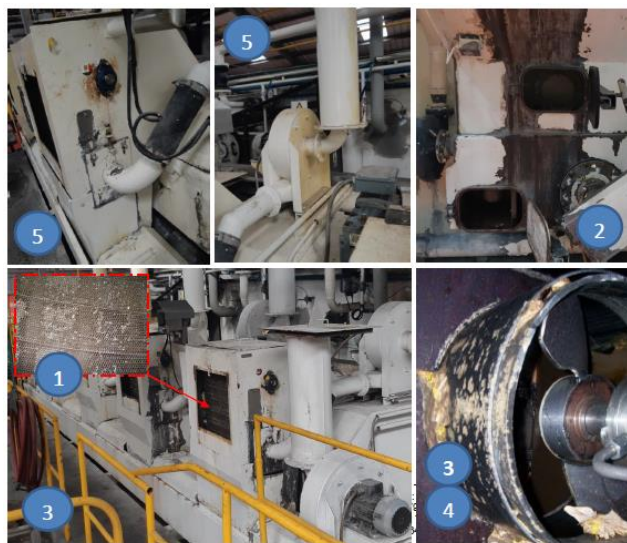
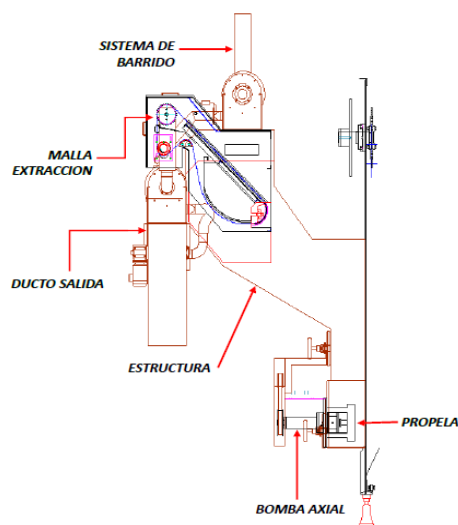
Figura 7. Intervención del sistema de calentamiento en lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en el sistema de calentamiento fueron los siguientes:

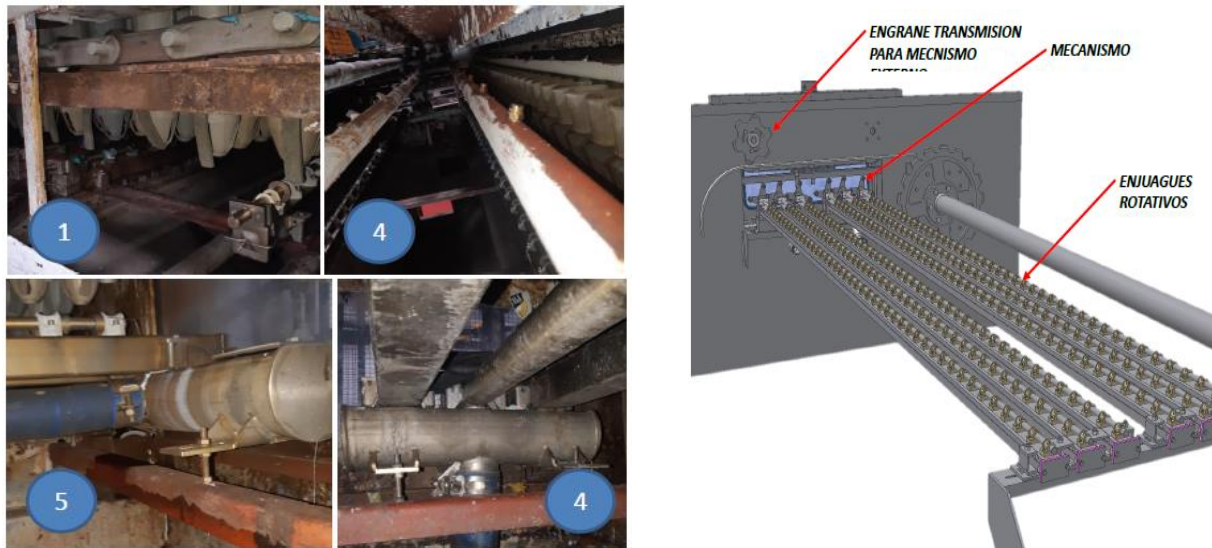
- Reemplazo de serpentines en tanques 1, 2 y 3, cambio de juego de intercambiadores de calor tubulares.
- Reemplazo de juntas espirometálicas.
- Puesta en marcha sistema de intercambiador de calor externo.

Figura 8. Intervención del sistema de extracción de etiqueta en lavadora de botellas



Los trabajos realizados en el sistema de extracción de etiqueta fueron los siguientes:

- Cambio de mallas de extracción de etiqueta.
- Cambio de malla separadora de etiqueta.
- Cambio de las propelas por unas de alto flujo.

Figura 9. Intervención del sistema de enjuagues rotativos de lavadora de botellas

Los trabajos realizados en el sistema de enjuagues fueron los siguientes:

- Adecuación de ducha superior para rocío de botella.
- Mitigación de consecuencias de etiqueta desmenuzada y arrastre de etiqueta.
- Cambio completo de eje de transmisión 4.
- Cambio de boquillas de enjuagues finales de 2.5mm a 2.3 mm en agua recirculada.
- Pintura antioxidante de la estructura corroída.
- Arreglo del sistema de rotación de duchas.

Figura 10. Intervención del sistema de transmisión interno de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en el sistema de transmisión interno fueron los siguientes:

- Restauración de eje de accionamiento # 4 (eje sumergido)
- Cambio completo de eje de transmisión 4.
- Intervención en ejes de transmisión 1, 2 y 3.
- Seguimiento a desgaste en mancales oscilantes y bujes en ejes restaurados.

Figura 11. Intervención del sistema de descarga de lavadora de botellas (antes y después de la intervención)



Los trabajos realizados en sistema de descarga fueron los siguientes:

- Reparación integral, zona inspección de canastos.
- Cambio de rejillas en zona de descarga.
- Refuerzo estructural pasarela superior, zona enjuagues.
- Acondicionamiento de recubrimiento epóxico para evitar corrosión sistema de enjuague.
- Cambio de perfiles de soporte y adición de placas de acero corrugado antideslizante.

Figura 12. Actualización de inspector de botellas vacías, robots, lavadora de cajas, llenadora, etiquetadoras y equipos complementarios



Los trabajos de actualización realizados en estos equipos fueron los siguientes:

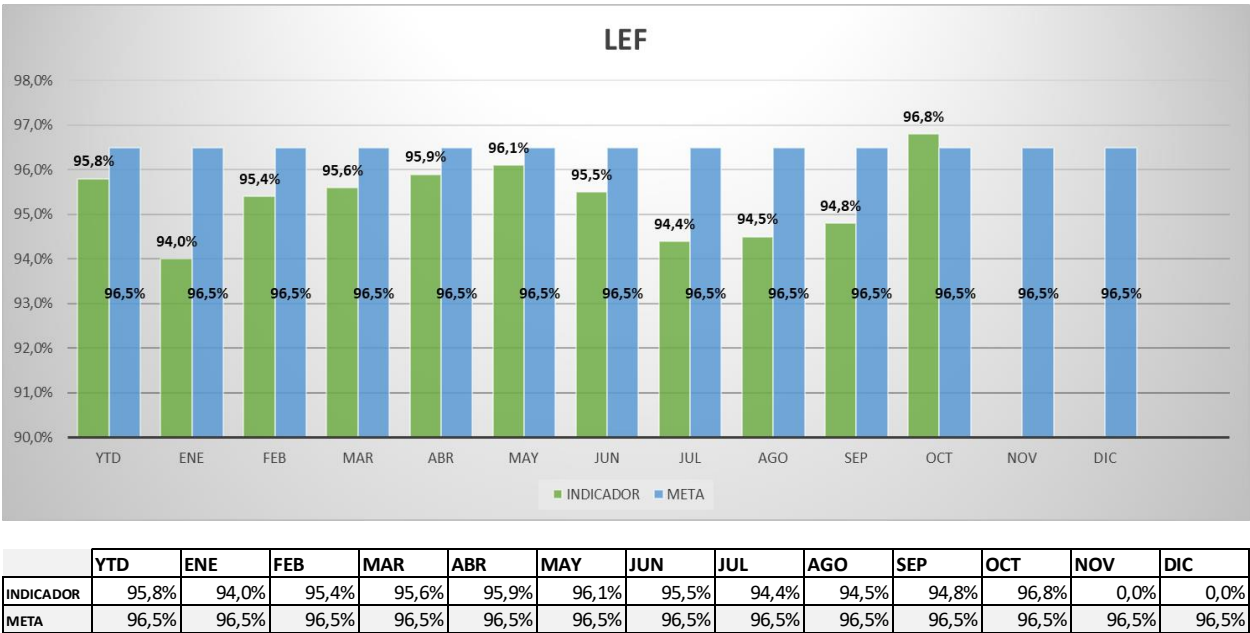
- Limpieza profunda de la maquinaria, incluyendo las zonas de difícil acceso y desmontaje.
- Colocación de guardas de seguridad y sensores de presencia para reducir riesgos de lesiones inherentes a la máquina.
- Actualización de programa informático de control y automatización.
- Implementación de cartillas de control digital de seguimiento de indicadores de procesos.

- Cambio de rodamientos, empaques, grasa, cadenas de transmisión y otros elementos de desgaste.

4.2 Indicadores de desempeño de productividad y mantenimiento.

Dentro de los objetivos planteados estaba el de sostener la capacidad de producción en la línea de envasado con un indicador de eficiencia de línea mayor a 96.5%. Es así como luego de los trabajos realizados se evidencia un incremento en los indicadores de productividad y manteamiento a partir del mes de octubre del 2022, logrando como hito el mejor indicador del año en este mes.

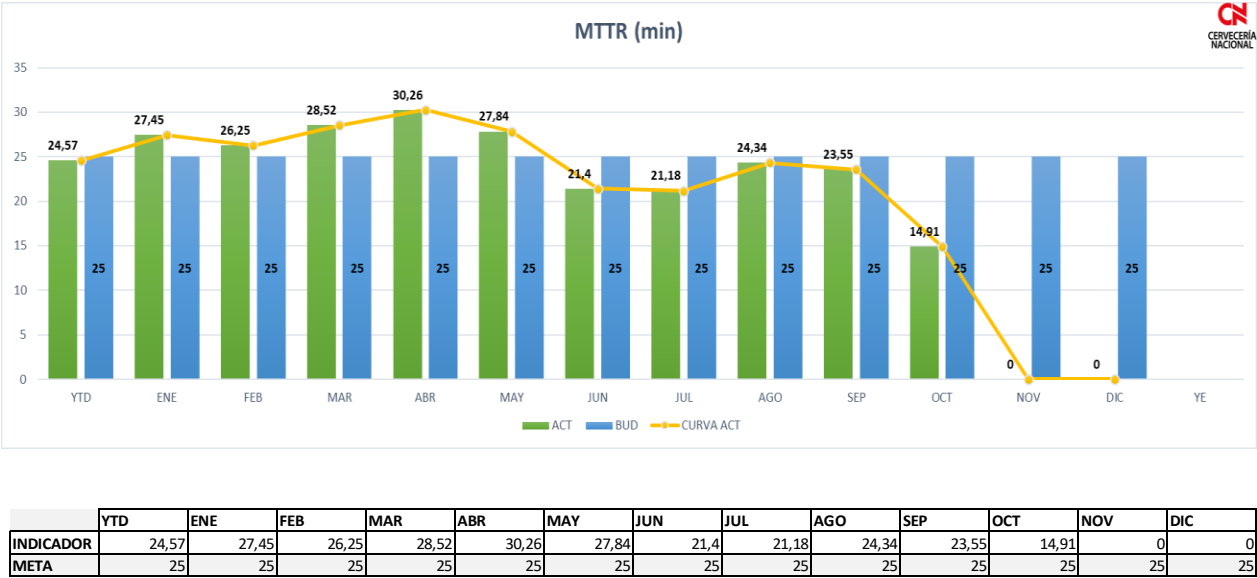
Figura 13. Indicador de productividad LEF mensual (eficiencia de línea) del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre



Adaptado de Dashboard de indicadores de productividad línea de envasado Cervecería Nacional (2022).

Respecto al indicador de mantenimiento MTTR que hace relación al tiempo promedio en minutos que toma la reparación de una falla hasta que el equipo vuelva a operar normalmente se evidencia una mejora en el indicador a partir de las intervenciones realizadas.

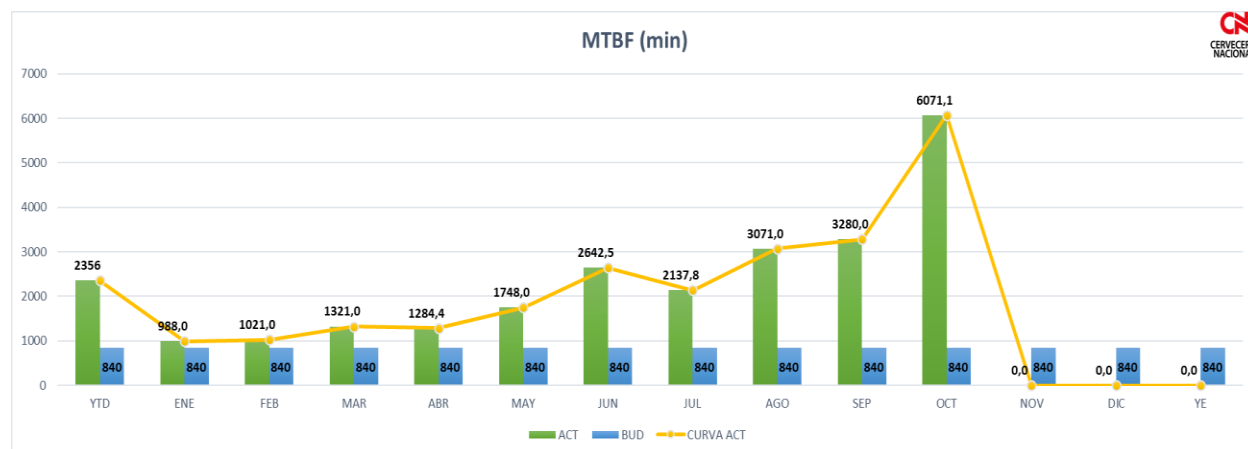
Figura 14. Indicador de confiabilidad de los equipos MTTR mensual del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre



Adaptado de Dashboard de indicadores de productividad línea de envasado Cervecería Nacional (2022).

Respecto al indicador de mantenimiento MTBF que hace relación al tiempo medio que transcurre entre dos fallas/averías de un equipo determinado se evidencia una mejora en el indicador a partir de las intervenciones realizadas.

Figura 15. Indicador de confiabilidad de los equipos MTBF mensual del año en curso 2022 actualizado hasta mes de octubre del 2022



	YTD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INDICADOR	2356	988,0	1021,0	1321,0	1284,4	1748,0	2642,5	2137,8	3071,0	3280,0	6071,1	0,0	0,0
META	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840

Adaptado de Dashboard de indicadores de productividad línea de envasado Cervecería Nacional (2022).

5. Discusión

A partir de la teoría y el desarrollo del presente trabajo es evidente que la manera más optima y adecuada de llevar a cabo un proyecto es a partir de la correcta planificación de este ya que esto nos ayuda a establecer la prioridad de cada una de las actividades y a tener un mejor control del tiempo para ejecutar cada acción dentro del tiempo programado y con la calidad deseada.

Por otra parte, cuando se deja pasar demasiado tiempo sin realizar mantenimiento preventivo en los activos se producen fallas que impiden alcanzar el estándar de ejecución esperado de los mismos afectando a los indicadores de productividad y calidad lo cual va a tener una repercusión financiera e incluso puede afectar la reputación de la empresa.

El mantenimiento nunca debe ser correctivo ya que ello denota una pobre planificación y cuidado de los activos. La cervecería debe enfocarse siempre en realizar mantenimiento preventivo

y permitir que los equipos sean operados por personal competente, que se limpien y lubriquen regularmente y que estén funcionando en el entorno para el que han sido diseñados.

Luego del desarrollo de este proyecto quedan aprendizajes que permitirán que las condiciones básicas de los activos se mantengan en el tiempo.

6. Conclusiones

El desarrollo de la investigación ha permitido afianzar y poner en práctica conocimientos de planificación y gestión de proyectos, así como, el uso de herramientas actuales empleadas en la planificación, como lo es la guía del PMBOK séptima edición. Con la guía en cuestión a través de sus diez procesos de gestión, fue posible trazar un plan estratégico de acción que permitió mejorar las condiciones de infraestructura y la mecánica de los equipos de envasado para darle continuidad a la producción y mejorar los indicadores de productividad.

El plan fue ejecutado en el tiempo establecido, para lo cual se desarrollaron actividades tales como: mantenimiento de carga de lavadora de botellas, reparaciones en las guías de cadena y deflectores, también se realizó el mantenimiento y reparación de los sistemas de calentamiento extracción de etiqueta, enjuagues rotativos, transmisión interna y descargue en lavadora de botellas.

Con la ejecución de las actividades realizadas, se logró una mejoría significativa en los indicadores de producción en la línea de envasado con un indicador de eficiencia de línea que en promedio se mantuvo en 95.3% durante los meses de enero a octubre de 2022. Si bien la meta se ha establecido en 96.5%, esta solo fue alcanzada y superada en el mes de octubre. Sin embargo, se evidencia una mejoría del proceso en general de 1.3 puntos porcentuales con respecto al año anterior cuyo nivel de eficiencia cerro en 94%.

Es importante destacar que hubo desviaciones en el cumplimiento del presupuesto inicial puesto que se incurrió en gastos imprevistos en horas hombre al momento de ejecutar los mantenimientos ya que se subestimó la complejidad de algunas tareas que requirieron la contratación de mano de obra adicional.

Se recomienda hacer seguimiento tanto de los indicadores de gestión en cuanto a los niveles de productividad y producción, así como el control y gestión de activos fijos en un trabajo mancomunado con el departamento de planificación, presupuesto y finanzas, para que los mantenimientos de tipo preventivo sean realizados con mayor frecuencia en los tiempos que la planificación así lo requiera y evitar a toda costa el mantenimiento correctivo, puesto que llegar al mantenimiento correctivo o sustitución de piezas y maquinaria conlleva retrasos en la producción.

Referencias

- ABInBev. (2019). *AB INBEV Annual Report 2019*. https://www.ab-inbev.com/assets/pdfs/press-releases/Updated_FYReport2019_EN.pdf
- ABInBev. (2019). *Your Guide To Responsibly Enjoy Our Quality Beers*. <https://www.tapintoyourbeer.com/agegate?destination=>
- Cervecería Nacional. (2018). *Cervecería Nacional*. <https://www.cervecerianacional.ec/>
- Cuyubamba, J. (2020). Aplicación del estudio de trabajo en la empresa metalmecánica COPMEC para incrementar la productividad de los proyectos [Universidad Tecnológica del Perú]. In *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4273>
- Díaz, J., & Duarte, F. (2015). *Universidad Industrial De Santander Facultad De Ingenierias Fisico-Mecanicas Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales Especialista En Evaluación Y Gerencia De Proyectos Bucaramanga* [Universidad Industrial de Santander]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/160066.pdf>
- Faraji, A., Rashidi, M., Perera, S., & Samali, B. (2022). Applicability-Compatibility Analysis of PMBOK Seventh Edition from the Perspective of the Construction Industry Distinctive Peculiarities. *Buildings*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/buildings12020210>
- Jamali, G., & Oveisi, M. (2016). A Study on Project Management Based on PMBOK and PRINCE2. In *Modern Applied Science* (Vol. 10, Issue 6). <https://doi.org/10.5539/mas.v10n6p142>
- Jama-Zambrano, V. (2019). Importancia de la planeación estratégica en empresas en el siglo XXI. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento De La investigación Y publicación científico-técnica multidisciplinaria)*, 4(10), 35-57. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v4i10.37>
- Ledesma, J. (2017). *“Método De Gestión Empleando El Pmbok®Para Proyectos De*

- Mantenimiento De Grúas Móviles”* [Universidad Nacional del Callao].
[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3454/De la cruz Ledesma_TITULO MECANICOo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3454/De_la_cruz_Ledesma_TITULO_MECANICOo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mateus, J. (2022). *Propuesta De Modelo De Plan De Gestión De Proyectos De Mantenimiento Preventivo De La Maquinaria Utilizada En La Empresa Sunher Royal S.A.S Mediante La Metodología PMI* [Universidad Nacional Abierta].
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/52327/JSMATEUSC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Priyanta, D. (2016). *BACHELOR THESIS – ME 1502 Time Optimization Of Ship Maintenance Working Plan For The Next Downtime Period Of Mv . Tanto Tenang Benedictus Kenny Pradipta.*
- Pérez, F. (2021). *Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial.* USTA.
<https://doi.org/Bucaramanga, Colombia>
- Project Management Institute. (2017). *Fundamentos para la dirección de proyectos.* Ebook.
- Project Management Institute. (2021). *El estándar para la dirección de proyectos e Guía de los fundamentos para la dirección.* ennsylvania: kindle edition.
- Ramos, S. (2018). Gestión de los interesados en un proyecto de implantación de ERP.
Universidad Politécnica de Valencia, 5(2), 1-85.
<https://doi.org/https://riunet.upv.es/handle/10251/101228>
- Takagi, N., & Varajão, J. (2020). Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL) Success Management and the Project Management Body of Knowledge (PMBOK); An Integrated Perspective Success Management and the Project Management Body of

Knowledge (PMBOK): An Integra. *International Research Workshop on IT Project Management 2020.*, 5(1). aisel.aisnet.org/irwitpm2020/6

Van, A., & Pintelon, L. (2018). Development of a maintenance performance measurement framework—using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection. *Omega*, 42(1), 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.02.006>