

Pasantía 2023.

Proyecto ECCUSA:

Reestructuración de tareas rutinarias de mantenimiento en línea 7

Felipe Ramos Torres.

Ingeniería Civil Mecánica.

Profesor: Mauricio Campillo Canto.

Supervisor: Gastón Flores Castillo.

Fecha: 24/12/2023

Resumen Ejecutivo

ECCUSA es una compañía filial del grupo CCU. Esta empresa se dedica a la elaboración de productos bebestibles analcohólicos, una de sus plantas es Modelo y en ella se encuentra la línea productiva número 7. En esta línea se presenta una problemática debido a su bajo rendimiento respecto a su indicador de eficiencia y efectividad, OPI NONA, obteniendo como resultado 28.5% de este. Esto a causa de que las detenciones mayores no programadas provocan una pérdida del 41.5% de tiempo disponible para la producción. A partir de esto último, es que se propone realizar la reestructuración de las actividades de mantenimiento rutinario de la línea 7, de la mano de las metodologías de TPM y el mantenimiento preventivo. Finalmente, la modificación de las actividades de mantenimiento propició la disminución de las detenciones y en consecuencia el aumento en la productividad de la línea, obteniendo así en el último mes de implementación una mejora en el OPI NONA, alcanzando un 57% y una disminución de las detenciones debido a averías en máquina de un 10%.

Executive Summary

ECCUSA is a subsidiary company of the CCU group. This company is dedicated to the production of non-alcoholic drinks, one of its plants is Modelo and one of its line is number 7. The problem arises in this line due to its low performance with respect to its efficiency and effectiveness indicator. OPI NONA, obtaining 28.5% of this as a result. This is because breakdowns stops cause a loss of 41.5% of time available for production. Based on the latter, it is proposed to restructure the routine maintenance activities of line 7, hand in hand with TPM methodologies and preventive maintenance. Finally, the modification of maintenance activities led to a decrease in stoppages and consequently an increase in the productivity of the line, thus obtaining in the last month of implementation an improvement in the OPI NONA reaching 57% and a decrease in stoppages due to machine breakdowns of 10%.

Índice

Resumen Ejecutivo	1
Executive Summary	2
Índice.....	3
Introducción.....	4
Estado del Arte.....	7
Objetivos y Solución	10
Metodología.....	11
Medidas de Desempeño	12
Evaluación Económica	13
Matriz de riesgos.....	16
Planificación	18
Desarrollo y Resultados	19
Discusión.....	25
Conclusión.....	26
Bibliografía.....	27

Introducción

La Compañía de Cervecerías Unidas (CCU) es una empresa de diferentes categorías de bebestibles. ECCUSA es una compañía filial del grupo. Esta es uno de los principales fabricantes de productos analcohólicos del país, y cuenta con diferentes plantas. La Planta Modelo en particular, cuenta con un total de 13 líneas activas.

Actualmente el proyecto se encuentra enfocado al área de envasado de la planta anteriormente mencionada, orientado específicamente a la línea productiva número 7.

La oportunidad de mejora que aparece dentro de la línea 7 (L7) es la existencia de una deficiencia en los indicadores de rendimiento y cumplimiento. Esto se enfoca específicamente en el indicador OPI NONA.

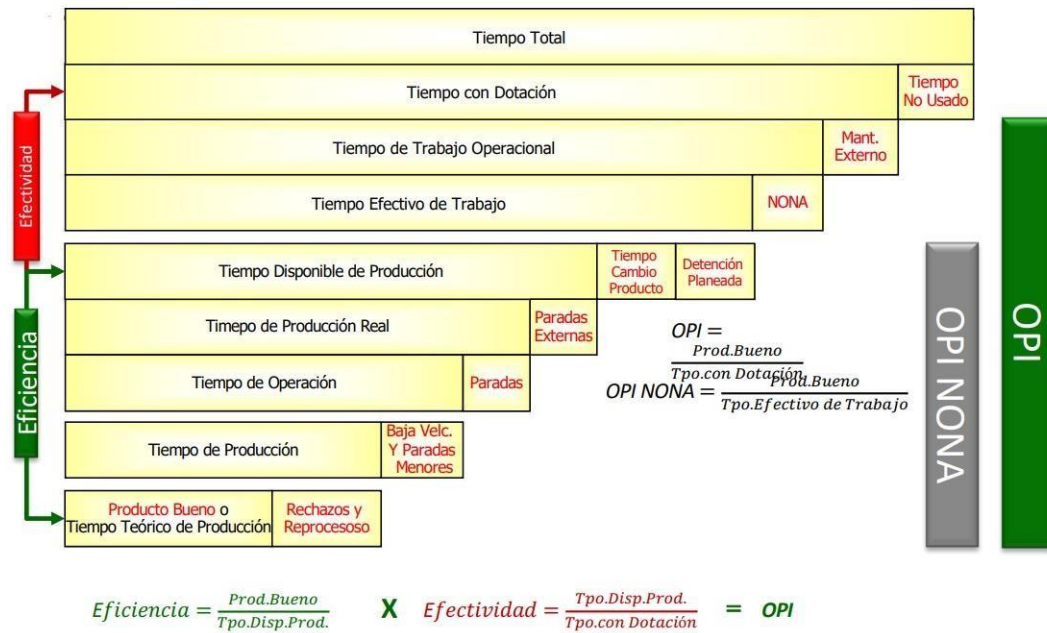


Figura 1. OPI composición.

En la Figura 1 se presenta el indicador OPI NONA que consta de dos partes: OPI y NONA.

- OPI es un indicador que muestra el “Tiempo de Trabajo Operacional”, el cual resulta de descontar al “Tiempo con Dotación” el “Mantenimiento Externo”, es decir, el tiempo mensual en horas descontando días no trabajados y horas de mantención.

- NONA que es el tiempo mensual en horas en el que no se produce a pesar de contar con personal, “No Order No Activity”.

Finalmente, esto da por resultado OPI NONA, este indicador proporciona información del tiempo disponible para producción.

A partir de lo anterior, en el mes de julio de 2023 la L7 obtuvo un OPI NONA de 28.5%. Esto quiere decir que, de su totalidad de tiempo disponible para producción, tan sólo produjo en un 28.5% del tiempo disponible total.



Figura 2. OPI NONA Línea 7.

En la figura 2, se muestra el tiempo total disponible, siendo un total de 744 horas. De este valor es necesario descontar: el tiempo no utilizado y el NONA, lo cual entrega como resultado un tiempo de producción de 304.63 horas. De este total hay 126 horas que se han perdido debido a detenciones mayores no programadas, o como aparece en la imagen “Break Down Time”, este equivale a un 41.6% de puntos de OPI NONA perdidos.

Categoría OPI Apilado

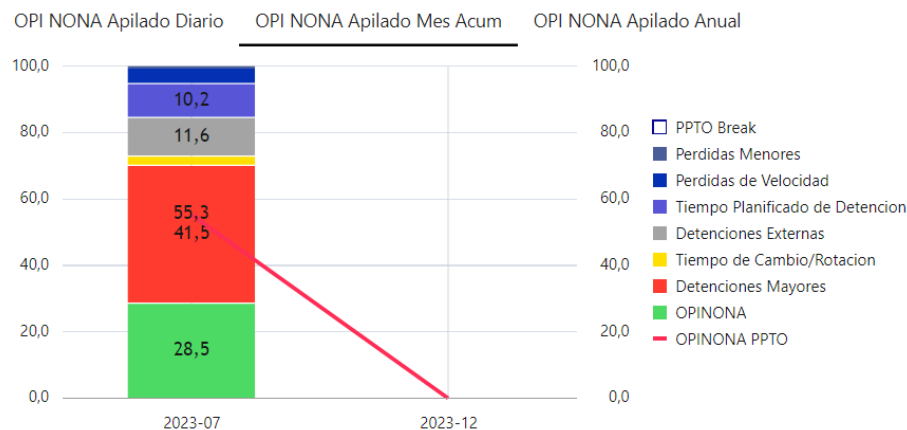


Figura 3. OPI NONA Desglosado

Si se realiza un desglosé gráfico de lo mencionado con anterioridad, es lo que expone la figura 3. En ella se aprecia de color verde el OPI NONA de L7, 28.5%. De color rojo se presentan los 41.5% puntos perdidos debido a las fallas no programadas. También aparecen otros valores que no tienen un mayor impacto en el indicador, tales como detenciones externas y detenciones planeadas. Finalmente, el 55.3% es el valor propuesto de OPI NONA que debería alcanzar L7.

Por otro lado, existe un indicador que tiene una directa correlación con la producción de L7. Y este es el cumplimiento del programa de la línea, el cumplimiento permite comprender cuantos hectolitros se produjeron respecto a la expectativa.

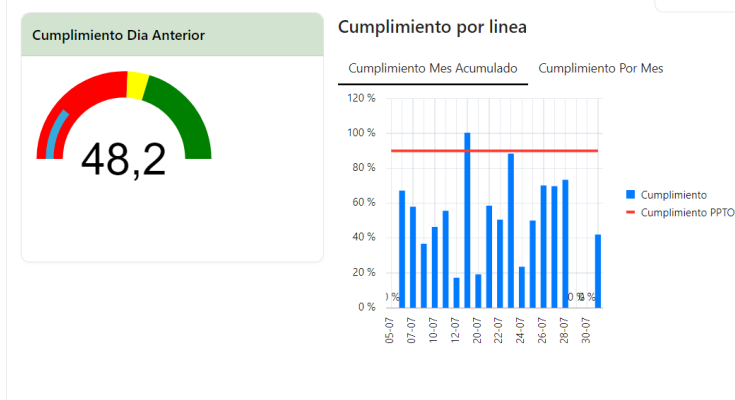


Figura 4. Cumplimiento de Producción.

En la figura 4, se puede apreciar como el bajo indicador de OPI NONA y el alto porcentaje de detenciones mayores no programadas, generan un impacto donde tan sólo se cumple con el 48.2% de la producción esperada mensual.

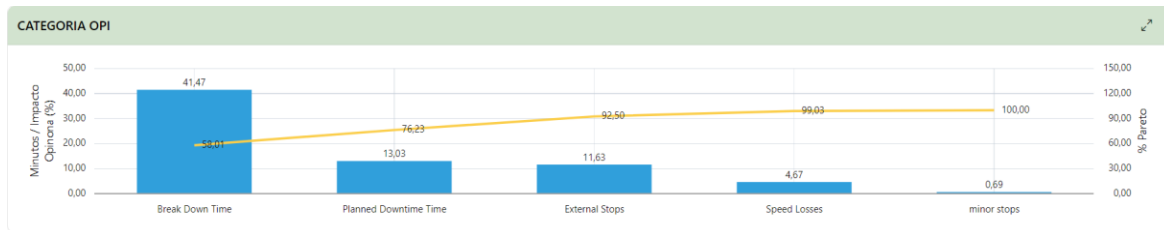


Figura 5. Pareto de Categoría OPI.

Finalmente, en la figura 5 se puede observar en el diagrama de Pareto como el 41.5% asociado a las detenciones mayores no programadas representa la mayor brecha de la línea 7.

Lo anterior permite concluir que la L7, presenta una clara problemática con las detenciones mayores no programadas, adicionalmente el indicador OPI NONA al ser de 28.5% respecto al 55.3% propuesto expone las claras falencias de la línea; el valor propuesto se determina anualmente en base a los resultados del año anterior y la producción estimada que tendrá la línea durante el año 2023; es por ello que la oportunidad de L7 es una intervención que pueda disminuir las fallas y a su vez generar un aumento en el OPI NONA.

Estado del Arte

Se debe tener en consideración diferentes soluciones existentes a problemáticas asociadas al mantenimiento rutinario de los activos, esto debido a que es la oportunidad que presenta la L7.

En primer lugar, se encuentra TPM.

“El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa, entre otros fundamentos, en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilización activa de todos los empleados, sobre todo de los técnicos y operarios de la planta.”. (Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado., p.106, s. f.)

En la cita anterior se explica la herramienta TPM que es una oportunidad para el desarrollo de tareas de mantenimiento, enfocadas en el control y manejo por parte del operador. Es más, esta herramienta tiene sus orígenes en 1971 por el instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (*Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.*, s. f.). Donde grandes empresas como Toyota, Nissan y Mazda han implementado esta herramienta para el desarrollo de sus tareas de mantención.

Por otro lado, existe el mantenimiento preventivo, el cual es una herramienta que ayuda a asegurar la disponibilidad de los equipos.

“El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar -en cierta medida- la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados”. (Tecnología del Mantenimiento Industrial, n.d.)

Como se puede apreciar, el mantenimiento preventivo abre las puertas a una herramienta focalizada en rutinas donde el operador vuelve a ser pieza clave debido a las inspecciones que éste debe realizar, y de esta manera poder mantener un control del estado de los activos. Aunque existe la gran desventaja de que se debe definir una periodicidad correcta para estas tareas de inspección, porque de lo contrario se expone a la aparición de fallos. Esto se argumenta en la siguiente cita: *“El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del periodo de inspección. Un periodo demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que un período demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo”. (Tecnología del Mantenimiento Industrial, n.d.)*

Adicionalmente, las herramientas TPM y Mantenimiento preventivo, son dos metodologías que tienen una relación estrecha.

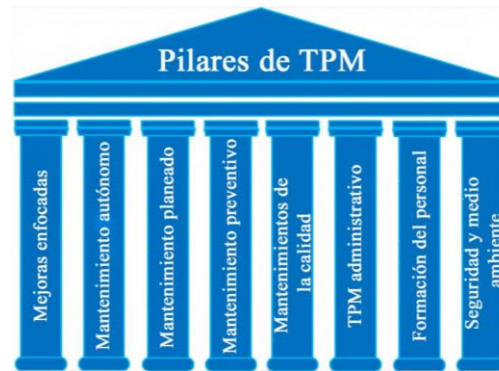


Figura 6. Estructura Pilares TPM.

En la figura 6, se puede apreciar como el mantenimiento preventivo es un pilar para la implementación de TPM, adicionalmente aparece el mantenimiento autónomo, mencionado con anterioridad y el cual también se vuelve vital para TPM. Esto permite aclarar cómo se relacionan estos dos tipos de mantenimiento, y como estos permitirán un desarrollo robusto del sistema de mantenimiento de una institución.

Adicionalmente, en la figura 6 se pueden observar distintos pilares adicionales para implementar TPM:

- **Mejora Enfocada:** Este pilar se focaliza en una mejora constante de los procesos, donde siempre se debe propiciar un ambiente laboral de crecimiento para todos los ámbitos de una empresa.
- **Mantenimiento autónomo:** En este caso, ya se ha mencionado con anterioridad este pilar que se asocia al mantenimiento de los activos por parte de los mismos operadores, donde prevalece una mano de obra capacitada y consciente del funcionamiento de sus equipos de trabajo.
- **Mantenimiento Planeado:** El mantenimiento planeado, se concentra en una estrategia donde se definen planificaciones anuales o mensuales de mantenimiento de los activos, donde generalmente son actividades que requieren la detención de la máquina debido a su nivel de intervención.
- **Mantenimiento Preventivo:** Como fue explicado anteriormente, el mantenimiento preventivo son actividades que permiten prevenir posibles fallas de los activos.
- **Mantenimiento de la Calidad:** Este pilar es bastante complejo, ya que en términos de mantenimiento se conoce como Reliability Centred Maintenance (RCM), donde en base a la información del proveedor y un control exhaustivo del activo se define el plan de

mantenimiento de la máquina.

- TPM Administrativo: En este caso lo que busca este pilar es extrapolar la metodología TPM más allá de solo la estrategia de mantenimiento, sino a otros ejes o áreas dentro de la empresa, como operaciones, negocios, entre otros.
- Formación del Personal: Uno de los principales requerimientos para que TPM se pueda implementar dentro de una institución es el contar con un personal capacitado, capaz de comprender el impacto de la metodología y así ser capaz de aprovechar los beneficios de TPM.
- Seguridad y Medio Ambiente: Este último pilar se focaliza en el hecho de mantener un estándar en la seguridad, tanto del personal como de los terceros, y en un cumplimiento de las leyes o requerimientos para mantener al medio ambiente libre del impacto que podría generar la empresa de no cumplir los diferentes estatutos.

En conclusión, las herramientas *TPM* y *Mantenimiento preventivo*, son una metodología adecuada para el enfoque de este proyecto, debido a que permiten enfocarse tanto en la tarea de mantención del activo, como en la participación constante del operador. Abriendo oportunidad a realizar una mejora que pueda ser sostenible en el tiempo, y que se proyecte con posibilidad de mejora.

Por otro lado, existe una clara deficiencia en el conocimiento del rubro y de las operaciones de la institución, para poder subsanar esta problemática existen las denominadas Gemba Walks.

Esta práctica permite comprender las verdaderas problemáticas que puede presentar una zona de trabajo, focalizada exclusivamente en el área productiva. Es por ello, que se plantea lo siguiente: “*The Gemba Walk practice helps understand where waste is occurring and the process of eliminating this waste. The Japanese word Gemba means "The Real Place." Gemba is a philosophy that encourages management to go to the actual place where issues are arising rather than making decisions from behind a desk. Management begins to see "where work is performed..., how and why employees perform the work they do," and get to the issues at hand as they begin to incorporate Gemba Walks within their routine (Gesinger, 2016, p. 33-34).*”. (Taylor, 2021).

En la cita anterior, se expresa como las Gemba Walk se presentan como una metodología que permitirá comprender las verdaderas problemáticas asociadas a las principales detenciones de la L7, por otro lado, permite exponer como esta tendrá una implicancia dentro del mantenimiento de la línea, y cómo el hecho de ir a “The Real Place” permite que las metodologías de mantenimiento se encuentren fundamentadas. Es decir, será la responsable de que las metodologías de mantenimiento preventivo y TPM, puedan tener el impacto deseado dentro del OPI NONA de L7.

Objetivos y Solución

El objetivo general del proyecto es:

“El objetivo general consta de la reestructuración de las actividades de mantenimiento rutinario de la línea 7, lo cual permitirá reducir las detenciones de la línea en aproximadamente un 30%, esto se realizará en un periodo de aproximadamente 4 meses”.

Para alcanzar este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el levantamiento de la información de la realidad de la línea.
- Revisar tareas rutinarias de mantenimiento existentes.
- Gestionar tarjeteo de los operadores.
- Identificar y eliminar: Lugares de Dificil Acceso (LDA) y Fuentes de Contaminación (FDC).
- Consolidación de los estándares de tareas rutinarias; Limpieza, Inspección, Lubricación, Ajuste (LILA).

A partir de lo anterior se define como solución, la reestructuración de las tareas de mantenimiento en base a las herramientas que proporcionan en conjunto las metodologías de TPM y mantenimiento preventivo. Destacando la realización de tarjetas y la participación por parte de los operadores. El criterio para abordar la problemática desde este enfoque es el hecho de que el conjunto de estos dos sistemas permite generar los cimientos para un equipo de trabajo que sea capaz de ser el mantenedor de sus puestos de trabajo, y siempre focalizado en la mejora continua de este.

Metodología

Para poder cumplir con los objetivos específicos mencionados anteriormente, es necesario definir la metodología.

Respecto a realizar el levantamiento de información en relación con la situación actual de la línea, se utilizará el método *Gemba Walks*. Este consta en realizar una visita directa al lugar de trabajo, permitiendo observar y comprender las operaciones de la línea. Adicionalmente durante las *Gemba Walks* se interactúa con los operadores para poder obtener información valiosa sobre posibles desafíos y oportunidades de mejora.

Por otro lado, la revisión de las tareas rutinarias preexistentes se realizará en conjunto con los operarios, para luego elevar esta información y revalidar con el supervisor de turno. Esto permitirá que existan enfoques distintos ante el descarte o continuidad de una tarea.

Las tarjetas serán una herramienta de trabajo principal para los operadores, esto debido a que permiten generar un registro de la información de las averías o detenciones de los puestos de trabajo, también estas permitirán generar una correcta planificación del mantenimiento preventivo, ya que permiten realizar un seguimiento de las fallas que pueden presentar los activos y hacer un correcto análisis para definir la estrategia de mantenimiento. Aunque todo lo anterior se cumple si la herramienta es utilizada correctamente, por lo que el mantener un control de las tarjetas es imprescindible.

A partir de lo anterior es que el gestionar el tarjeteo de los operadores, se realizará de forma periódica mediante auditorías, donde se evaluará las tarjetas levantadas por los operadores, y así poder garantizar precisión y consistencia en la actividad. Adicionalmente estos reportes permitirán la mejora constante de los procesos y en el procedimiento que realicen los operadores en el tarjeteo

Para evaluar la posibilidad de poder identificar y erradicar los *LDA* y *FDC*, se busca gestionar el apoyo de expertos, también se utilizará una ventana de mantenimiento, en ella se realizará una limpieza completa a la línea, durante este procedimiento se deberá hallar, en conjunto con los participantes, los puntos anteriormente mencionados. Para ello se utilizarán diagramas de la línea e inspecciones visuales.

Finalmente, para definir los nuevos estándares se hará una revisión de los historiales de mantenimiento. Adicionalmente, se buscará el feedback de los operadores, debido a que ellos son los principales actores del deber operacional, y por último se utilizará la metodología TPM, el cual está enfocada en que ellos sean mantenedores autónomos de sus puestos de trabajo, es aquí donde culmina el proyecto y se busca establecer esta nueva metodología de trabajo.

Medidas de Desempeño

Para poder cuantificar el impacto del proyecto durante y tras su finalización, es necesario contar con ciertos indicadores que permitan evaluar el éxito o el desempeño de este.

Las medidas de desempeño son las siguiente: OPI NONA, Paros Mayores, Paros Menores, Pérdida de Velocidad, OTIF.

- OPI NONA: Este indicador ya fue explicado con anterioridad, pero de forma resumida, este permite medir tanto la eficiencia como la efectividad productiva de una línea, este indicador permitirá comprender el impacto del proyecto y el cumplimiento del objetivo general, se explica mediante la siguiente formula:

$$OPI\ NONA = \frac{Producto\ Bueno}{Tiempo\ Efectivo\ de\ Trabajo}$$

Por conveniencia se considerará a los KPI's: Paros Mayores, Paros Menores y Pérdida de Velocidad, pertenecientes a un mismo grupo, esto debido a que buscan cuantificar el impacto en tiempo de estas situaciones.

- Paros Mayores: Este indicador mide las detenciones de la llenadora superiores a cinco minutos, y se mide en porcentaje. Es decir, que en caso de que cualquier máquina dentro de la línea, cause una detención de la llenadora de más de cinco minutos se considera paro mayor. Se mide en porcentaje.

$$\frac{Paradas\ por\ Averías + Paradas\ por\ Falla\ Proceso}{Tiempo\ Efectivo\ de\ Trabajo.}$$

- Paros Menores: Este indicador hace referencia a los paros no planificados debido a micro detenciones y las asistencias correctivas a máquinas, menores a 5 minutos de detención. Medido en porcentaje.

$$\frac{Tiempo\ de\ detenciones\ menores}{Tiempo\ Efectivo\ de\ Trabajo}$$

- Pérdidas de Velocidad: Mide la disminución de velocidad debido a cambios de parámetros del proceso, falsa continuidad de línea y averías sin detención de la línea. Igual que los anteriores medido en porcentaje

$$\frac{Tiempo\ de\ pérdidas\ de\ Velocidad}{Tiempo\ Efectivo\ de\ Trabajo}$$

- Por otro lado, se encuentra el cumplimiento, este indicador se explica en parte por sí sólo, ya que lo que mide es el cumplimiento porcentual de la producción real respecto a la producción estimada de la línea.

$$\frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción estimada}} * 100$$

- Finalmente, se encuentra el indicador OTIF, que proviene del inglés On Time In Form, el cual indica el cumplimiento de las actividades cerradas en tiempo y forma de un periodo, respecto a las actividades totales que existan dentro de ese periodo, este indicador permitirá comprender el cumplimiento de las actividades LILA, se mide en porcentaje.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de act. cerradas en t y f}}{N^{\circ} \text{ total de actividades}} * 100$$

Para poder realizar la medición del avance del proyecto durante la pasantía, los principales KPI a utilizar serán: OPI NONA, Paros Mayores y Cumplimiento. Esto debido a que como se mencionó con anterioridad. Se busca poder alcanzar el OPI NONA propuesto de 55.3%, a su vez se busca reducir los paros mayores o “Break Down Time”, ya que estos son los que generan la pérdida de 41.5% puntos de OPI NONA, y también una mejora en el OPI NONA debería causar el aumento en el cumplimiento de la producción, debido a que la disponibilidad de L7 debería aumentar.

Evaluación Económica

Para poder evaluar los posibles beneficios que puede generar el proyecto, se realiza un flujo de caja que expondrá los ingresos y costos del ya mencionado. Para finalmente concluir mediante el Valor Neto Actual (VAN), la rentabilidad del proyecto.

FLUJO DE CAJA					
OPI NONA	28,5%	38,5%	48,5%	58,5%	Valor punto de OPI NONA
Cumplimiento	48,2%	58,2%	68,2%	78,2%	\$1.134.241
Break Down	42%	32%	22%	12%	Producción Mensual tentativa (HL)
Perdida por Break	\$47.184.439	\$35.842.026	\$24.499.613	\$13.157.199	25.111
Periodo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Valor de venta HL aproximado
Producción HL	12104	14615	17126	19637	\$5.873
No Producido	13007	10496	7985	5474	Coste Producir HL aproximado
Detalle de Ingresos					\$1.120
Punto de OPI NONA	\$32.325.877,9	\$43.668.291,2	\$55.010.704,5	\$66.353.117,8	Coste Mensual MTTO
Venta de HL	\$71.083.867	\$85.831.558	\$100.579.248	\$115.326.938	\$50.000.000
Detalle Costos					Sueldo 1 operador
Costo Producción	\$13.553.770,51	\$16.365.756,09	\$19.177.741,67	\$21.989.727,25	\$2.000.000
Mantenimiento	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000	Tasa de Interes (Banco central)
Mano de Obra	\$30.000.000	\$30.000.000	\$30.000.000	\$30.000.000	9%
Costos Totales	\$93.553.770,51	\$96.365.756,09	\$99.177.741,67	\$101.989.727,25	VAN
Ganancias Totales	\$103.409.745	\$129.499.849	\$155.589.952	\$181.680.056	136.945.697
Total	\$9.855.975	\$33.134.093	\$56.412.211	\$79.690.329	

Figura 7. Flujo de Caja proyecto.

Como se puede observar en la figura 7 se presenta el flujo de caja del proyecto. En él se encuentran expuestos diferentes ítems.

OPI NONA	28,5%	38,5%	48,5%	58,5%
Cumplimiento	48,2%	58,2%	68,2%	78,2%
Break Down	42%	32%	22%	12%
Perdida por Break	\$47.184.439	\$35.842.026	\$24.499.613	\$13.157.199

Figura 8. Ítem de indicadores.

En la figura anterior se presenta la primera parte del flujo de caja, en ella se pueden observar distintos indicadores. En primer lugar, el OPI NONA estimado que presentará la línea considerando la intervención del proyecto. Luego, se encuentra el cumplimiento, el cual se considera que cada punto de disminución del “Break Down” son puntos de disponibilidad que tendrán el mismo impacto en el cumplimiento. Por último, se presenta el “Break Down” con su pérdida monetaria asociada, este simplemente expone los puntos que se están perdiendo de OPI NONA y la disminución tentativa que deberían tener para lograr alcanzar el OPI NONA propuesto de 55.3%, y adicionalmente la pérdida de dinero debido al impacto en la disponibilidad de producción de L7 asociado al porcentaje faltante del cumplimiento de la producción presupuestada.

Valor punto de OPI NONA
\$1.134.241
Producción Mensual tentativa (HL)
25.111
Valor de venta HL aproximado
\$5.873
Coste Producir HL aproximado
\$1.120
Coste Mensual MTTO
\$50.000.000
Sueldo 1 operador
\$2.000.000
Tasa de Interes (Banco central)
9%
VAN
136.945.697

Figura 9. Valores y Supuestos.

Por otro lado, en un costado se presentan ciertos valores que fueron definidos para poder facilitar la evaluación económica, tales como los que se pueden apreciar en la figura 9. En primer lugar, se expone el valor que tiene un punto de OPI NONA, este se define según parámetros como el volumen de producción y la demanda de los productos que produce la línea, en este caso L7 produce formatos individuales (250cc, 500cc, 600cc), estos formatos forman parte importante dentro del mercado para ECCUSA, a partir de esto es que el valor por cada punto de OPI NONA asciende a \$1.134.21 CLP,

siendo uno de los más altos dentro de planta modelo. En segundo lugar, la producción mensual tentativa en HL, en este caso se considerará que la producción mensual será la misma para todos los meses, a pesar de que en realidad esta puede ser variable, este supuesto se realiza debido a que al mantener una demanda constante se puede apreciar de mejor manera la evolución del proyecto. Luego, se encuentran el valor de venta y el coste de producción del HL de bebida. En este caso se considera un valor aproximado para ambos casos, esto debido a que los diferentes productos que se puedan producir poseen un distinto precio de venta y coste de producción, a partir de esto se obtiene un valor promedio y aproximado de venta de \$5.873 CLP por HL de bebida genérica y un coste de producción de \$1.120 CLP. De esta forma se elimina el factor de variabilidad de la programación de producción. Luego, se exponen los costes asociados a mantenimiento donde actualmente dentro de planta modelo los costos ascienden aproximadamente a \$50.000.000 CLP, este valor considera la compra pequeña de repuestos y mano de obra de terceros. Es importante mencionar que este valor no considera grandes intervenciones, tales como la compra de nueva maquinaria debido a fallas, sino la adquisición de repuestos que permitan que los activos continúen con su disponibilidad, adicionalmente este valor se mantiene constante debido a que el presupuesto mensual de mantenimiento se asigna según el presupuesto anual de planta y este no debería presentar mayores modificaciones. Respecto a la mano de obra de operaciones, se presenta un valor aproximado de \$2.000.000 CLP como el sueldo de un operador, los operadores deben cubrir tres turnos, adicionalmente dentro de L7 existen cinco máquinas que deben ser operadas, a partir de esto es que se necesita un total de 15 operadores. Finalmente, se puede apreciar el VAN y la tasa de interés, el primero será abordado con profundidad durante el cierre de la evaluación económica, mientras que la tasa de valor 9% fue definida a partir de la información de la tasa de política monetaria del Banco Central, la cual se define tal que: *“Es el principal instrumento operacional de la política monetaria. En la práctica, es la tasa a la cual el Banco Central le presta a los bancos comerciales, pero que también incide en todas las tasas del sistema financiero”*. (Política Monetaria - Banco Central De Chile, n.d.)

Periodo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Producción HL	12104	14615	17126	19637
No Producido	13007	10496	7985	5474
Detalle de Ingresos				
Punto de OPI NONA	\$32.325.877,9	\$43.668.291,2	\$55.010.704,5	\$66.353.117,8
Venta de HL	\$71.083.867	\$85.831.558	\$100.579.248	\$115.326.938
Detalle Costos				
Costo Producción	\$13.553.770,51	\$16.365.756,09	\$19.177.741,67	\$21.989.727,25
Mantenimiento	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000
Mano de Obra	\$30.000.000	\$30.000.000	\$30.000.000	\$30.000.000
Costos Totales	\$93.553.770,51	\$96.365.756,09	\$99.177.741,67	\$101.989.727,25
Ganancias Totales	\$103.409.745	\$129.499.849	\$155.589.952	\$181.680.056
Total	\$9.855.975	\$33.134.093	\$56.412.211	\$79.690.329

Figura 10. Flujo de Caja.

Luego, se presenta el flujo de caja, en él se puede apreciar los cuatro meses definidos en el objetivo del proyecto. En cada uno de ellos se presenta los siguiente:

- Producción y No Producción (HL): Lo que busca presentar esta sección es el aumento del cumplimiento de la producción, donde se expone la cantidad de hectolitros producidos respecto al cumplimiento de ese periodo, y la cantidad que no se produjo debido a la no disponibilidad de L7.
- Punto de OPI NONA (\$CLP): Este valor permite exponer las ganancias de la línea respecto al resultado de OPI NONA obtenido en ese mes.
- Venta de hectolitros (\$CLP): En este caso se expone la cantidad de pesos chilenos que genera para ventas la línea, esto según la cantidad de hectolitros producidos durante ese mes y el valor de venta de estos.
- Costos (\$CLP): Para los costos, se presentan costos fijos tales como la mano de obra y el coste de mantenimiento, mientras que el coste de producción dependerá del cumplimiento que tenga la línea, esto debido a que a mayor producción mayor será el coste.

Finalmente, se exponen los costos y las ganancias totales, los cuales permiten evaluar la viabilidad del proyecto, debido a que gracias a ellos se pueden calcular las ganancias totales de cada mes. Claramente a simple vista se aprecia, como una reducción de las detenciones mayores y un aumento en el cumplimiento de la línea generará beneficio. Pero, adicionalmente se encuentra el VAN como argumento de que el proyecto es rentable para la empresa con un valor de \$475.741.990.

Matriz de riesgos

Para poder definir la matriz de riesgos del proyecto es necesario identificar los riesgos, estos se dividirán en base a las etapas expuestas en la planificación: Levantamiento, Revisar Estándares, Gestión de Tarjeteo, Identificar y Eliminar FDC y LDA y Consolidar Nuevos Estándares.

Para *Levantamiento* se tiene los siguientes riesgos:

1. Falta de cooperación por parte de operadores y /o supervisores.
2. El que se esté falseando información de la línea.

Respecto a *Revisar Estándares* son los que se enumeran a continuación:

3. Falta de cooperación de operadores.

4. Falta de competencia por parte de los operadores.

La *Gestión de Tarjeteo* se puede exponer a:

5. Fallar en la periodicidad de las auditorías.

6. Falta de criterio en la auditoría.

7. La falta de cooperación por parte del operador.

Lugares de Difícil Acceso y Fuentes de Contaminación, puede presentar los siguientes riesgos:

8. La no existencia de FDC y LDA.

9. La falta de personal calificado para la eliminación.

A partir de los riesgos anteriormente enumerados se genera la siguiente matriz.

Riesgo / Probabilidad	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Probabilidad Baja	9	5 – 7	1 – 2
Probabilidad Medio	8	6	3 – 4

Tabla 1. Matriz de riesgos.

Hay que destacar que no existen riesgos con probabilidad alta, por lo que no existe un foco a mitigar. Para el proyecto se focalizará todo lo asociado a la participación del operador debido al foco en la metodología TPM, por lo tanto, todos los riesgos asociados a ellos se deben mitigar mediante herramientas de convencimiento para propiciar la participación de los operadores. La falta de competencia puede ser la que mayor complicación puede generar, y esta será mitigada mediante capacitaciones enfocadas en las falencias que presenten el grupo de trabajo de la línea 7.

Planificación

Respecto a la planificación de las actividades, el proyecto se organiza mediante una Carta Gantt.

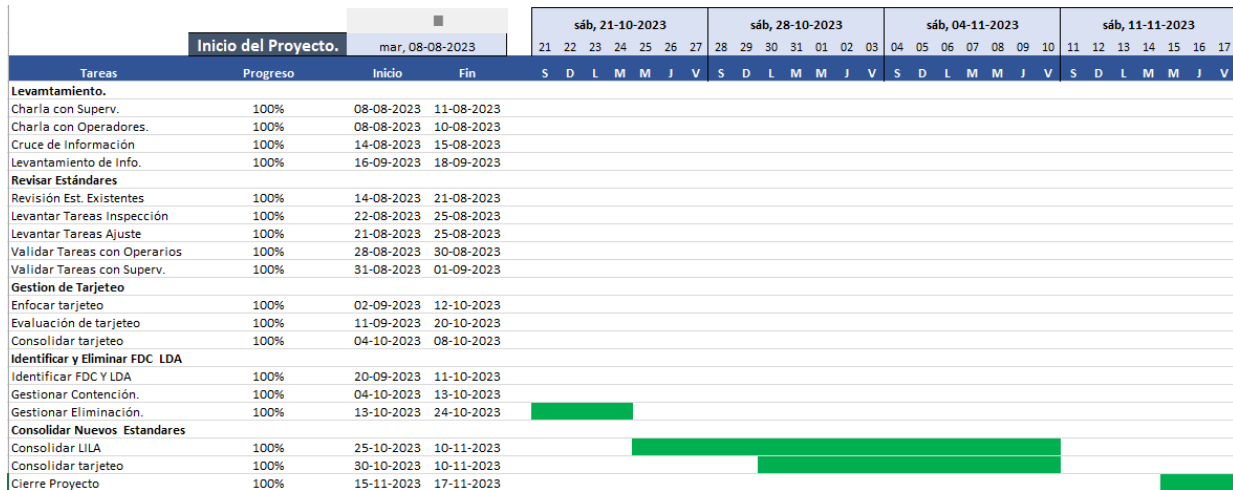


Figura 11. Carta Gantt Proyecto.

La estructura de esta se define en 5 grandes hitos: *Levantamiento*, *Revisar Estándares*, *Gestión de Tarjeteo*, *Identificar y Eliminar FDC y LDA* y *Consolidar Nuevos Estándares*. Los anteriores se fundamentan en los objetivos específicos del proyecto.

Por último, las fechas fijadas ante los hitos más relevantes del avance del proyecto son:

- 18 de agosto. 1er entregable, Levantamiento de Información.
- 1 de septiembre. 2do entregable, Validar Estándares provisorios.
- 8 de octubre. 3er entregable, Definir Impacto de gestión tarjeteo.
- 24 de octubre. 4to entregable, Eliminación FDC y LDA.
- 10 de noviembre. 5to entregable, Consolidar LILA, Tarjeteo e Impacto.

Desarrollo y Resultados

Respecto al desarrollo y resultados finales del proyecto, se expondrá los principales impactos, y a su vez la evolución correspondiente durante la implementación.

En primer lugar, respecto a la implementación de las nuevas tareas rutinarias de mantenimiento, se expondrá un ejemplo de estas y a su vez la evolución del cumplimiento de estas actividades.

Id Estándar	Lila	Criticidad	Punto Q	Detalle Máquina	Estándar Visual	Descripción Estándar Visual	Estado De Equipo	Descripción Actividad	Frecuencia	Epp	Materiales/Herramientas	Método	Tiempo Estimado (en Minutos)
10715	Inspección	Alta	No	Componentes del rinser		Pinzas no deben estar sueltas o presentar desgaste. Resortes deben estar en buen estado. Boquillas de rinser deben estar en su lugar y sin daños		1.-Inspeccionar que los plásticos de las pinzas no se encuentren rotos o fisurados 2.-Comprobar que los resortes de las pinzas no se encuentren rotos o con alguna anomalía 3.- Ver que estén todas la boquillas del rinser, que no estén dañadas y funcionen correctamente		LENTES DE SEG. PROTECCION AUDITIVA. ZAPATOS DE SEG	Tarjeta CA/MA, Tarjeta Seguridad		15

Figura 12. Tarea de Inspección Llenadora

En la figura 12, se puede observar un tipo de actividad de inspección generado, en ella se destacan:

- **LILA:** El tipo de actividad, si es limpieza, inspección, lubricación y ajuste.
- **Criticidad:** La importancia de la tarea para el control del activo.
- **Punto Q:** Este es un requisito corporativo, asociado a la inocuidad del producto, pero que no conlleva mayor importancia para el proyecto.
- **Detalle Máquina:** En este punto se explica el punto específico de la máquina.
- **Estándar Visual:** Imagen de referencia para que el operador pueda comprender de manera sencilla la ubicación de la tarea LILA.
- **Descripción Estándar Visual:** Una breve descripción de lo que busca exponer el estándar visual, y en qué zona específica debe focalizarse el operador al momento de realizar la tarea.
- **Estado de Equipo:** Este punto explica de manera sencilla si la máquina debe estar detenida o puede estar en funcionamiento durante la tarea.
- **Descripción de Actividad:** Una descripción concisa de la actividad a desarrollar por parte del operador.
- **Frecuencia:** Es la periodicidad que tendrá la tarea, esta tiene una directa correlación con la

criticidad de la tarea. Puede ser: Por turno, diaria, semanal, quincenal y mensual.

- EPP: Elementos de seguridad que debe tener el operador para poder realizar la tarea, y así evitar accidentes.
- Método: Este expone dentro de la actividad si debe ser: auditivo, visual o manual.
- Tiempo Estimado: Es el tiempo virtual que debería tardar el operador para realizar la tarea.

Cada una de estas columnas permite que la tarea sea robusta para la metodología de mantenimiento, enfocada en TPM y la estrategia preventiva.

La cantidad de actividades que fueron reestructuradas o creadas es de 289, estas se encuentran repartidas en las 5 máquinas que contiene L7: Sopladora, Llenadora, Etiquetadora, Empacadora y Paletizadora.

Para poder definir cada columna de las tareas, se utilizó las ya mencionadas Gemba Walk, y gracias a la información proporcionada durante estos recorridos por los operadores, y el cruce con información técnica extraída de diferentes manuales de uso de las máquinas. Se generó las diferentes tareas de mantenimiento rutinario.

Una forma de medir el cumplimiento de estas tareas es el indicador OTIF de las actividades LILA.

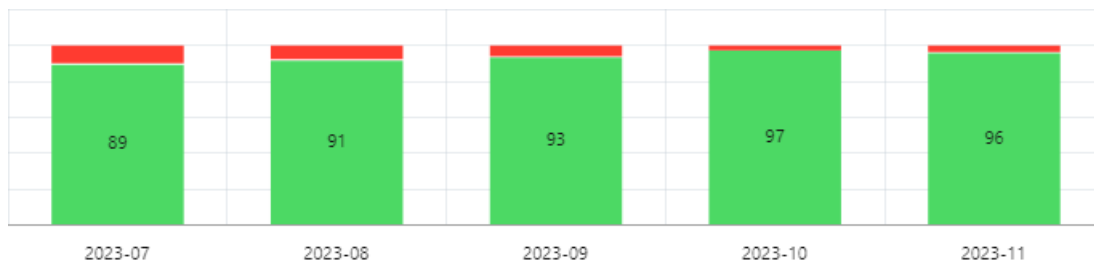


Figura 13. OTIF LILA.

Como se puede observar en la figura 13, el cumplimiento de las actividades LILA (verde) presento una clara tendencia al alza, donde el operador fue capaz de realizar la gran mayoría de sus actividades. Esto permite llevar un mayor control de los activos de la línea, y así poder prevenir y controlar la aparición de posibles fallas, esto gracias a que, si durante la tarea de mantenimiento rutinario el operador se encuentra una anomalía, este podría informarla mediante otra de las herramientas vitales para el funcionamiento del proyecto: Las tarjetas.

Las tarjetas son una herramienta que permite levantar información respecto a las anomalías que pueda presentar el puesto de trabajo del operador, esta herramienta ya se encontraba presente dentro de L7 previo a la implementación del proyecto. Pero existía una gran falencia respecto a la calidad y

relevancia que tenían las tarjetas para el control de los activos. Debido a esto es que se realizaron las capacitaciones anteriormente mencionadas, y se realizó un trabajo constante con los operadores para poder enfocar el tarjeteo como una herramienta relevante y significativa para la cultura de trabajo del operador, afianzando las bases de una metodología de mantenimiento autónomo sustentada en TPM.

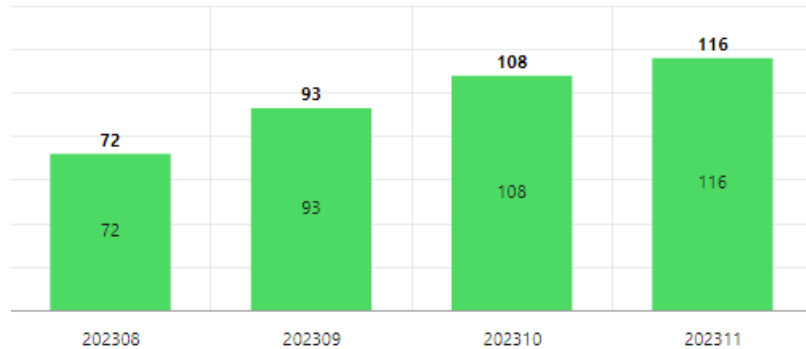


Figura 14. Cantidad de tarjetas por mes.

En la figura 14 se puede apreciar la evolución del levantamiento de tarjetas mensuales por parte de los operadores, esto implica que los trabajadores fueron capaces de reconocer anomalías dentro de sus máquinas y de reportarlas. Adicionalmente, se puede apreciar como la herramienta del tarjeteo se ha vuelto parte de su rutina de trabajo, en otras palabras, el operador como principal actor del mantenimiento, mantenimiento autónomo.

Por otro lado, otro hito importante dentro del proyecto es el levantamiento y cierre de las FDC y LDA. Esto ya que son anomalías que en caso de perdurar en el tiempo pueden generar problemas para el activo. Las FDC corresponden a una zona contaminada que puede afectar al funcionamiento de la máquina e incluso al producto final. Las LDA, que si es una tarea de inspección o limpieza crítica que no se puede realizar debido a su difícil acceso puede generar la aparición de fallas por una mala gestión de las tareas de mantenimiento preventivo.

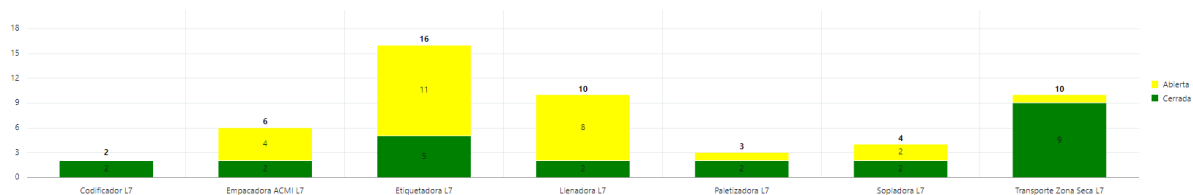


Figura 15. FDC Línea 7.

En consecuencia, en la figura 15 se exponen las FDC levantadas en cada máquina. Es importante mencionar que Etiquetadora y Llenadora se presentan como las máquinas más críticas en este ámbito. Esto con motivo de que la primera se encuentra expuesta al adhesivo utilizado para la tarea de etiquetado, y este se presenta como un material altamente contaminante. La Llenadora por su lado es

la que se encarga de lavar la botella y también del llenado de estas con el producto correspondiente, por lo que se expone a acumulaciones de agua y jarabe, propiciando la posible aparición de hongos. A la fecha el área de operaciones y mantenimiento se encuentran trabajando en conjunto para poder solucionar cada una de las FDC levantadas.



Figura 16. LDA Línea 7.

También se presentan las LDA, en este ámbito las máquinas que se destacan son la Empacadora ACMI y la Sopladora. La primera, posee un horno que trabaja a altas temperaturas, por lo que las tareas de inspección y limpieza dentro o cercanas a este tienden a ser complejas, de manera similar la Sopladora cuenta con un horno para poder calentar la preforma previo al soplado, por lo que las tareas asociadas a esta zona presentan una condición similar a los de la primera máquina. De igual manera que para el caso de las FDC, el equipo de operaciones y mantenimiento se encuentran trabajando actualmente en el cierre de estas.

Respecto a la evolución del proyecto y su impacto estrechamente relacionado con la producción, se trabajarán los indicadores de OPI NONA, Break Down y Cumplimiento.

El primero, aunque ya se ha mencionado repetidas veces, es el indicador principal de cada línea dentro de ECCUSA, es el indicador que proporcionará la información de cómo se comporta la línea tanto en efectividad como en eficiencia.

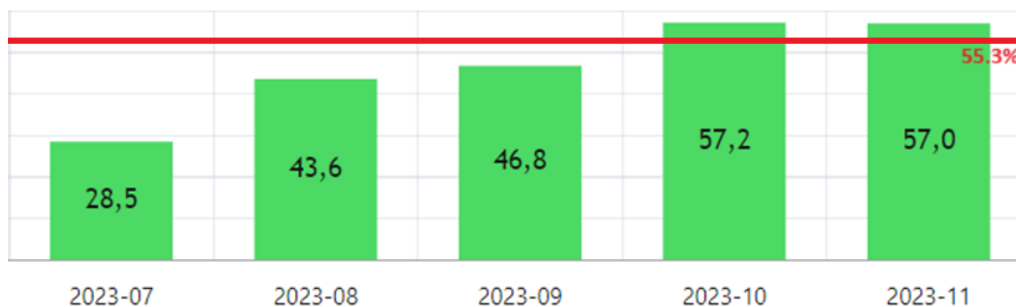


Figura 17. OPI NONA Línea 7.

A partir de lo anterior, y gracias a lo expuesto en la figura 17, es que se puede apreciar la condición inicial de la línea con 28,5% de OPI NONA en el mes de julio. Durante los siguientes meses, el trabajo en conjunto con operadores y las herramientas previamente mencionadas permitió poder generar un

aumento que finalmente en el mes de noviembre obtener un 57% de OPI NONA. Este valor se presenta como una clara mejora de las condiciones iniciales de la L7, es más se dobla el valor del mes de julio. Se debe destacar, el hecho que durante los últimos dos meses se logró obtener resultado por sobre el propuesto de la línea, que era de 55.3% de OPI NONA.

Un indicador que tiene una directa interacción con el OPI NONA, es el Break Down. Este indicador proporciona información respecto a las detenciones mayores no programadas, y representó para L7 durante el mes de julio la mayor cantidad de puntos de OPI NONA perdidos.

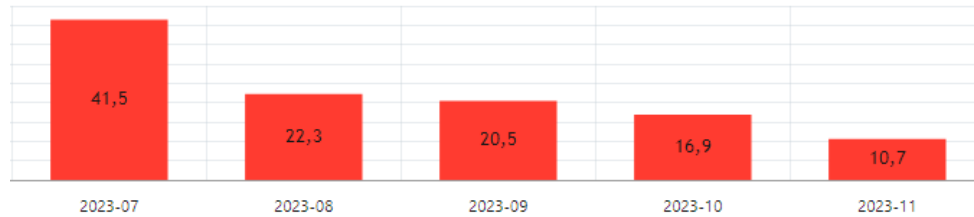


Figura 18. Break Down Línea 7.

En la figura anterior, se puede observar claramente la disminución de las detenciones mayores no programadas, una vez se comienzan a realizar las nuevas tareas de mantenimiento preventivo. Dejando en claro como la metodología empleada genera impacto en el funcionamiento de L7.

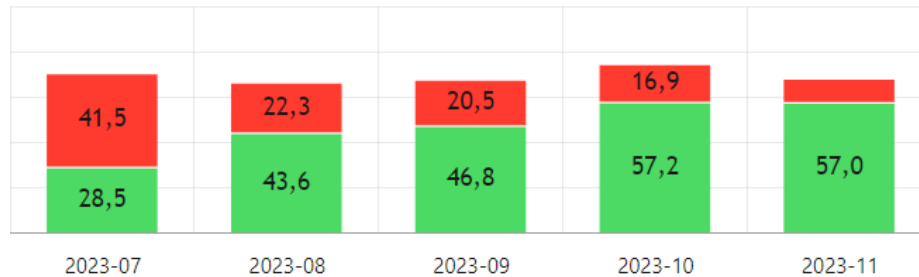


Figura 19. Break Down y OPI NONA L7.

En la figura 19 se presenta la comparación del OPI NONA (verde) y el Break Down (rojo), realizando un cruce entre los gráficos anteriores. En ella se aprecia como una reducción del Break Down permite a L7 tener una ganancia en los puntos de OPI NONA, e incluso, como se expondrá a continuación, el Break Down pasará a segundo plano gracias a una correcta implementación del mantenimiento rutinario y la metodología de mantenimiento autónomo.

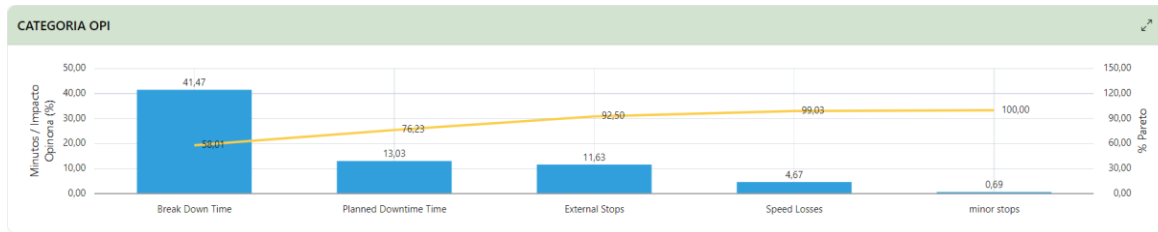


Figura 20. Diagrama Pareto OPI L7 julio.

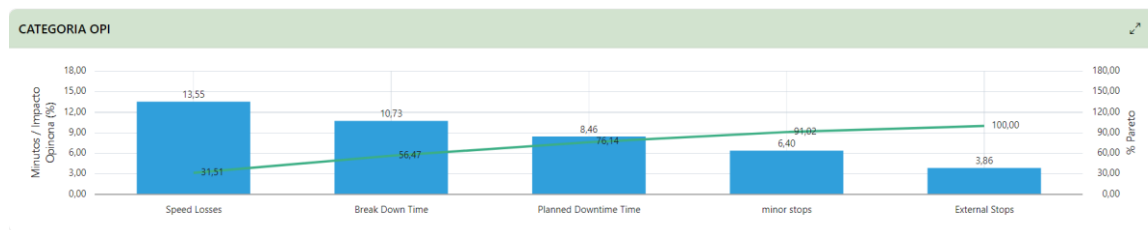


Figura 21. Diagrama Pareto OPI L7 noviembre.

Como se mencionó previamente, si se realiza una comparación entre las diferentes categorías de posibles pérdidas de puntos respecto al indicador OPI NONA. Se puede observar como en la figura 20 el mayor impacto dentro del OPI NONA de julio fue el Break Down Time, con 41.47% de puntos de OPI NONA perdidos, mientras que en la figura 21 se presentan las Speed Losses como principal pérdida, y con tan solo 13.55% de puntos de OPI NONA. Todo esto permite comprender como las grandes averías y fallas se han mitigado y controlado gracias al nuevo estándar de mantenimiento y a la correcta gestión de las herramientas por parte de los operadores.

Por otro lado, durante la evaluación económica se menciona el cumplimiento de la línea como un factor relevante e influyente dentro de los beneficios que puede percibir L7. A partir de esto es que se vuelve imprescindible realizar una evaluación de este indicador.

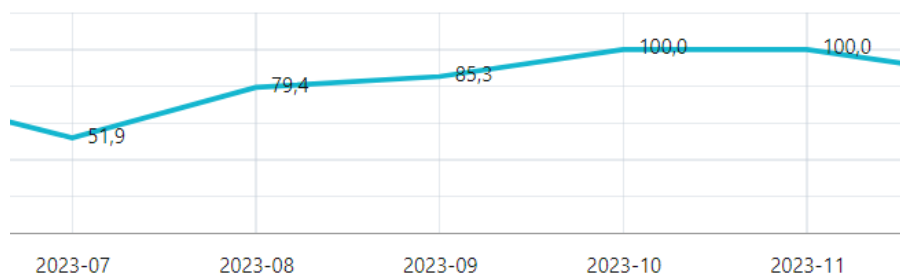


Figura 22. Cumplimiento de L7.

En la figura 22 se presenta el gráfico del cumplimiento de L7 desde el mes de julio a noviembre. En él se puede apreciar el impacto de las nuevas actividades de mantenimiento rutinario, y como el correcto control de los activos propicia un ambiente de producción optima. Se presenta el caso de

51.9% de cumplimiento el mes de Julio, una vez se comienza a implementar TPM dentro de la cultura de los operadores, el correcto manejo de las herramientas y el cumplimiento de las actividades LILA, permiten a L7 finalmente alcanzar en el mes de octubre el cumplimiento del 100% de la producción programada para ese mes. Esto también se asocia a lo explicado en puntos anteriores, ya que, al disminuir las detenciones mayores no programadas existe una situación de mayor disponibilidad de producción para la línea.

Discusión

Existe un ámbito que cabe mencionar a pesar de que no tiene una directa relación en términos de resultados para el proyecto, pero si para su progreso y desarrollo. Fue el cambio cultural realizado dentro del área operacional de L7, los operadores debieron adaptarse a una metodología totalmente nueva para ellos, donde el papel del operador como mantenedor de su puesto de trabajo se volvía imprescindible. Todo esto es capaz de evidenciarse con dos herramientas que posee la empresa ECCUSA, Lecciones de un Punto (LUP) y Procedimiento Operacional Estándar Visual (POEV), estas herramientas existían previo a la implementación del proyecto, y su funcionabilidad en muy sencillas palabras es el poder compartir conocimiento respecto a un punto en específico (LUP) o de un procedimiento más complejo (POEV). El desarrollo de los operadores como mantenedores autónomos fue de la mano con un cambio cultural respecto a su metodología de trabajo, donde el apoyo entre pares y su crecimiento en conjunto fue el eje principal.



Figura 23. Cantidad de LUP por mes.



Figura 24. Cantidad de POEV por mes.

Las dos figuras anteriores permiten evidenciar lo anteriormente mencionado, como mes a mes fueron

apoyándose mutuamente para continuar mejorando activamente. Todo esto se debe a que se busca dejar evidencia de la relevancia del operador dentro de las actividades realizadas, ya que, sin la disposición de ellos al cambio, gran parte del proyecto se podría haber estancado.

Conclusión

Al inicio del proyecto la línea 7 presentaba una clara condición desfavorable en términos de su situación productiva, donde predominaban las fallas y las detenciones asociadas por sobre la productividad. Esto se ejemplificaba en el indicador OPI NONA de un 28.5%, el cual en muy sencillas palabras indicaba que de la totalidad de tiempo disponible para producción solo se cumplió el porcentaje anterior. Debido a esto es que nace la oportunidad de mejora de intervenir este bajo resultado, con el siguiente objetivo: “El objetivo general consta de la reestructuración de las actividades de mantenimiento rutinario de la línea 7, lo cual permitirá reducir las detenciones de la línea en aproximadamente un 30%, esto se realizará en un periodo de aproximadamente 4 meses”. El objetivo anterior, plantea la forma de intervenir el bajo rendimiento de la línea, esto será mediante la generación de nuevas actividades de mantenimiento rutinario, en otras palabras se busca implementar un mantenimiento preventivo a través de la realización de tareas rutinarias, tales como limpiezas e inspecciones, adicionalmente esta estrategia se fusiona durante el proyecto con la metodología TPM, está dentro de sus principales objetivos busca reducir las detenciones mediante el mantenimiento autónomo, preventivo y la mejora continua, pero todo esto no es sencillo de implementar dentro de un área productiva, es necesario generar un cambio dentro de los procesos y es por ello que se utilizan las Gemba Walk como herramienta de comunicación activa con los operadores, para así poder generar convencimiento y mejoras constantes durante el avance del proyecto. En base a lo anterior, las herramientas mencionadas son el conjunto ideal para el avance y desarrollo del proyecto, debido a que lograron abarcar todas las aristas necesarias para una correcta implementación. Luego de realizar los trabajos correspondientes con los operadores y hacer el levantamiento de las nuevas actividades de mantención, la línea comenzó a presentar aires de mejora. Ya que, en el primer mes de implementación el OPI NONA aumenta a 43.6% y el Break Down a 22.3%, para finalmente en el último mes de implementación, donde las actividades ya se encontraban refinadas y las capacidades de los operadores habían incrementado, el resultado alcanzo 57% puntos de OPI NONA y un Break Down de 10%. Esto deja claro que el objetivo propuesto de lograr reducir en un 30% las detenciones mayores no programadas dentro de la línea se lograron alcanzar con creces, siendo de 41.6% a 10%, lo ideal sería continuar con la disminución de estas detenciones o que este valor se estabilice, para así en un futuro continuar con el foco en otro tipo de pérdidas de OPI NONA, tales como perdidas de velocidad o detenciones menores. Finalmente, el proyecto fue provechoso para la empresa, ya que se logró reducir el Break Down y lograr una mejora sustancial del OPI NONA, lo cual le permite generar mayores ganancias para L7.

Bibliografía

- Base de Datos Estadísticos (BDE). (n.d.).
https://si3.bcentral.cl/siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_TASA_INTERES/MN_TASA_INTERES_09/TPM_C1?cbFechaInicio=2022&cbFechaTermino=2023&cbFrecuencia=MONTHLY&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=
- Taylor, J. T. (2021). The Impact of Gemba Walks On Preventative Maintenance Productivity [Tesis]. Western Kentucky University.
- Política Monetaria - Banco Central de Chile. (n.d.).
<https://www.bcentral.cl/web/bancocentral/areas/politica-monetaria>
- Tecnología del mantenimiento industrial. (n.d.). Google Books.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bOrFC3532MEC&oi=fnd&pg=PA21&dq=mantenimiento+industrial&ots=6Oi0LCOkLQ&sig=AFN22-wM1STIrgbuKiMi48xPX8A&pli=1#v=onepage&q=mantenimiento%20industrial&f=false>
- Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. (n.d.). Google Books.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OzwXOAKv_QAC&oi=fnd&pg=PP11&dq=mantenimiento+industrial&ots=8Yu9FwP6js&sig=b49XJ1wvYnPaiurVJ6Fej6hWHc#v=snippet&q=TPM&f=false