



Mejorar la eficiencia de la línea productiva
Tetra Pak con la reducción de los tiempos de
limpieza interna de sus máquinas

Ingeniería Civil Industrial

Marcelo Madariaga Fernández
13/12/2023

Resumen Ejecutivo

La empresa Vital Jugos tiene la función de elaborar y envasar productos de The Coca-Cola Company, con la que ha conformado una alianza, generando una gran participación en el mercado chileno. La planta industrial cuenta con 7 líneas productivas para poder cumplir con sus requerimientos productivos.

Para poder medir la eficiencia de sus líneas productivas, Vital Jugos cuenta con un indicador llamado OEE, cuyo fin es medir el porcentaje de horas de elaboración de productos, en el tiempo real que tiene para producir en la línea.

Este porcentaje nunca logra ser un 100%, ya que contempla las detenciones que tuvo la línea productiva, tanto en fallas de máquinas, operadores, detenciones programadas, entre otras. Se identificó que la línea Tetra Pak estaba rindiendo bajo los niveles esperados, en menor medida que el año anterior, con diferencias de 14,82%, 10,2% y 10,85% en los meses de febrero, agosto y septiembre respectivamente. Por lo que se encontró una oportunidad de mejora para esa línea productiva que genera un alto porcentaje de la producción de la empresa.

El objetivo de este proyecto es lograr un 70% de OEE mensual para mejorar el rendimiento de la línea productiva Tetra Pak. Para conseguir lo anterior, es crucial un sistema TPM (Total Productive Maintenance), que genere un enfoque en mejoras de procesos y eficiencia en el mantenimiento de las máquinas, con respuestas rápidas ante detenciones de producción.

La solución que se plantea en el proyecto es el cambio del proceso de limpiado interno de las máquinas de la línea Tetra Pak, con el fin de disminuir el motivo que genera más frenos en producción. Para poder implementar esta solución, esta debe pasar por un análisis estadístico de los resultados microbiológicos, para poder verificar que no se generen limpiezas fallidas en las máquinas.

Finalmente, la solución planteada se implementa debido a que no genera cambios en los rangos de pruebas microbiológicas. Esta solución genera gran impacto en el OEE, ya que aumenta su resultado mensual, debido a que se produce un ahorro en términos de tiempos de frenado programado, además de generar una significativa incidencia económica en la empresa, puesto que se logra aumentar la producción, y reducir los costos en la limpieza interna de las máquinas.

Abstract

Vital Jugos is responsible for producing and packaging products for The Coca-Cola Company, with which it has formed an alliance, gaining a substantial market share in Chile. The industrial plant operates with 7 production lines to meet its production requirements.

To measure the efficiency of its production lines, Vital Jugos uses an indicator called OEE, aimed at measuring the percentage of hours of product manufacturing during the real production time on the line.

This percentage never manages to reach 100%, as it considers the stoppages experienced by the production line, including machine failures, operator issues, scheduled stoppages, among others. It was identified that the Tetra Pak line was performing below expected levels, to a lesser extent than the previous year, with differences of 14.82%, 10.2%, and 10.85% in the months of February, August, and September respectively. Therefore, an opportunity for improvement was found for this production line, which generates a high percentage of the company's output.

The objective of this project is to achieve the results set by Vital Jugos at the beginning of the year within three months. Its purpose is to reach a monthly OEE of 70% to enhance the performance of the Tetra Pak production line. To achieve this, a TPM (Total Productive Maintenance) system is crucial, focusing on process improvements and efficiency in machine maintenance with quick responses to production downtime.

The solution proposed in the project involves changing the internal cleaning process of the Tetra Pak line machines to reduce the main cause of production halts. To implement this solution, it needs to undergo a statistical analysis of the microbiological results to ensure that there are no failed cleanings in the machines.

Finally, the proposed solution is implemented as it doesn't cause changes in the ranges of microbiological tests. This solution significantly impacts the OEE by increasing its monthly result due to savings in terms of scheduled downtime, as well as generating a significant economic impact on the company by increasing production and reducing costs associated with internal machine cleaning.

Índice

Introducción.....	5
Análisis Problema	7
Objetivo	10
Objetivos Específicos	11
Estado del Arte	11
Soluciones	13
Solución 1	13
Solución 2	14
Solución 3	15
Selección de solución.....	17
Riesgos y Mitigaciones.....	18
Metodología	19
Medidas de Desempeño.....	20
Plan de Implementación.....	21
Resultados	26
Impacto Económico	28
Conclusiones	30
Referencias	32
Anexos	33

Introducción

Este proyecto surge de la colaboración de la Universidad Adolfo Ibáñez con la empresa Vital Jugos S.A, en la que los alumnos tienen la posibilidad de ejercer su práctica profesional, con el objetivo de investigar y proponer nuevas estrategias de mejora a la empresa. La compañía Vital Jugos S.A trabaja en alianza con la corporación multinacional estadounidense de bebidas The Coca-Cola Company, la cual se hace cargo de la elaboración y envasado de sus productos, que incluyen Andina del Valle, Powerade, Vitaminwater, Kapo y Guallarauco. Estos son productos de la propia empresa Coca-Cola que gracias a su alianza, tienen la facultad de elaborar en su industria. Estos son productos bebestibles categorizados como jugos, néctares y bebidas de fantasía.

La empresa Vital Jugos S.A se divide en 8 departamentos: producción, calidad, mantención, formulación, seguridad, patio, bodega y planeación. Estas divisiones tienen la función de colaborar entre sí para que la industria alcance sus objetivos específicos, y su mayor potencial de funcionamiento.

La empresa cuenta con un lugar de formulación donde se generan todas las mezclas de los productos que elabora, para posteriormente ser trasladados a las 7 líneas productivas, pasando por las máquinas correspondientes a cada etapa del proceso, para luego ser envasados y distribuidos como se puede observar en la figura 1.

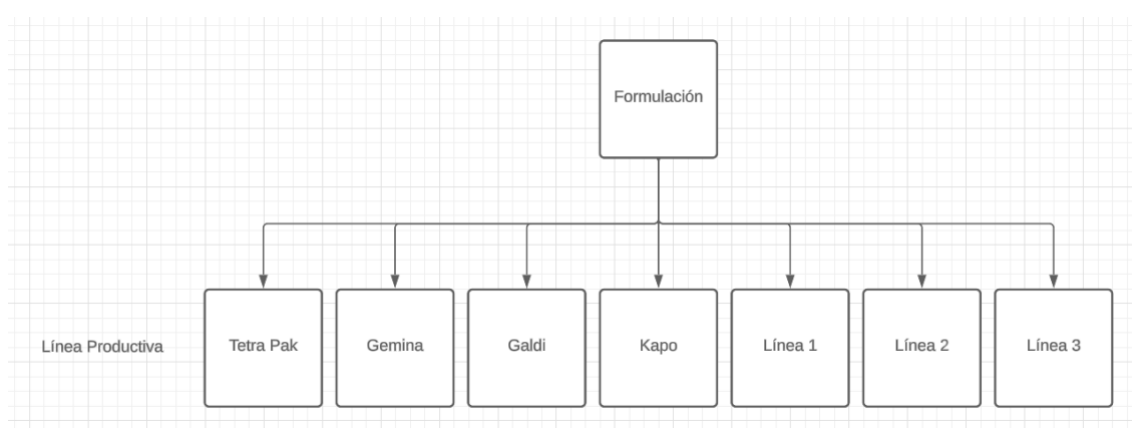


Figura 1: Líneas productivas de Vital Jugos. Fuente: Elaboración Propia.

A raíz de lo anterior es necesario analizar y evaluar constantemente los procedimientos de la empresa, para detectar las fallas en su funcionamiento, y proponer soluciones de manera eficaz.

Para analizar la producción de una empresa se implementa el índice OEE (Eficiencia general de Equipos). Para una mejor aclaración de lo que es el OEE, será no menos importante explicar lo que es Producción Teórica. La Producción Teórica es la ideal realización de los procesos, en otras palabras, es el deber ser respecto a cómo el proceso debe ser ejecutado sin perturbaciones. Así pues, el OEE es la cantidad de horas producidas dividido en la cantidad de horas de una Producción Teórica. Entonces, la Producción Teórica vendría siendo el “deber ser” y el OEE es “el ser”, o sea, cómo el proceso se ha ejecutado realmente. La forma en cómo se obtienen los resultados en Vital Jugos es con la siguiente fórmula:

$$OEE = \frac{\text{Horas Productivas}}{\text{Horas planificadas sin colación}}$$

Donde horas productivas es la cantidad de tiempo que se produjo productos de calidad y horas planificadas sin colación es la cantidad de tiempo que determina la empresa en el que se podría producir, en otras palabras, la Producción Teórica.

Se pueden identificar 7 causas de detención de producción que afectan negativamente al OEE:

- Freno programado, que abarca aquellas eventualidades previsibles de carácter inevitable durante el proceso de producción, como lo sería por ejemplo un lavado interno de las máquinas.
- La falla de equipo, que se produce una vez que la máquina presenta algún problema que imposibilite la cadena de producción.
- Falla operacional, que involucra a los operadores de las máquinas, y en consecuencia el retraso de la producción.
- Pérdida de velocidad, que es la disminución de la cantidad producida por hora.
- Motivo no clasificado, un motivo no clasificado es cuando ocurre una detención en la línea de producción que no se registró en la base de datos de la empresa, es decir, el sistema detectó un freno pero no fue clasificado, por lo que no hay forma de categorizar la falla o la razón de la detención.
- Causa de freno por materiales, que son las fallas en la materia prima o por falta de ésta.

- Freno por contingencia, que es un evento fortuito como un corte de luz o desastres naturales.

En el siguiente gráfico (1) se puede identificar el OEE de la línea Tetra Pak en el mes de septiembre junto a los porcentajes de detenciones de cada freno en la producción. Para ilustrar mejor el OEE, el gráfico a continuación aclara los aspectos esenciales del OEE:

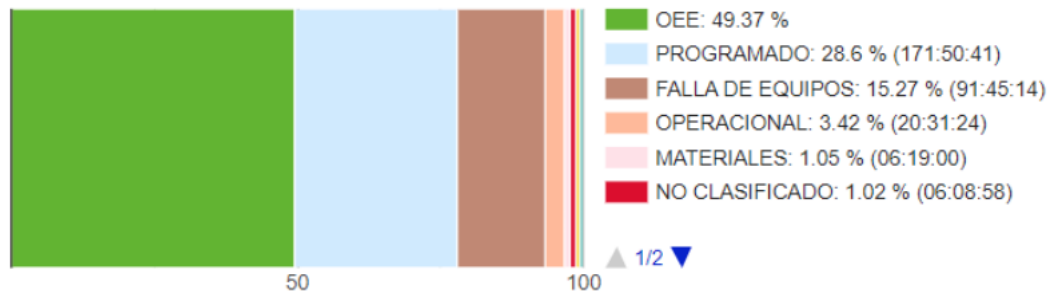


Gráfico 1: OEE de la línea Tetra Pak en septiembre de 2023. Fuente: Vital Jugos.

Este indicador es analizado por la planta en cada línea productiva y a nivel general con el fin de observar el comportamiento de cada línea productiva, y obtener un resultado final de dicha planta. La empresa busca una mejora continua en la eficiencia de sus líneas productivas.

Análisis Problema

El enfoque que propone este proyecto está precisamente en mejorar el OEE de una línea productiva que sería la línea Tetra Pak. Un punto crucial de esta línea es que tiene dos máquinas idénticas para cada proceso productivo.

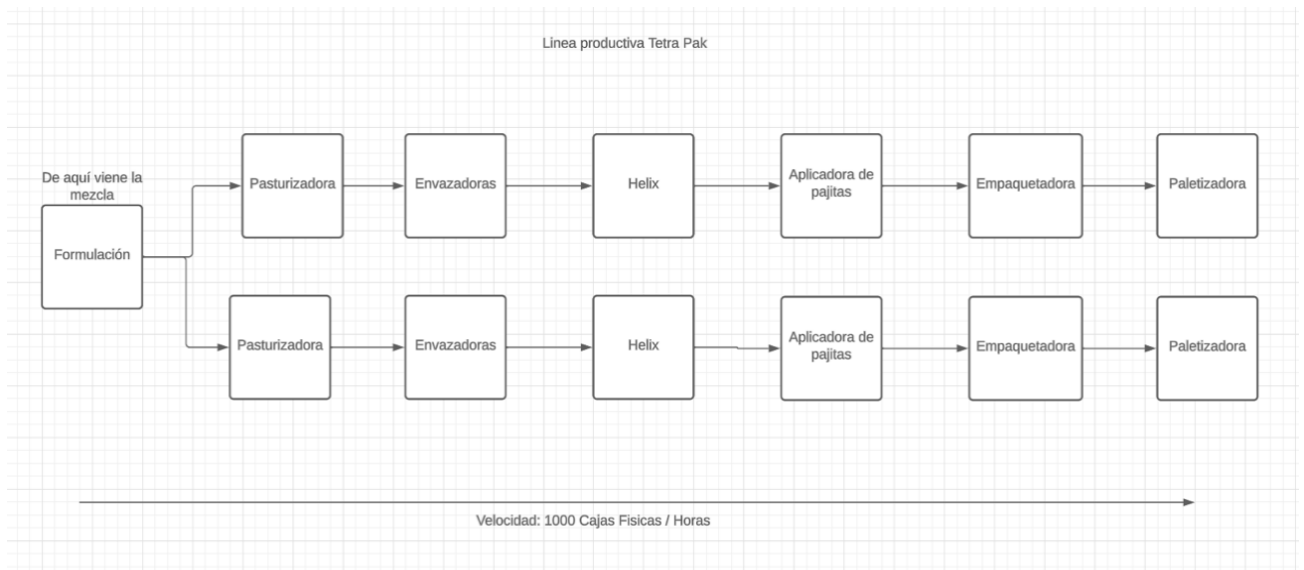


Figura 2: Línea productiva Tetra Pak. Fuente: Elaboración Propia.

Esto genera que en términos de análisis y toma de datos, la línea Tetra Pak es considerada como una, teniendo dos líneas productivas dentro de ella. Esto porque las máquinas que utiliza en cada proceso es idéntica a la otra y trabajan a las mismas velocidades. Además, tienen el mismo tipo de detenciones que bajan el OEE de la línea.

Además, a nivel de producción, la línea Tetra Pak es de las más importantes en Vital Jugos, teniendo una gran participación en la producción de cajas físicas en la empresa. Una caja física es el formato en que se agrupan y venden los productos de la compañía, está contiene 24 productos. Desde enero hasta octubre se han producido 19.032.002 cajas físicas en Vital Jugos, y 5.201.550 han sido producidas por la línea Tetra Pak. Esta cantidad de producción representa un 27% de lo que produce la empresa. Este valor es alto tomando en cuenta que hay 7 líneas productivas. Si se distribuyeran todas equitativamente en producción cada una tendría un 14%, por lo que un 27% representa una participación importante dentro de la empresa.

Otra razón para analizar a la línea Tetra Pak es que, si hacemos una comparación de sus resultados mensuales de OEE, esta ha bajado sus porcentajes respecto a 2022, en el gráfico 2 se observa cómo en los meses de marzo y abril han mejorado el OEE ante el de 2022 en un 0,92% y un 11,38% respectivamente. Mientras que en el resto de meses de 2023 no han logrado superarlo, con las mayores diferencias en los meses de febrero, agosto y septiembre de un 14,82%, 10,2% y 10,85% de diferencia respectivamente.

Comparación OEE 2022-2023

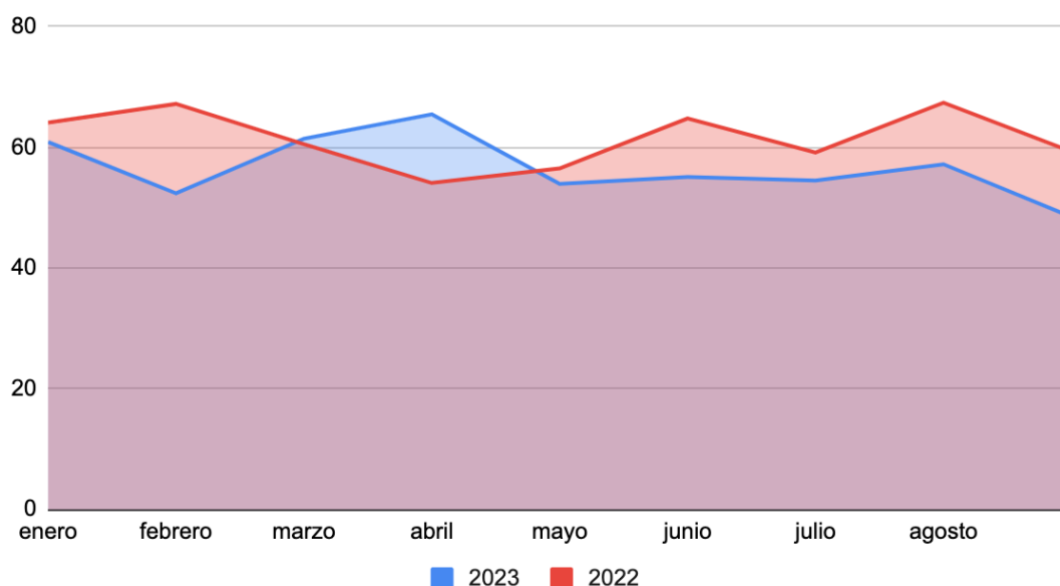


Gráfico 2: Comparación OEE 2022-2023. Fuente: Elaboración Propia.

Como se mencionó anteriormente, la empresa calcula el OEE para cada línea productiva con sus objetivos esperados. Para la línea Tetra Pak el OEE actual es de un 57% y su objetivo es de un 70%, ya que fue el resultado obtenido en noviembre de 2021, como se observa en el gráfico 3. Estos resultados nacen del promedio de los OEE de cada mes del año. El OEE actual de la línea se encuentra en un nivel bajo en comparación con su objetivo del año 2023, por lo que es necesario analizar de manera detallada la línea para poder mejorar la eficiencia.

OEE POR Período

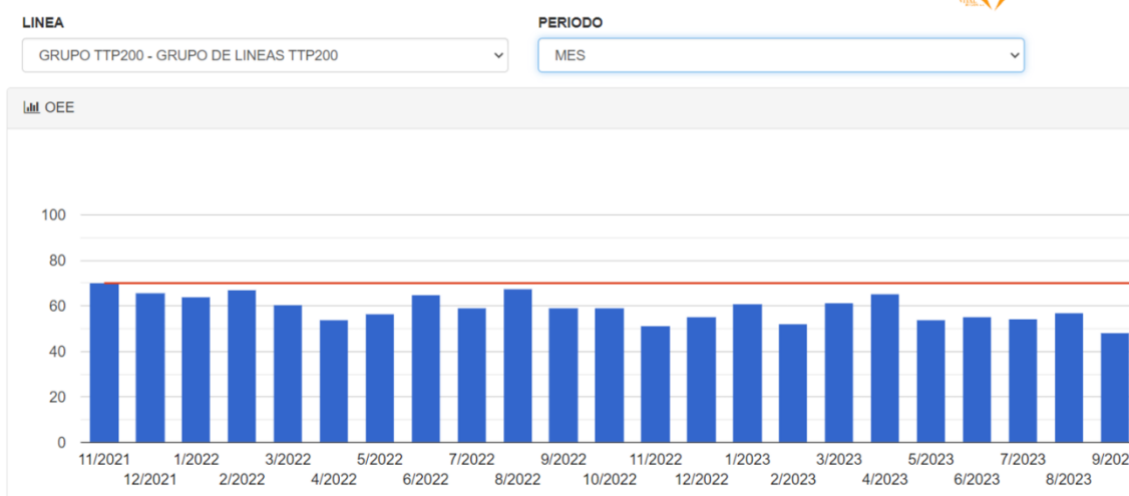


Gráfico 3: OEE de la línea Tetra Pak mes a mes. Fuente: Vital Jugos.

Se han tomado los datos desde enero hasta septiembre de 2023 para analizar con la frecuencia que ocurre en cada tipo de freno en la línea Tetra Pak. Como se puede observar en el gráfico 4, las tres principales razones de detenciones en la línea fueron los frenos programados, fallas de equipo y falla operacional con un porcentaje de 38,38%, 30,08% y 18,81% respectivamente.

Reporte de Paradas

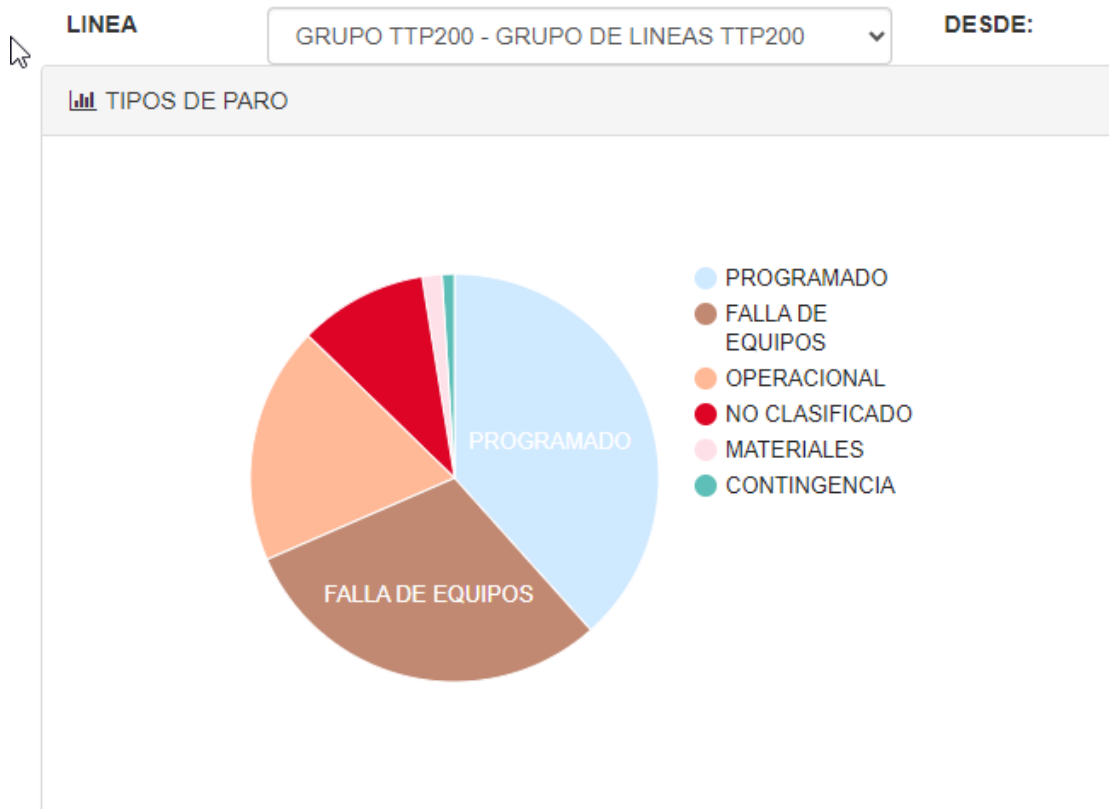


Gráfico 4: Reporte de paradas de la línea Tetra Pak. Fuente: Vital Jugos.

Debido a lo que ocurre en la línea Tetra Pak se ha buscado una forma de reducir los factores anteriores que impactan de manera más directa en el OEE de la línea, logrando mejorar su porcentaje, para lograr el objetivo de 2023.

Objetivo General

El objetivo será:

Aumentar el OEE mensual de la línea productiva Tetra Pak, logrando resultados mensuales de 70%, con el fin de alcanzar los objetivos de la empresa en un plazo de 3 meses.

Objetivos Específicos

- Obtener información del estado del arte para poder mejorar el OEE.
- Encontrar una solución viable en la empresa que genere impactos positivos en ella.
- Tener un análisis en la implementación de la solución encontrada para que se adapte de manera correcta al contexto de la empresa.
- Hacer análisis estadísticos para una correcta implementación de la solución.
- Bajar los tiempos de frenado en la línea productiva Tetra Pak, logrando un aumento en el OEE de la línea.
- Generar una producción extra dentro de la línea productiva Tetra Pak.

Estado del Arte

En la búsqueda de información relevante de hoy en día las principales ideas para la mejora de la eficiencia productiva van ligadas con la mejora continua y la preocupación de un buen mantenimiento. “El análisis riguroso de fallas del equipo de producción basado en registros reales permite la identificación de causas raíz sobre las cuales se pueden definir acciones correctivas efectivas (mantenimiento dirigido) para recuperar el funcionamiento óptimo de la máquina.” («Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line», 2017).

Los equipos y maquinarias de las industrias requieren de un mantenimiento continuo, con respuestas rápidas para no perder tiempo de más en frenos y fallas, por lo que tener un equipo organizado y activo es crucial para obtener un OEE alto, además de que el almacenamiento de información sobre las máquinas y sus fallas es de utilidad para poder actuar de una manera organizada y efectiva, con el fin de poder atacar de la mejor forma las fallas que puedan tener las líneas productivas. “También se pueden establecer programas preventivos para mantener una alta disponibilidad del equipo de producción, garantizando así una alta productividad y cumplimiento. La implementación de TPM promueve un registro detallado para la máquina, lo que a su vez permite una focalización eficiente de los recursos de mantenimiento, tanto en tiempo como en disponibilidad de repuestos.” («Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line», 2017).

Una forma de poder mejorar el OEE en las industrias es implementando el sistema de mantenimiento productivo total (TPM), cuyo enfoque es tener siempre las mejores condiciones para el funcionamiento de las máquinas, y una alta capacidad de reacción ante una falla en las líneas productivas. “La práctica del mantenimiento autónomo impacta significativamente en los tiempos de mantenimiento, ya que se evitan los tiempos de procesamiento, y espera para cumplir con los pedidos presentados al departamento de mantenimiento de las plantas industriales.”(«Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line», 2017).

Siguiendo la línea de maximizar la velocidad de respuesta ante fallas en la producción, se requiere implementar las tecnologías más nuevas y novedosas en las industrias. Es por esto que se utilizan sistemas que controlan los procesos de las líneas productivas, siendo los controladores PID son una opción eficiente en las empresas.

“Los controladores PID han sido parte imprescindible en la industria para controlar sistemas de manera eficiente y con la menor cantidad de error posible. Debido a que un fallo en el sistema de control de presiones podría ser muy peligroso y representaría un “paro de planta” y ya que el tiempo es un factor crítico en esta industria de líneas de producción, es necesario tener bien implementado este sistema de control.” («CONTROL AUTOMATIZADO DE NIVEL Y PRESIÓN EN UN TANQUE DE BEBIDAS CARBONATADAS, EMSULA», 2018).

Otro proceso que utilizan las empresas para disminuir tiempos de frenado son las limpiezas por interno de las máquinas que tienen contacto con el producto. Este proceso se denomina CIP, que significa “Clean In Place”, o sea limpieza in situ. El proceso CIP es crucial en las industrias ya que limpia las máquinas de manera interna sin tener que desmontar el equipo, y así no perder tiempos de producción. “La implementación de un sistema CIP (Clean in Place) o limpieza in situ, permite facilitar las operaciones de limpieza, debido a que facilita la automatización y elimina la necesidad de desmontar equipos reduciendo considerablemente el tiempo utilizado en la actividad.” («OPTIMIZACION DEL PROGRAMA DE SANEAMIENTO CON LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA CIP», 2017). Para el proceso CIP se utilizan tres materiales principales: agua, ácido y soda cáustica, más específicamente los productos que compra la empresa Vital Jugos son Super Dilac el cual es ácido desincrustante y el producto Resource que es un líquido alcalino. Estos materiales son esenciales para que la limpieza de las máquinas sea aprobada por el departamento de calidad de la empresa. Los procesos CIP se realizan por tres razones, que serían

cantidad máxima de producción continua, un cambio de sabor o un cambio de tamaño de formato.

Cabe destacar que gracias a la demanda que tiene la empresa, esta va a condicionar la cantidad necesaria que necesita producir cada línea. Mientras que la limpieza de las máquinas va a estar condicionada por la cantidad de producción establecida. En la línea Tetra Pak el proceso CIP se ejecuta en 5 pasos. En primer lugar se hace un enjuague con agua. Luego pasa por una solución de agua y Resource. Después se genera otro enjuague con agua, para pasar a una solución de agua con Super Dilac, finalizando con un enjuague con agua. Cabe destacar que los enjuagues son necesarios antes y después de una solución con químicos. Los tiempos de cada proceso son de 20 minutos para los enjuagues; para la solución con Resource es de 140 minutos, la que toma más tiempo debido a que es donde se produce la fase más importante para la limpieza efectiva de las máquinas y la solución con Super Dilac dura 40 minutos.

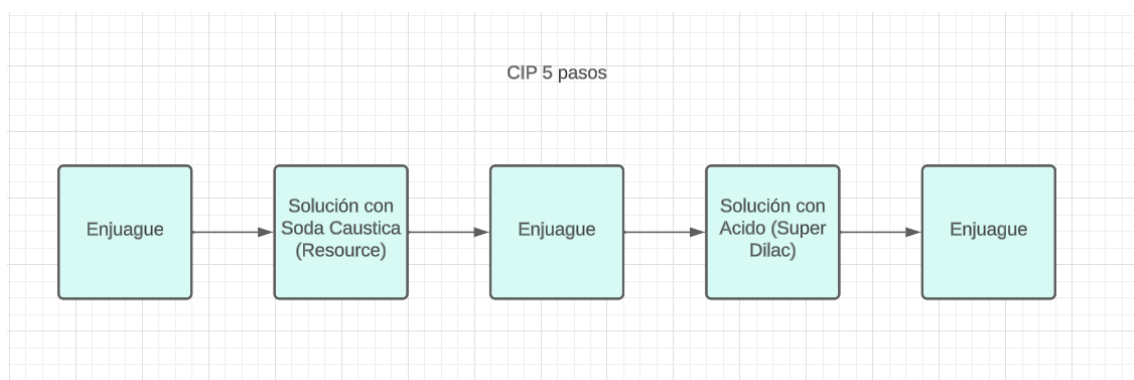


Figura 3: CIP 5 pasos. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe destacar que a pesar de que el proceso CIP disminuye tiempos de frenado en las líneas productivas al ser un proceso más rápido en comparación a tener que desmontar las máquinas y limpiarlas manualmente, es un proceso que genera frenos de todos modos en las líneas, perjudicando la eficiencia, y en consecuencia el OEE de las industrias.

Solución

Solución 1: Identificación de los frenos sin clasificar.

Las detenciones sin clasificar entorpecen el proceso de análisis de frenos en las líneas productivas, debido a que no se tienen datos concretos del fallo en la producción. Por lo que se

propone identificar estas fallas para poder mejorar los datos de detenciones de producción. Lograr identificar las causas de los frenos sin clasificar genera una posibilidad de acción ante estos problemas, para elaborar un plan que los resuelva de una manera más efectiva. Si analizamos la cantidad de frenos que ha presentado la línea Tetra Pak desde enero a septiembre del 2023, un 10,17% se deben a paradas sin clasificar, siendo la cuarta clasificación de paradas en la línea, cómo se puede observar en el gráfico 5. Este porcentaje es relevante debido a que la empresa Vital Jugos no tiene información para solucionar su motivo, por lo que es crucial contar con un mejor reporte de detenciones. Con una mejora en el análisis de las detenciones de la línea se pueden encontrar nuevas fallas y mejores formas de poder solucionar otras categorías de frenos. Por lo que poder disminuir fallas y frenos genera un aumento en el OEE de la línea y poder lograr el objetivo propuesto en el proyecto.

Reporte de Paradas

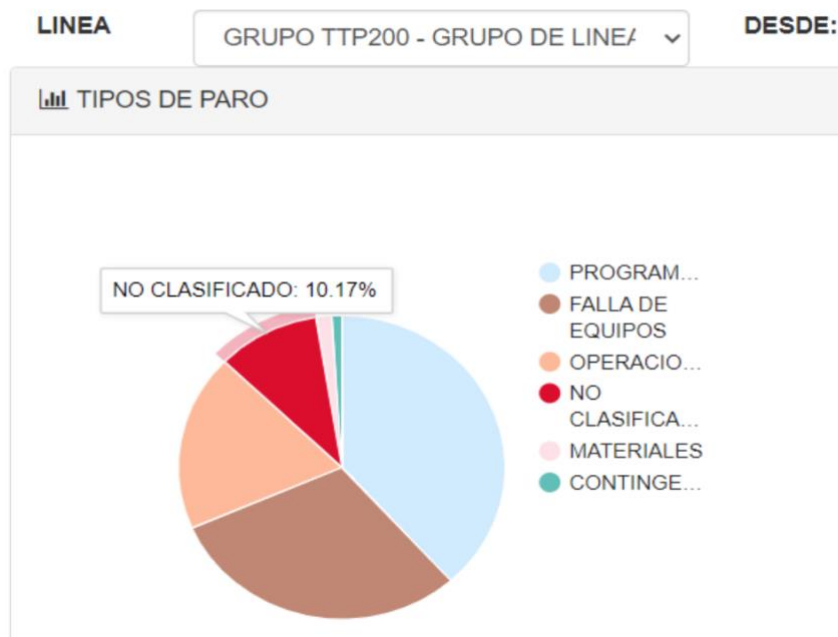


Gráfico 5: Reporte de paradas no clasificadas. Fuente: Vital Jugos.

Solución 2: Plan de acción para el mantenimiento preventivo de las máquinas.

La segunda propuesta de solución para aumentar el OEE de la línea Tetra Pak se basa en generar un plan de acción para el mantenimiento de las máquinas, con el objetivo de prevenir fallos de máquinas y no generar frenos.

Las fallas en equipos son la segunda razón de frenos en la línea, lo que puede generar mayor impacto en la empresa, por lo que se debe prestar atención al considerar este punto.

Como se expuso anteriormente en el estado del arte, implementar una gestión de TPM es sustancial para mejorar la eficiencia y prevención de fallas en las líneas productivas, por lo que este plan de acción de mantenimiento preventivo se ejecutaría bajo una metodología “lean manufacturing”, que se enfoca principalmente en minimizar desperdicios, incorporando a todo el personal, con el fin de optimizar los procesos productivos.

Solución 3: Cambio de formato de la limpieza de las máquinas por interno.

Como tercera solución se plantea cambiar la forma de cómo se ejecutan los CIP en la línea productiva Tetra Pak, ya que gracias al análisis de los factores que más generan frenos en la línea, la categoría que más tiene detenciones son los frenos programados. Las limpiezas internas de las máquinas generan frenos programados que disminuyen el OEE de la línea. Analizando más detalladamente el factor que más genera frenos en la línea desde enero hasta septiembre del 2023 son los CIP 5 pasos como se puede observar en el gráfico 6. Más específicamente en lo que se encuentra en el recuadro negro, estando el tiempo y motivo del freno.



Gráfico 6: Motivos de frenos en la línea Tetra Pak. Fuente: Vital Jugos.

Con esta solución se busca una forma de poder hacer que estas limpiezas sean más cortas con un cambio de formato. Esta idea nace debido al anterior estudio de la empresa y sus puntos críticos, porque los frenos programados son el factor que más genera bajas en el OEE de la línea y la limpieza interna de las máquinas con 5 pasos es el mayor motivo de los frenos programados. Por lo que ahí se presenta la oportunidad de mejora que la empresa necesita y que no se estaba produciendo. Esta idea nace porque después de la pandemia las restricciones de “The Coca-Cola

Company” cambiaron, haciendo que estas máquinas ya no necesitan necesariamente una limpieza con CIP 5 pasos.

Al no necesitar CIP 5 pasos en las máquinas de la línea, surge la oportunidad de cambiar a un formato más rápido y con menos procesos. Por lo que se estaría aplicando el sistema de mantenimiento productivo total, visto en el estado del arte, en el que se enfocara en una eficiencia del proceso de limpieza para el ahorro de tiempo en el frenado.

Para poder generar tal eficiencia se buscaría cambiar a un formato de CIP 3 pasos. Este CIP 3 pasos consiste en hacer un enjuague, luego una solución de Resource con agua, y por último, un enjuague con agua. Con esta solución se ahorra en tiempos de limpieza al no estar haciendo todos los pasos que se hacían con el CIP 5 pasos.

Un problema que genera cambiar de CIP 5 pasos a 3 pasos es que sin la solución con Super Dilac (ácido), se pueden generar incrustaciones en las tuberías de las máquinas. Por lo que esta solución propone hacer CIP 3 pasos durante la semana y cuando se termina la producción semanal hacer un CIP 5 pasos, debido a que la producción debe frenar los domingos, por lo que se aprovecha ese tiempo para poder hacer una limpieza con ácido para evitar las incrustaciones en las máquinas de la línea sin afectar en el OEE, porque los domingos no son considerados como días de producción.

La razón de porque se busca cambiar a un CIP 3 pasos durante la semana es debido a que se estima que los resultados de limpieza de las máquinas serán idénticos a un CIP 5 pasos, a pesar de estar menos tiempo en el proceso de limpieza. Además de que pasar a CIP 3 pasos es ideal debido a que se saca el paso de la solución con Super Dilac, la cual es necesaria solo para desincrustar las tuberías de las máquinas por lo que una vez a la semana es suficiente para alcanzar los niveles de limpieza de la empresa. Se cambia a CIP 3 pasos y no a 2 o 4 pasos debido a que la solución con Super Dilac es la innecesaria, generando que también un enjuague sobre en el proceso, dado a que las soluciones con químicos necesitan de un enjuague antes y después. Es por esto que la solución ideal para la semana es de un CIP 3 pasos mientras que al final de la semana (cuando no hay más producción) es correcto hacer un CIP 5 pasos con el fin de no generar incrustaciones en las máquinas.

Para evidenciar esta aseveración se hará una comparación de datos entre un CIP 5 pasos y un CIP 3 pasos en pruebas microbiológicas. Además de hacer gráficos de control X y R de los

resultados microbiológicos para analizar si la media subyacente del proceso ha experimentado desviaciones y si la variación del proceso se ha salido de control. Con estos análisis podemos verificar que la solución de cambiar a CIP 3 pasos está justificada por un análisis estadístico. Finalmente se hará una evaluación visual para verificar que no se han generado incrustaciones que dañen a las máquinas.

Selección de solución

Para poder elegir la solución más adecuada para el contexto de Vital Jugos, se realizará una tabla con las ventajas y desventajas de cada solución.

Solución	Ventajas	Desventajas
Identificación de los frenos sin clasificar.	Una mejora en la clasificación de las detenciones de la línea. Para poder tener una base de datos más completa.	Genera menos impacto dado a que las detenciones sin clasificar son el 10,17% de los frenos de la línea.
Plan de acción para el mantenimiento preventivo de las máquinas.	Genera un enfoque para evitar detenciones en fallas de equipo. Genera mejoras en la segunda causa que genera más detenciones de la línea.	Se necesita tiempo para que la solución presente los resultados esperados en el objetivo. Con un tiempo mayor a 3 meses.
Cambio de formato de la limpieza de las máquinas por interno.	Mejora en el proceso de limpieza de las máquinas de la línea. Disminuye el tiempo de las detenciones programadas, las cuales son la categoría con mayores frenos en la línea productiva.	Puede provocar limpiezas deficientes, produciendo que se necesite hacer nuevamente una limpieza.

Tabla 1: Tabla comparativa de soluciones. Fuente: Elaboración Propia.

Debido a las ventajas y desventajas señaladas en la tabla anterior es que se escogerá el cambio de formato de la limpieza de las máquinas por interno. Se concluye que esta solución se adapta más al contexto de Vital Jugos, debido a que genera mejoras en sus puntos más críticos respecto

al OEE de la línea Tetra Pak y su principal desventaja puede ser mitigada con un análisis estadístico de los resultados de limpieza para verificar que sean procesos exitosos y controlados.

Riesgos y Mitigaciones

Para poder analizar los riesgos del cambio a CIP 3 pasos se hizo una matriz de riesgo con sus mitigaciones necesarias.

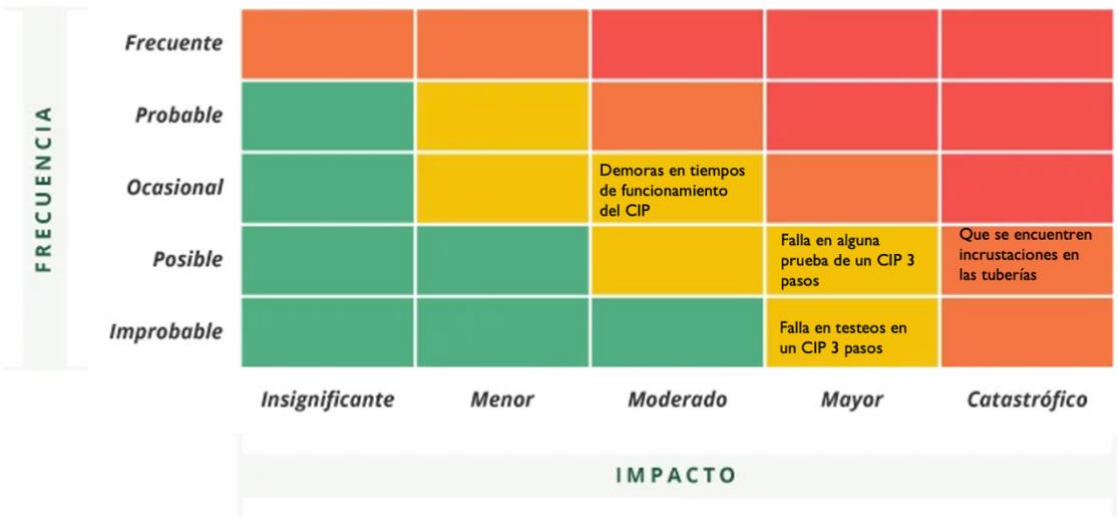


Gráfico 7: Matriz de riesgo. Fuente: Elaboración Propia.

En primer lugar, un riesgo que puede surgir y que genere resultados negativos es que haya demoras en el funcionamiento de la limpieza de las máquinas, esto porque el operador se encuentra descuidado a la hora de sacar muestras o cambiar de paso en el proceso, esto se debe mejorar con una capacitación al encargado para que esté atento a la máquina, con el fin de no perder tiempos de producción. Otro riesgo que puede surgir es que falle un CIP en algún testeo o prueba de limpieza, provocando que el proceso se deba repetir. Para mitigar este riesgo siempre se van tomando datos de los procesos, por lo que un análisis estadístico de los resultados generará una confirmación de la limpieza o un plan de acción preventivo ante algún resultado que pueda generar resultados negativos en las limpiezas. Por lo anterior es que es clave ir día a día observando cómo se comporta el proceso.

Finalmente, un riesgo importante es que al final de las pruebas se generen incrustaciones en las tuberías de las máquinas por falta de solución ácida (Super Dilac). Esto provocaría que la

propuesta de este proyecto falle y se necesite cambiarla. Para solucionar este problema se volvería a proponer una solución menos riesgosa. Por lo que se plantearía hacer más CIP 5 pasos para que se implemente el CIP 3 pasos dentro de la semana, pero en un nivel menor. De todas maneras, es la peor situación posible y que no se espera probable ya que igual se hace todas las semanas un CIP 5 pasos para evitar este riesgo.

Metodología

Para este proyecto la metodología que se utilizará será la DMAIC. Esta es una metodología que se utiliza para mejorar procesos por lo que se adecua perfectamente al enfoque de este proyecto. DMAIC es el método central de Six Sigma y que va enlazado con la mejora de procesos y la reducción de fallas (*Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*, 2020), siguiendo con lo estudiado en el estado del arte donde se aplica TPM para buscar mejorar los objetivos de este proyecto.

La metodología DMAIC consiste en definir el problema, medir el proceso actual, analizar las causas, mejorar implementando soluciones y controlar la solución generada.

- Definir: En la línea Tetra Pak no se está rindiendo de la manera esperada en términos productivos, encontrándose bajo lo esperado por la empresa. El objetivo es disminuir los tiempos de detención de la línea productiva para poder aumentar su producción.
- Medir: Actualmente el OEE de la línea está por debajo del esperado, sin llegar a los objetivos del año 2023. Gracias a los datos de la empresa Vital Jugos podemos observar que el promedio de OEE de la línea Tetra Pak del año 2023 hasta septiembre es de 57%, por lo que se puede medir de que está por debajo de su objetivo (70%).
- Analizar: La razón que genera más frenos en las máquinas de la línea Tetra Pak son las detenciones programadas. Y dentro de esa categoría de detenciones la que más genera frenos son los CIP 5 pasos.
- Mejorar: Se identificó una nueva forma de limpiar las máquinas por interno donde los tiempos sean menores al proceso actual. Cambiando de un proceso de 5 a 3 pasos.
- Controlar: Se hará un control de las etapas del proceso para que se pueda implementar de forma correcta en la línea productiva sin generar fallas y detenciones. Se hará un análisis estadístico de los resultados de limpieza de los CIP. Estos resultados son los de presencia de hongos y levaduras (HyL), los cuales no pueden superar los 10 (UFC/100

ml) y que sus rangos normales son de 0 a 5. Mientras que la otra comparación es con los RLU que son los niveles de microorganismos o materia orgánica presente en la muestra, resultados que no pueden superar los 50 y que su rango normal es de 0 a 20. Además de hacer una verificación final con un testeo visual para verificar si hay incrustaciones en las tuberías de las máquinas. Y por último analizar los resultados generados a nivel de eficiencia, analizando las mejoras en el OEE de la línea y el aumento de producción.

Medidas de Desempeño

Para poder evaluar de manera correcta el proyecto, es necesario establecer las medidas de desempeño. En primer lugar, se analizará de manera mensual el OEE de la línea productiva Tetra Pak, con el fin de saber si se consiguió el objetivo establecido en el objetivo general del presente informe. Lograr poder generar resultados mensuales del OEE a 70% es el objetivo general del proyecto. Obteniendo una mejora en la eficiencia de la línea y generando mayores ganancias para la empresa debido al aumento de producción.

$$OEE = \frac{\text{Horas Productivas}}{\text{Horas planificadas sin colación}}$$

El análisis de los tiempos de frenos ayudará a mejorar el OEE de la línea, por lo que estar monitoreando semana a semana este factor será clave para poder calcular de una forma correcta el OEE mensual de la línea Tetra Pak.

$$\text{Ahorro de freno} = \text{Horas que se demora un CIP 5 Pasos} - \text{Horas que se demora un CIP 3 Pasos}$$

Finalmente, el aumento de la producción es un factor importante en la empresa debido a que genera un aumento en las ventas, con la solución se estima poder mejorarla debido a que se disminuye el tiempo de detención de la línea productiva, por lo que hay que obtener y analizar los resultados que se generen por una producción extra para así determinar correctamente los beneficios que se generaron. Para calcular esta producción extra, es necesario conocer la cantidad de horas ganadas para producir, para multiplicarla con la velocidad en la que se producen los productos con el ajuste de la eficiencia real de la línea productiva.

$$\text{Cajas Físicas Extras por Solución} = \frac{\text{Ahorro de freno (h)} * \text{OEE (\%)} * \text{Velocidad de la línea (cajas físicas/h)}}{1}$$

Plan de Implementación

Siguiendo con la metodología DMAIC, el análisis del problema y dónde actuar ya fueron realizados, por lo que se planteó una solución la cual se enfoca en los puntos más importantes para la empresa con el fin de lograr el objetivo del proyecto. Por esta razón se sostiene que es pertinente seguir con el final de la metodología DMAIC la cual es la de controlar la solución para que genere los resultados de manera correcta. Es por esto que se hace un plan de implementación a la solución escogida con sus debidos controles.

- Propuesta de la solución a equipos de planeación y calidad.

Gracias al análisis de la empresa es que se propone la solución a los jefes de planeación y calidad para ver si es factible su implementación dentro de la planta. Se plantean beneficios de la solución y el por qué es necesario dentro de la planta.

- Obtener la aprobación de ambos equipos.

Se discute y se generan en conjunto a los equipos de trabajo para generar algunas modificaciones necesarias para que se pueda hacer dentro de la planta, el cambio más grande fue que en un principio se propone cambiar a CIP 3 pasos para todas las limpiezas de las máquinas, no obstante se cambia la propuesta a dejar un CIP 5 pasos al final de semana para que no sea un cambio muy drástico de procesos. Esto implica una solución más segura ante el riesgo de que las máquinas se incrusten. A niveles de OEE este cambio no genera una disminución debido a que al final de la semana ya no se considera tiempo para producir debido a que no se trabaja los días domingos en Vital Jugos. Finalmente, genera una mejor solución debido a que se mitigan riesgos sin disminuir resultados que afecten al objetivo del proyecto.

- Modificar los equipos (torres de control) para que funcione la solución.

El equipo de mantenimiento modificó los equipos que hacen que funcione el CIP, para que sean 3 pasos en la semana, se crea la fórmula de la mezcla y se guarda en las máquinas.

- Comienzo de las pruebas.

El comienzo de las pruebas fue el 16 de octubre, estas pruebas se mantuvieron durante un mes con el fin de analizar el comportamiento de la solución. Las pruebas terminaron el 16 de noviembre.

- Recopilar todos los datos de muestras y resultados de cada CIP 3 pasos

La recopilación de datos es importante para poder llevar a cabo el análisis estadístico de los resultados para comprobar la viabilidad de la implementación de la solución en la empresa. Se toman todos los datos necesarios de los resultados de hongos y levaduras, y los resultados de RLU. La recolección de datos se puede identificar en los anexos 1 y 2.

- Análisis estadístico

Primero se hará una comparativa de resultados antes de la solución (CIP 5 pasos) y con la solución en la empresa (CIP 3 pasos). La comparación será con los resultados de RLU y con los resultados de hongos y levaduras (HyL). Para saber si un resultado de limpieza es correcto se necesita, en el caso de RLU que sus resultados no superen las 50 unidades de luz relativa, mientras que su rango estándar es de 0 a 20. Para los resultados de HyL los resultados no deben superar los 10 (UFC/100 ml), mientras que su rango estándar es de 0 a 5.

Fecha	RLU	Fecha	RLU
2/10	0	16/10	0
3/10	0	17/10	0
4/10	0	18/10	10
5/10	0	19/10	0
6/10	0	20/10	2
10/10	0	23/10	0
11/10	0	24/10	0

Tabla 2: Resultados RLU. Fuente: Elaboración Propia.

Fecha	HyL	Fecha	HyL
2/10	0	16/10	2
4/10	0	17/10	0
5/10	0	18/10	0
10/10	0	19/10	2
11/10	0	20/10	1
12/10	0	23/10	0
13/10	0	25/10	2

Tabla 3: Resultados HyL. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en las tablas anteriores (2 y 3), los resultados que se obtuvieron con la solución de CIP 3 pasos no generaron resultados fuera de lo permitido, manteniéndose en los estándares de la empresa. Evidenciando que la solución tiene una limpieza efectiva pasando correctamente los resultados microbiológicos.

Para poder corroborar los resultados obtenidos se hicieron unos gráficos de control, con el fin de determinar si el proceso está bajo control y si va a ser estable en el futuro. Finalmente los datos que nos entregan los gráficos de control nos ayudan a evidenciar si la toma de muestras está controlada y con estabilidad en el tiempo.

Los gráficos de control se harán para los resultados de hongos y levaduras ya que este testeo es más detallado que el de RLU. Se toman 5 muestras por CIP y se hace un estudio más detallado, mientras que el de RLU es más rápido, con una muestra y con un fin de verificación. En tanto el de hongos y levaduras es un testeo con mayor influencia en si la limpieza fue correcta o no. Para los gráficos se tomaron 5 muestras de un mismo CIP 3 pasos de 12 días distintos. Todo el proceso de elaboración de los gráficos X y R están detallados en el anexo 7.

Gráfico X

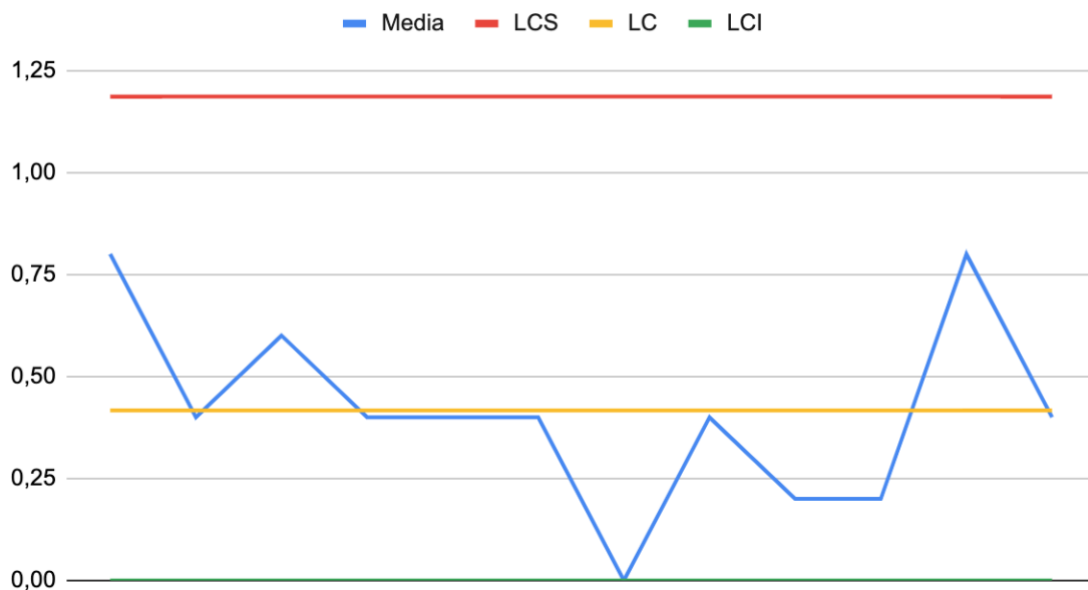


Gráfico 8: Gráfico X. Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico R



Gráfico 9: Gráfico R. Elaboración Propia.

Como se puede observar, tanto en el gráfico X y R, están tocando el límite inferior, no obstante, estos no lo superan, encontrándose dentro de los límites. Esto genera que ambos gráficos están controlados. Que se encuentre en control en el gráfico R significa que la variación de las muestras esté en control y que los resultados del gráfico X sean correctos. Al estar en control en el gráfico X se puede concluir que no hay una desviación de la media subyacente del proceso. Haciendo que los resultados no deberían cambiar en el futuro, por lo que se concluye que el proceso está en control y que la solución tiene una aceptación de limpieza de cara al futuro.

- Verificación de incrustaciones en las tuberías de las máquinas.

Ya analizada estadísticamente la solución propuesta, el último paso para su implementación es la verificación visual de que no se presenten incrustaciones en las máquinas de la línea Tetra Pak. Se le notifica al equipo de calidad de que no se presenta ninguna incrustación por lo que hacer solo CIP 5 pasos al final de la semana son viables para limpiar las máquinas de manera correcta.

De: Control Proceso Laboratorio Vital <cvital@koandina.com>
Enviado el: sábado, 18 de noviembre de 2023 13:35
Para: SIMON PERNIA ZAPATA <spemia@koandina.com>; Daniela Ivonne Barilari Arriagada <dbarilari@koandina.com>
CC: Pedro Alvarez <PAlvarez@koandina.com>; Microbiología Vital <mvital@koandina.com>; Raquel Andreina Herrera Delgado <rherrera@koandina.com>; Aseguramiento de Calidad VITAL <avital@koandina.com>
Asunto: Entrega De Turno A 18/11/2023

Buenas tardes,

- Se revisa presencia de dureza en tuberías circuitos Tetra. past. De equipo 8000 L/H y 7800 L/H, Sin dureza visible.

Imagen 1: Mail de verificación visual. Fuente: Vital Jugos.

Ya con todo el análisis generado y con las pruebas realizadas al CIP 3 pasos, se oficializa por parte de calidad la implementación de la solución del proyecto.

Resultados

Con respecto al OEE durante octubre y noviembre, se han visto mejoras en el OEE debido a la solución planteada. Esta solución comenzó a generar resultados desde el 16 de octubre. En primer lugar, hay que analizar los tiempos que se ahorran debido al cambio de CIP 5 pasos a CIP 3 pasos.

Para analizar los tiempos de limpieza interna de las máquinas, cabe destacar que de todas las máquinas de la línea productiva, solo las llenadoras y las pasteurizadoras necesitan del proceso CIP, y que para ambas máquinas el tiempo del proceso se contabiliza cuando vuelvan a estar ambas operativas. Para el estudio de los tiempos en la línea productiva, se analizan los tiempos de limpieza semana a semana para que no hubiera un error en los resultados por distracciones de los operadores que puedan generar detenciones más largas de las necesarias. Finalmente, el tiempo aproximado de CIP 5 pasos en la línea Tetra Pak es de 4 horas. Mientras que un CIP 3 pasos es de 3 horas.

$$\text{Ahorro de freno} = 4 \text{ horas} - 3 \text{ horas}$$

Gracias al conocimiento del ahorro en los frenos programados por la solución es que podemos obtener el aumento semanal de horas productivas en la línea, el cual es de 8 horas debido a que se hacen 8 CIP 3 pasos en una semana. Si lo traducimos a la cantidad de tiempo que la solución ha estado activa, el cual ha sido de 2 semanas durante octubre y todo el mes de noviembre (4 semanas). Por lo que el ahorro de freno programado ha sido de 48 horas productivas.

Con la mejora de tiempos en los frenados de la línea se puede observar una mejora del OEE durante los meses de octubre y noviembre. Para poder calcular estos OEE mensuales utilizaremos los datos de horas programadas sin planificación y horas producidas de la propia línea, que están en los anexos 3 y 4.

Mes (2023)	Horas Planificadas sin Colación (hr)	Horas Producidas (hr)
Octubre	688	472
Noviembre	703	502

Tabla 4: Tabla de Datos. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar hay un aumento en horas planificadas en el mes de noviembre debido a la solución planteada y generando una mayor cantidad de horas producidas. Con estos datos podemos obtener el OEE de cada mes con la fórmula:

$$OEE = \frac{\text{Horas Productivas}}{\text{Horas planificadas sin colación}}$$

Mes (2023)	OEE
Octubre	68,6%
Noviembre	71,4%

Tabla 5: OEE mensual con la solución. Fuente: Elaboración Propia.

Analizando los resultados podemos observar que hay una mejora considerable con los meses anteriores y que se logra alcanzar el objetivo de este proyecto. A pesar de que en el mes de octubre no se logra obtener un 70% de OEE, si se logra en el mes de noviembre. Hay que considerar que la solución comenzó a mediados de octubre. Mientras que en noviembre que fue el mes que estuvo implementada completamente en la compañía, obteniendo un OEE superior a 70%. Estos resultados son beneficiosos para la empresa ya que generan una base para poder obtener mejores OEE mensuales en la línea y así alcanzar los objetivos anuales de la planta. Con el aumento de OEE se puede obtener mejoras en producción de productos al tener más tiempo efectivo de producción en la línea productiva Tetra Pak, generando beneficios a la empresa.

Impacto Económico

Para hacer un análisis del impacto que generó la solución, se calculará la cantidad de cajas físicas extra que generó esta solución. Como se dijo anteriormente, una caja física contiene 24 productos. Utilizaremos los datos del mes de noviembre debido a que es el único mes que tiene datos completos con la solución. Para poder hacer el cálculo se necesitan los datos de horas ahorradas por solución, OEE del mes analizado y la velocidad de la línea. Multiplicando estos datos podemos obtener la cantidad de cajas físicas extras que se obtuvieron debido a la solución. Esta ecuación nos permite obtener un resultado de la cantidad de material producido durante el tiempo ahorrado por la solución a un rendimiento correcto, es por esto que la velocidad de la línea se multiplica con el OEE, para obtener un resultado correcto de la producción que tiene la línea en el mes.

Mes (2023)	Horas ahorradas por solución (h)	OEE	Velocidad de línea (cajas físicas / h)
Noviembre	32	71,4%	1000

Tabla 6: Datos del mes de noviembre. Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Cajas Físicas Extras por Solución} = \text{Ahorro de freno (h)} * \text{OEE (\%)} * \text{Velocidad de la línea (cajas físicas/h)}$$

$$\text{Cajas Físicas Extras por Solución} = 22848 \text{ (cajas físicas)}$$

Por lo que este mes de noviembre se obtuvieron 22.848 cajas físicas extra debido a la solución planteada en este proyecto. Vital Jugos vende una caja física de la línea Tetra Pak a aproximadamente 2150 pesos chilenos, ver anexo 5, por lo que esta solución genera una ganancia a nivel monetario de 49.123.200 pesos chilenos.

En noviembre del 2023 se hicieron 502.079 cajas físicas, ver anexo 6, por lo que esta cantidad extra debido a la solución es de un 4,55% de la producción del mes. Esto es un dato importante debido a que subir la producción en una línea productiva de la empresa Vital Jugos genera impactos debido al volumen que producen. A ser números tan altos, un 4,55% son grandes cantidades de productos generados al mes.

Otro factor económico que genera la solución es bajar sus costos en materia prima para la limpieza interna de sus máquinas. Al cambiar a un CIP 3 pasos, se están haciendo menos

procesos en el limpiado de las máquinas por interno por lo que se deja de usar productos químicos como el ácido. Por lo que su consumo disminuiría y ya no sería necesario comprar tanto del producto Super Dilac. Para poder evaluar cuánto nos ahorramos de productos químicos con esta nueva solución se calculó cuánto le cuesta a la empresa un CIP. Para poder calcularlo se obtuvo la información del precio de cada producto químico y los litros que se utilizan en un CIP, ver anexo 5.

Producto	Precio por litro (CLP)	Litros que se utilizan en un CIP
Resource (soda caustica)	1500-1600	15-20
Super Dilac (acido)	1450-1500	15-20

Tabla 7: Productos químicos. Fuente: Elaboración Propia.

Con la obtención de la información del gráfico 16, se puede calcular cuánto cuesta hacer un CIP 5 pasos que contiene ambos productos y el precio de un CIP 3 pasos que solo utiliza Resource. El cálculo matemático es Precio del producto * litros utilizados = Costo.

Costo de un CIP 5 pasos (CLP)	Costo de un CIP 3 pasos (CLP)	Diferencia (CLP)
52360	26826	25534

Tabla 8: Costos de cada CIP. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar la diferencia de hacer un CIP 3 pasos en vez de un 5 pasos es de 25.534 pesos chilenos.

En la línea productiva Tetra Pak hay dos máquinas idénticas por proceso por lo que podemos considerar a la línea como dos líneas productivas. Cada una hace alrededor de 5 CIP 5 pasos a la semana y con la nueva solución se cambiaría a 4 CIP 3 pasos y el último de la semana se mantiene con 5 pasos. Por lo que sumado se cambia de 10 CIP 5 pasos a 8 CIP 3 pasos y 2 CIP 5 pasos semanalmente. Para poder calcular cuánto es el costo de productos químicos de CIP 5 pasos a cambiar a la solución de utilizar 3 pasos, se consideró que el mes tiene 4 semanas, así que dentro del mes se cambiaría de hacer 40 CIP 5 pasos a hacer 32 CIP 3 pasos y 8 CIP 5 pasos. Calculando con los costos de cada proceso CIP se obtienen los valores de costos con y sin solución. Para la fórmula sin solución se calcula $40 * \text{Costo de un CIP 5 pasos} = \text{Costo mensual sin solución}$ y para

la con solución es $32 * \text{Costo de un CIP 3 pasos} + 8 * \text{Costo de un CIP 5 pasos} = \text{Costo mensual con solución}$.

Costos con Solución (CLP)	Costos sin Solución (CLP)	Diferencia (CLP)
1277312	2094400	817088

Tabla 9: Costos mensuales. Fuente: Elaboración Propia.

Haciendo que al mes se ahorre una cantidad de 817.088 pesos chilenos.

Estos resultados son beneficiosos para la empresa debido a que dentro de ella se toma una postura de poder tener sus costos lo más bajo posibles, por lo que poder ahorrar en materiales de limpieza para las máquinas es mejor debido a que se genera un proceso menos costoso para la empresa. Además de que se aumenta la producción de la planta generando un mejor rendimiento de la línea Tetra Pak y haciendo un mejor rendimiento al poder vender más productos.

Conclusiones

Las líneas productivas de las empresas industriales requieren de su debido mantenimiento y constantes mejoras para rendir de manera adecuada en las industrias y lograr sus objetivos, por lo que es fundamental tener un plan de mantenimiento de las máquinas para un correcto funcionamiento, debido a que obtener un OEE alto puede generar muchos beneficios dentro de las industrias, tanto a nivel de eficiencia como a nivel productivo. Cumplir con los objetivos propuestos por las empresas genera un avance dentro de ellas y un indicador de que se están haciendo gestiones correctas.

Para lograr mejoras es necesario realizar análisis de las empresas con el fin de detectar un punto a mejorar dentro de ellas, marcando objetivos a cumplir y creando propuestas capaces de poder generar tales impactos.

Una forma de aumentar el OEE es a través de mejoras en procesos de la empresa que generen menores tiempos de detención de producción. La propuesta que se planteó fue disminuir los tiempos de limpieza interna de las máquinas de la línea Tetra Pak.

Gracias al trabajo de análisis y mediciones, es posible implementar la solución propuesta. Es fundamental el trabajo de recopilación de datos para darle una justificación a la implementación dentro de la empresa sin generar fallos. Además que el análisis de los datos de muestras nos prepara ante cualquier proceso que esté generando resultados negativos, para poder cambiarlo lo antes posible.

Esta solución generó mejoras en el OEE de la línea productiva Tetra Pak, además de generar un aumento productivo en la empresa Vital Jugos. El cambio de formato de la limpieza de las máquinas generó grandes beneficios para la compañía, gracias a un planteamiento de mejoras de procesos y disminución de costos.

Referencias

- Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. (2017, enero). *Cross Mark*. Recuperado 9 de octubre de 2023, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89546244/s00170-017-0052-420220812-1-1apq0dd-libre.pdf?1660335935=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTotal_productive_maintenance_TPM_as_a_to.pdf&Expires=1700697706&Signature=asXvtaxXNtwz29DrBAyvZswKSyQyB3wom1uIq2CvEsB6tYg71ZDefdEkXUQ7NJRiRtk-xu3jA1jAlM7G7rHqbUrabQ6tkXAzZ4-ImcW-Df0gcc9rAFYmqPMuVSavkTcuqBP3hfuqJikPnSsOWo0HCQ3UQxrZLGmFiZZ3cBK nKGN1qXFHNjYIMIxK2NHztWH4MbjlRfrQmycugoQM2Km4jHr6vKGAR7uK5o-wBC2w9GNbaSG-cKu0ZZPSivBFL0azKuPHkQ4xXAXsOvdSUR6712aA7XA4~y27ww-2HbVQTTCCNN3Z4B8sZ~Bt93kgKj0MIFSOsoMmJtSMQrohaellIKw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- CONTROL AUTOMATIZADO DE NIVEL Y PRESIÓN EN UN TANQUE DE BEBIDAS CARBONATADAS, EMSULA. (2018, agosto). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA*. Recuperado 7 de octubre de 2023, de <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/9741/21411163-agosto2018-i05-pg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OPTIMIZACION DEL PROGRAMA DE SANEAMIENTO CON LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA CIP. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”*. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/17950/72224677.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- *Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*. (2020, abril). izertis. Recuperado 12 de octubre de 2023, de <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>

Anexos

Cabe destacar que los anexos serán capturas de pantalla de los datos de la empresa, ya que son bases de datos resguardadas y solo visibles para trabajadores de la empresa. Si pusiera los enlaces de los archivos de igual manera no sería posible visualizar el contenido, por eso mismo es que se utilizaran las capturas de pantalla.

Anexo 1


Base de datos de Testeos RLU.

Evaluación Sensorial				Muestra Microbiológica			
Panelista N°1	IN/OUT	Panelista N°2	IN/OUT	fecha	hora	válvulas	RLU
**	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	FB	IN	02-oct	3:32	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	FB	IN	02-oct	3:53	*	0
*	*	*	*	**	*	*	*
FM	IN	CA	IN	03-oct	17:17	*	0
*	*	*	*	*	*	*	*
FM	IN	CA	IN	03-oct	17:50	*	0
FM	IN	CA	IN	04-oct			
**	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	FB	IN	05-oct	1:07	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	FB	IN	05-oct	4:45	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
YS	IN	ML	IN	06-oct	15:40	*	0
*	*	*	*	*	*	*	*
FM	IN	SP	IN	06-oct	15:48	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	*	*	10-oct	3:13	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
ML	IN	FB	IN	10-oct	17:58	*	0
**	*	*	*	*	*	*	*
ML	IN	AP	IN	11-oct	21:10	*	0

Evaluación Sensorial				Muestra Microbiológica			
Panelista N°1	IN/OUT	Panelista N°2	IN/OUT	fecha	hora	válvulas	RLU
*	*	*	*	*	*	*	*
NC	IN	*	*	16-oct	18:44	*	0
NC	IN	*	*	16-oct	22:15	*	0
FM	IN	FB	IN	17-oct	1:00	*	0
FM	IN	FB	IN	17-oct	5:00	*	0
YS	IN	ML	IN	17-oct	10:08	*	0
FB	IN	FM	IN	18-oct	2:00	*	0
YS	IN	ML	IN	18-oct	7:12	*	10
*	*	*	*	*	*	*	*
FB	IN	FM	IN	19-oct	6:40	*	0
*	*	*	*	*	*	*	*
YS	IN	ML	IN	19-oct	14:20	*	0
NC	IN	*	*	19-oct	17:21	*	0
NC	IN	*	*	20-oct	17:41	*	0
NC	IN	*	*	20-oct	18:10	*	2
*	*	*	*	*	*	*	*
YS	IN	ML	IN	23-oct	3:36	*	0
*	*	*	*	*	*	*	*
YS	IN	ML	IN	23-oct	4:25	*	0
FM	IN	FB	IN	24-oct	18:57	*	0
FM	IN	FB	IN	24-oct	19:50	*	0
YS	IN	ML	IN	26-oct	4:38	*	0
YS	IN	ML	IN	26-oct	6:00	*	0

Anexo 2

Base de datos testeos Hongos y Levaduras

 FORMULARIO CONTROL MICROBIOLÓGICO DE AGUAS DE ENJUAGUE - TTP							
Seman	ID de mues	Fecha de análisis	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Línea de producción	Equipo pasteuriza	HyL (UFC/100 mL)
40	4	02/10/2023	02/10/2023	3:32	L-5	6000L/H	0
40	5	04/10/2023	03/10/2023	18:30	L-6	8000L/H	0
40	6	04/10/2023	03/10/2023	17:17	L-6	8000L/H	0
40	7	04/10/2023	03/10/2023	18:30	L-5	6000L/H	0
40	8	04/10/2023	03/10/2023	17:50	L-5	6000L/H	0
40	9	05/10/2023	05/10/2023	2:04	L-6	8000L/H	0
40	10	05/10/2023	05/10/2023	1:07	L-6	8000L/H	0
40	11	05/10/2023	05/10/2023	5:35	L-5	6000L/H	0
40	12	05/10/2023	05/10/2023	4:45	L-5	6000L/H	0
40	13	05/10/2023	04/10/2023	18:40	L-5	6000L/H	0
41	15	10/10/2023	06/10/2023	16:15	L-5	6000L/H	0
41	16	10/10/2023	06/10/2023	15:40	L-6	6000L/H	0
41	17	10/10/2023	06/10/2023	16:00	L-6	6000L/H	0
41	18	10/10/2023	06/10/2023	3:13	L-6	6000L/H	0
41	19	11/10/2023	11/10/2023	17:58	L-5	6000L/H	0
41	20	11/10/2023	11/10/2023	19:10	L-5	6000L/H	0
41	21	12/10/2023	11/10/2023	5:06	L-5	6000L/H	0
41	23	12/10/2023	11/10/2023	22:10	L-6	8000L/H	0
41	24	12/10/2023	12/10/2023	8:57	L-6	8000L/H	0
41	25	13/10/2023	13/10/2023	7:40	L-6	8000L/H	0
41	26	13/10/2023	13/10/2023	23:26	L-6	8000L/H	0
41	27	13/10/2023	13/10/2023	8:15	L-6	8000L/H	0
41	28	13/11/2023	13/10/2023	3:20	L-6	8000L/H	0
41	29	13/10/2023	13/10/2023	9:55	L-6	8000L/H	0
41	30	14/10/2023	13/10/2023	9:30	L-6	8000L/H	0

Anexo 4

Horas planificadas sin colación.

Autoguardado

Solo lectura

Guardado en Este PC

Buscar

Joel Alberto Carrasquel Manzano

Archivo

Inicio

Insertar

Disposición de página

Fórmulas

Datos

Revisar

Vista

Automatizar

Ayuda

Comentarios

Compartir

Portapapeles

Fuente

Alineación

Número

Estilos

Celdas

Edición

Análisis

Confidencialidad

Complementos

Calibri

11

A⁺

General

Formato condicional

Dar formato como tabla

Estilos de celda

Insertar

Eliminar

Formato

Sumar y restar

Ordenar y filtrar

Buscar y seleccionar

Análisis de datos

Confidencialidad

Complementos

Portapapeles

Fuente

Alineación

Número

Estilos

Celdas

Edición

Análisis

Confidencialidad

Complementos

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U181

U18

Anexo 5

Datos como precios de venta o de materia prima no se pueden mostrar desde los datos de la empresa dado a que afecta directamente con la privacidad de la compañía, esto dado a que son datos cruciales que puede usar la competencia. Los datos usados en este informe es un aproximado con el fin de que no se revele el número exacto de Vital Jugos.

Anexo 6

Cajas físicas producidas en noviembre.

183	Noviembre	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	TOTAL	TOTAL PALL	TOTAL UNIDADES
184	KAPO	7.700	7.980	4.620	0	4.620	7.600	7.700	8.120	8.340	0	0	0	0	0	0	144.889	1.035	3.477.336
187	TTP 200	37.983	32.931	15.254	0	14.280	11.779	15.308	18.230	17.950	6.449	0	26.460	15.372	0	0	502.079	2.391	12.049.896
190	TTP Gemina	0	0	0	0	1.280	9.264	6.262	1.675	0	0	0	0	0	0	0	18.481	116	110.886
192	GALDI	860	0	0	0	0	1.333	733	422	0	0	0	0	1.326	0	0	11.263	141	67.578
195	BIB	0	0	0	0	0	510	198	0	0	0	0	0	0	0	0	2.856	34	2.856
197	Total	5	46.543	40.911	19.874	0	20.180	30.486	30.201	28.447	26.190	6.449	0	26.460	16.698	0	679.568	3.716	15.708.552

Anexo 7

Proceso de generación de gráficos de control X y R.

Primero, Base de datos de resultados.

	Muestras				
Fecha	1	2	3	4	5
10/11	0	1	1	0	2
13/11	0	0	2	0	0
15/11	0	1	0	0	2
16/11	1	0	1	0	0
17/11	1	0	0	1	0
20/11	0	0	2	0	0
22/11	0	0	0	0	0
23/11	1	0	0	1	0
25/11	0	0	1	0	0
27/11	0	1	0	0	0
29/11	2	0	0	1	1
30/11	0	0	0	1	1

Tabla de datos para obtener resultados.

	Tabla de Trabajo		
Grafico X		Grafico R	
n	5	n	5
X barra	0,4166666667	R barra	1,333333333
A2	0,577	D3	0
R barra	1,333333333	D4	2,115
LSC	1,186	LSC	2,82
LC	0,4166666667	LC	1,333333333
LCI	-0,3526666667	LCI	0

Tabla para datos de A2, D3 y D4 según número de muestra.

Factores utilizados para construir cartas de control					
Número de observaciones en la muestra	Cartas de medias		Cartas de intervalos o rangos		
n	A ₂	d ₂	d ₃	D ₃	D ₄
2	1.880	1.128	0.853	0.000	3.276
3	1.023	1.693	0.888	0.000	2.575
4	0.729	2.059	0.880	0.000	2.282
5	0.577	2.326	0.864	0.000	2.115
6	0.483	2.534	0.848	0.000	2.004
7	0.419	2.704	0.833	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.820	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.808	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.797	0.223	1.777
11	0.285	3.173	0.787	0.256	1.744
12	0.266	3.258	0.778	0.284	1.719
13	0.249	3.336	0.770	0.308	1.692
14	0.235	3.407	0.762	0.329	1.671
15	0.223	3.472	0.755	0.348	1.652

Finalmente, datos de media y rango, datos que van en los gráficos.

		Media			
	Media	LCS	LC	LCI	LCI
	0,8	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,6	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,2	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,2	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,8	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
	0,4	1,186	0,4166666667	-0,3526666667	0
X barra	0,4166666667				

		Rango			
	Rango	LCS	LC	LCI	
	2	2,82	1,333333333	0	
	2	2,82	1,333333333	0	
	2	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
	2	2,82	1,333333333	0	
	0	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
	2	2,82	1,333333333	0	
	1	2,82	1,333333333	0	
R barra	1,333333333				