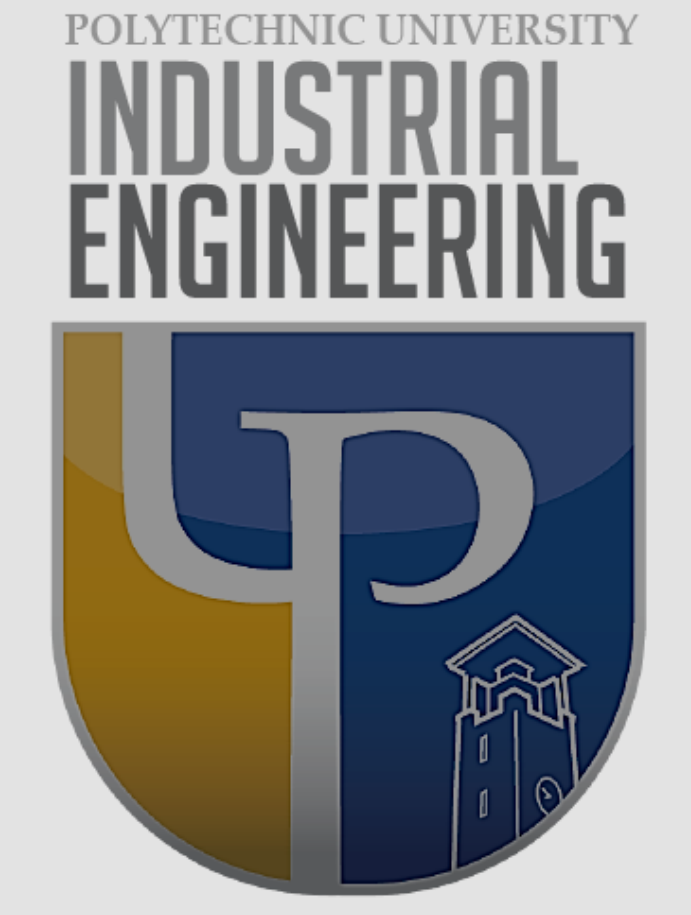




# Incremento de la Eficiencia en la Línea Hot Fill en Coca Cola Puerto Rico Bottlers

Wildaniel Díaz Cruz, Cristina Aponte Ruiz

Carlos Gonzalez, PhD | IE 4995 - Capstone Design Course Extension | SP 25



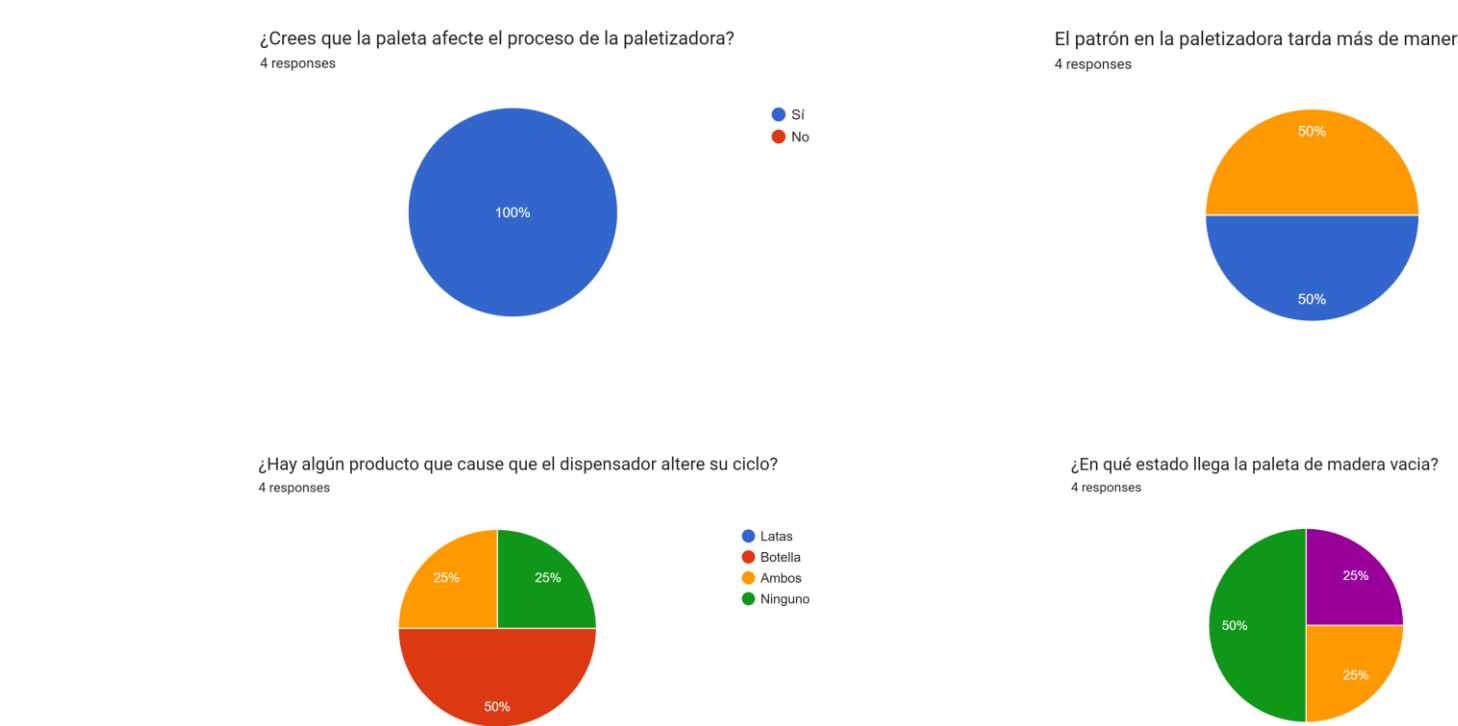
## Planteamiento del Problema

Coca-Cola Puerto Rico Bottlers forma parte del sistema global de embotelladores de la marca líder en bebidas. En su planta local, se integra una nueva máquina a la línea Hot Fill —una paletizadora Columbia— para mejorar la eficiencia y atender una mayor variedad de productos.

Entre enero y noviembre de 2024, la paletizadora acumuló 26,373 minutos (440 horas) de downtime, generando una pérdida estimada de \$454,000 en oportunidad de venta y una reducción de la eficiencia de 55% a 47%.

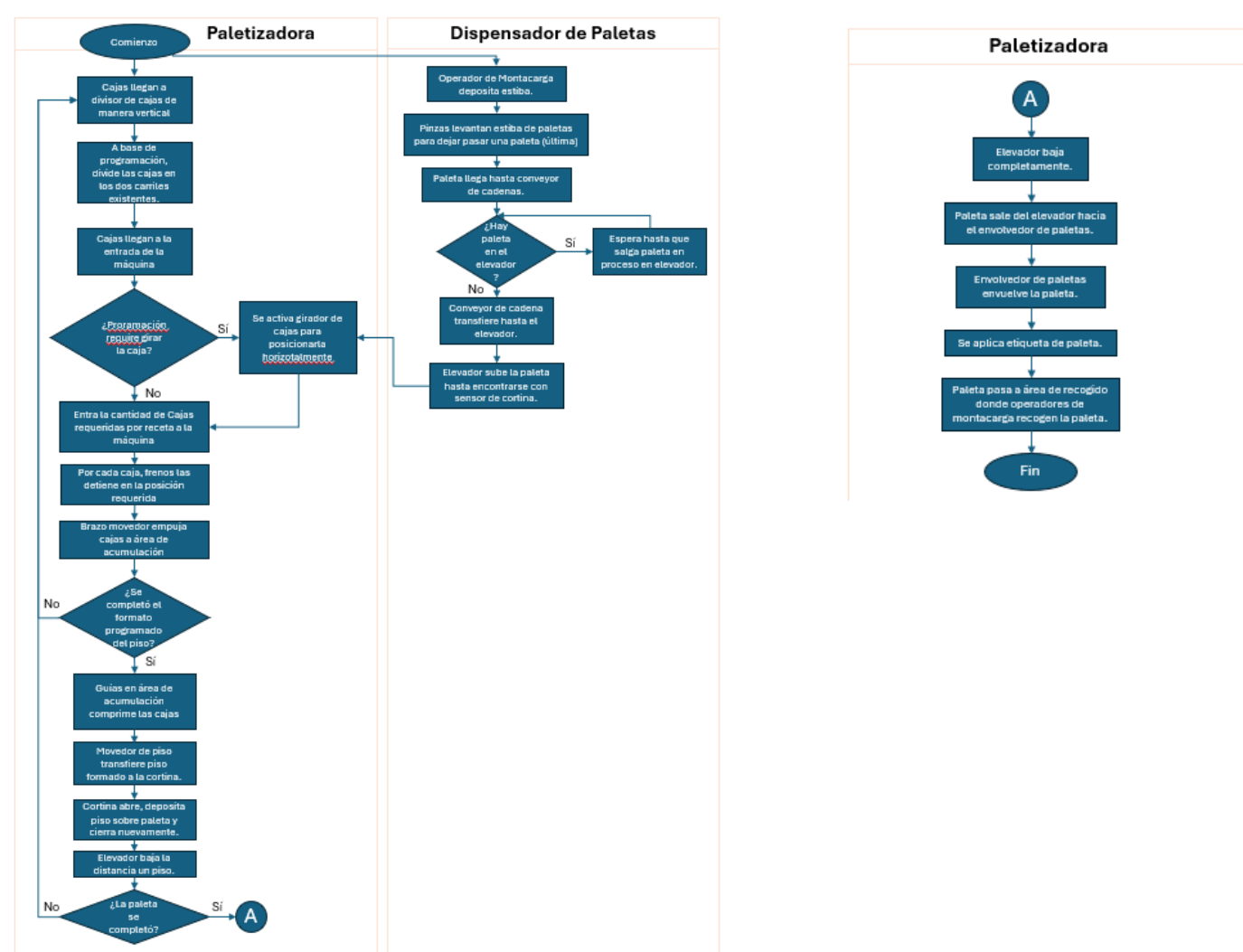
“Mejorar la eficiencia de la línea Hot Fill debido a una disminución en el desempeño del 55% al 47%, con un enfoque en la paletizadora como principal factor limitante e identificando áreas de oportunidad dentro de la operación.”

## VOE



Se realizó un Voice of Employee (VOE) con los operadores, revelando que el dispensador se desfasa por problemas de programación y paletas en mal estado. La paletizadora tarda igual en ambos patrones, y las botellas afectan más el ciclo. El 100% coincide en que la calidad de la paleta impacta el desempeño, señalando oportunidades claras de mejora.

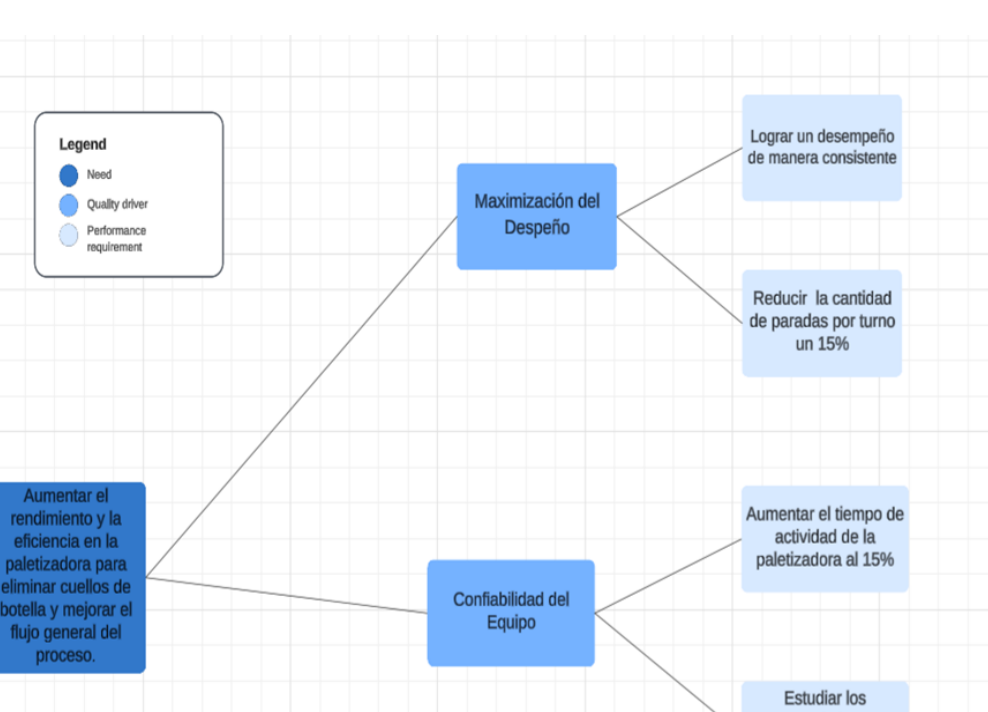
## Flowchart



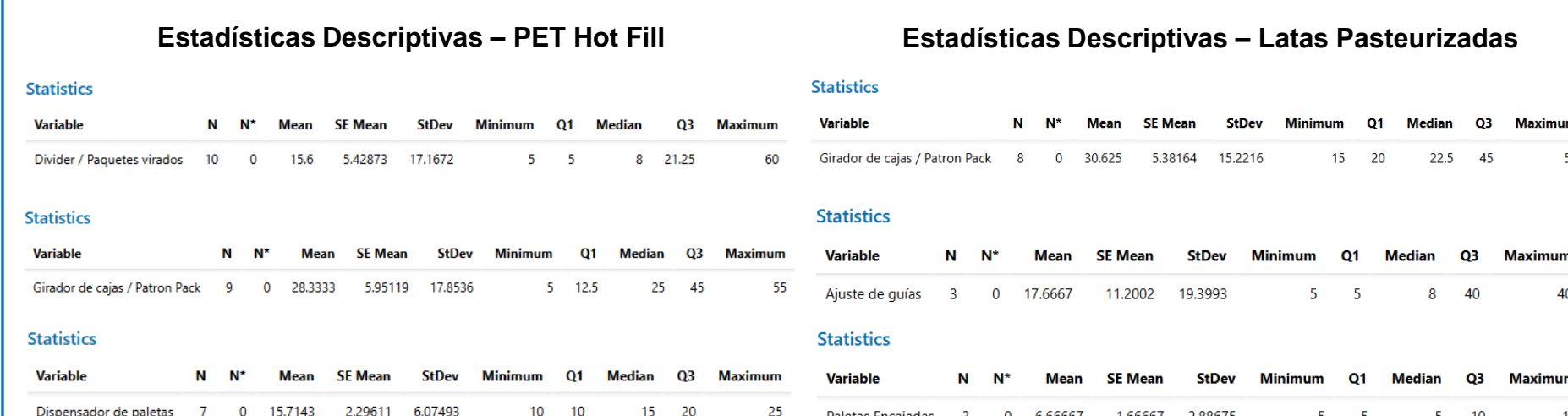
## SIPOC

SIPOC table with columns: Suppliers, Inputs, Processes, Outputs, Customers. Rows include departments like Departamento de Planificación, Departamento de Ventas, etc.

## CTQ



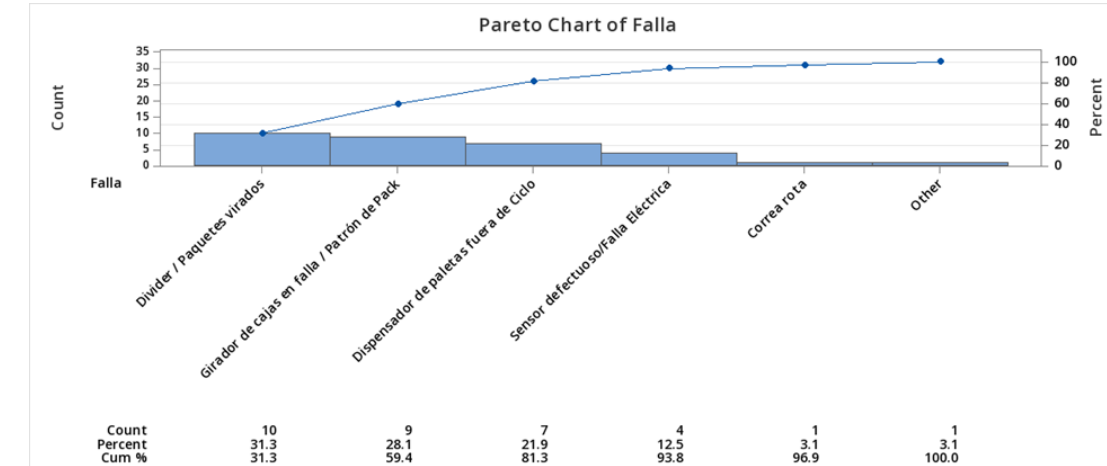
## Análisis Estadístico



## Comportamiento de Datos

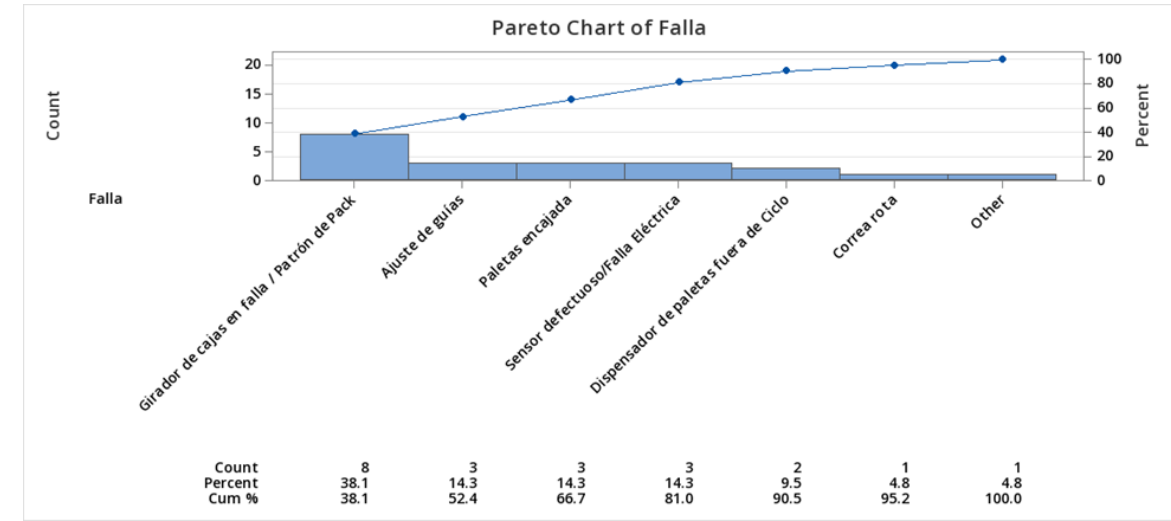
### Pareto – PET Hot Fill

- 1. Divisor / Paquetes Virados → Promedio (x̄) = 15.6 min, N = 10
2. Girador de Cajas / Patrón de Pack → Promedio (x̄) = 28 min, N = 9
3. Dispensador de Paletas fuera de ciclo → Promedio (x̄) = 15.71 min, N = 7

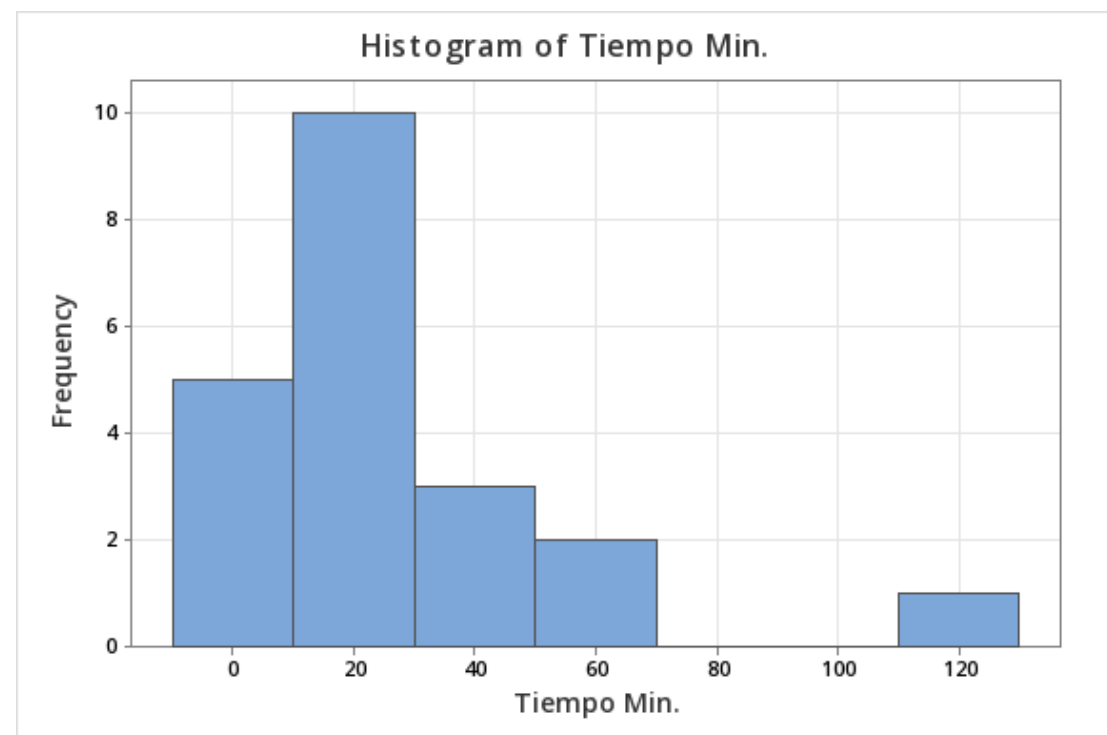


### Pareto – Latas Pasteurizadas

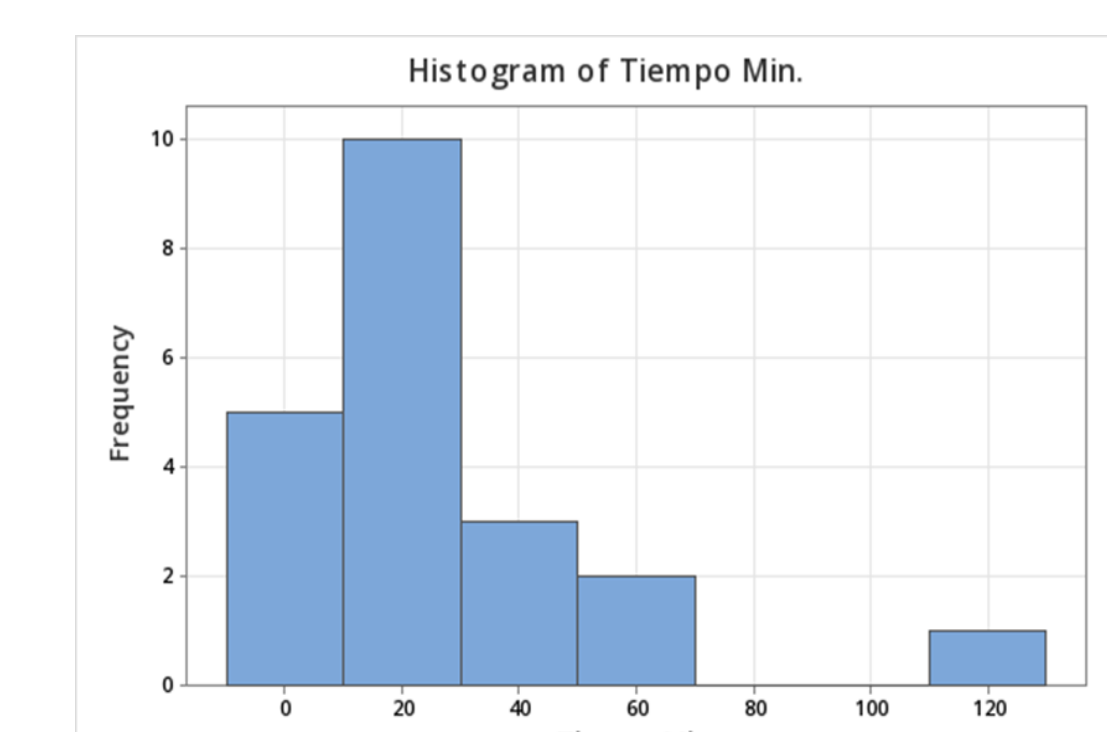
- 1. Girador de Cajas en Falla / Patrón de Pack → Promedio (x̄) = 30.63 min, N = 8
2. Ajuste de Guías → Promedio (x̄) = 17.67 min, N = 3
3. Paletas Encajadas → Promedio (x̄) = 6.67 min, N = 3



## Histograma – PET Hot Fill



## Histograma – Latas Pausterizadas

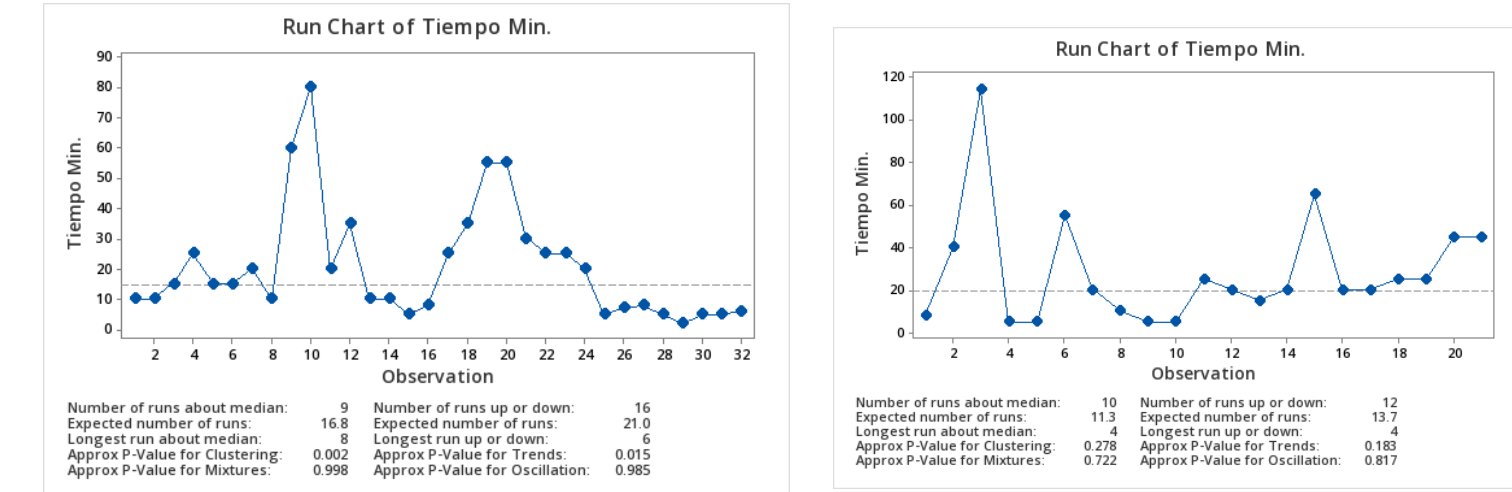


- La mayoría de los eventos se concentran entre 10-30 minutos.
-Se observan valores atípicos mayores a 120 minutos.
-Distribución sesgada a la derecha, indicando eventos de alta duración menos frecuentes.

- Distribución similar al PET Hot Fill.
-Mayor frecuencia entre 10-30 minutos, con menos eventos extremos.
-Indica variabilidad moderada en tiempos de paro.



## Run chart

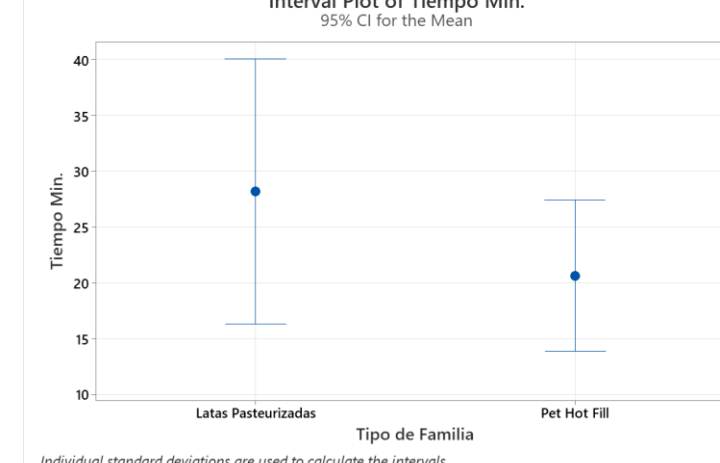


El Run Chart de Pet Hot Fill muestra un comportamiento diferente, con picos destacados en las observaciones 10 y 19 que superan los 80 minutos. Aquí se identifican patrones significativos: el p-value de clustering es 0.002, indicando una agrupación de tiempos altos, y el p-value de tendencias es 0.015, lo cual sugiere un patrón de disminución progresiva en los tiempos de parada. Estos resultados evidencian que en esta muestra sí existe un comportamiento no aleatorio, posiblemente relacionado con ajustes en el proceso o la presencia de eventos específicos que influyeron en el rendimiento de la línea.

## Pruebas de Hipótesis

### Hipótesis 1

¿Existe una diferencia significativa en el tiempo promedio de las fallas entre Latas Pasteurizadas y PET Hot Fill?

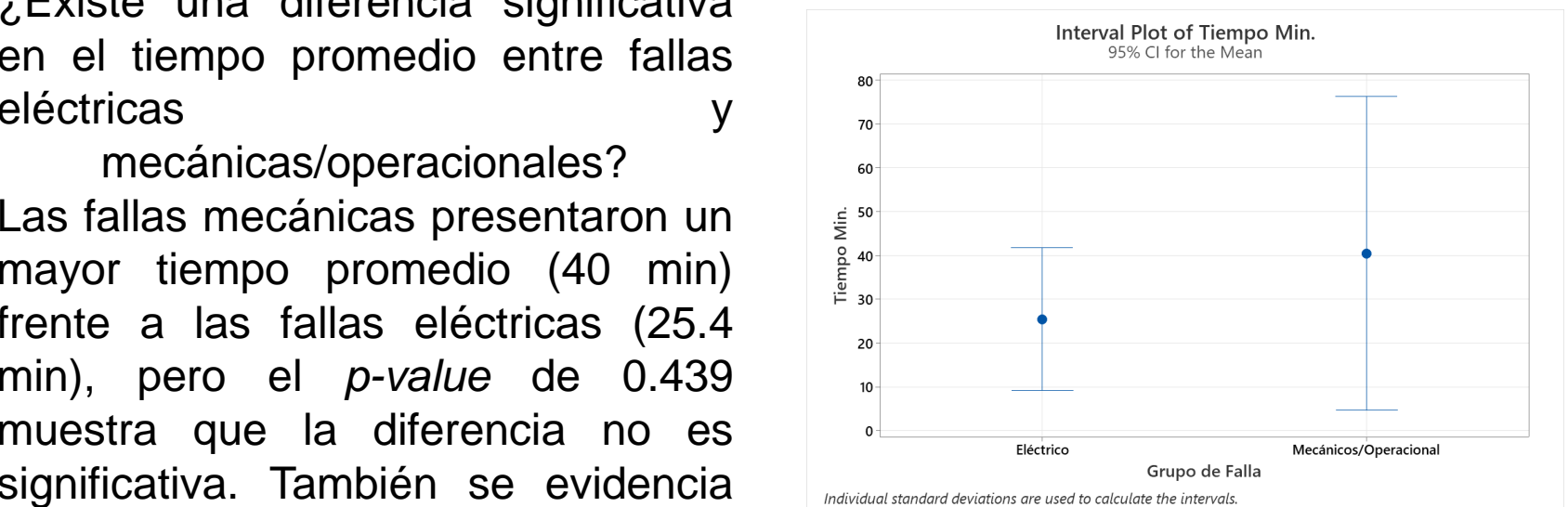


Aunque Latas Pasteurizadas mostró un mayor tiempo promedio (28.2 min) que PET Hot Fill (20.7 min), el p-value de 0.261 indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa. Los intervalos de confianza se solapan, lo que refuerza esta conclusión.

### Hipótesis 2

¿Existe una diferencia significativa en el tiempo promedio entre fallas eléctricas y mecánicas/operacionales?

Las fallas mecánicas presentaron un mayor tiempo promedio (40 min) frente a las fallas eléctricas (25.4 min), pero el p-value de 0.439 muestra que la diferencia no es significativa. También se evidencia solapamiento en los intervalos de confianza.



## OEE

La paletizadora mostró un OEE de 26%, compuesto por una disponibilidad de 85.7%, desempeño de 30% y calidad de 100%. Aunque no se detectó scrap, se perdieron 106 horas por paros y la velocidad fue muy inferior a la capacidad esperada (6 cpm vs 20cpm). Esto evidencia oportunidades de mejora en el control de paradas y aumento del ritmo de producción.

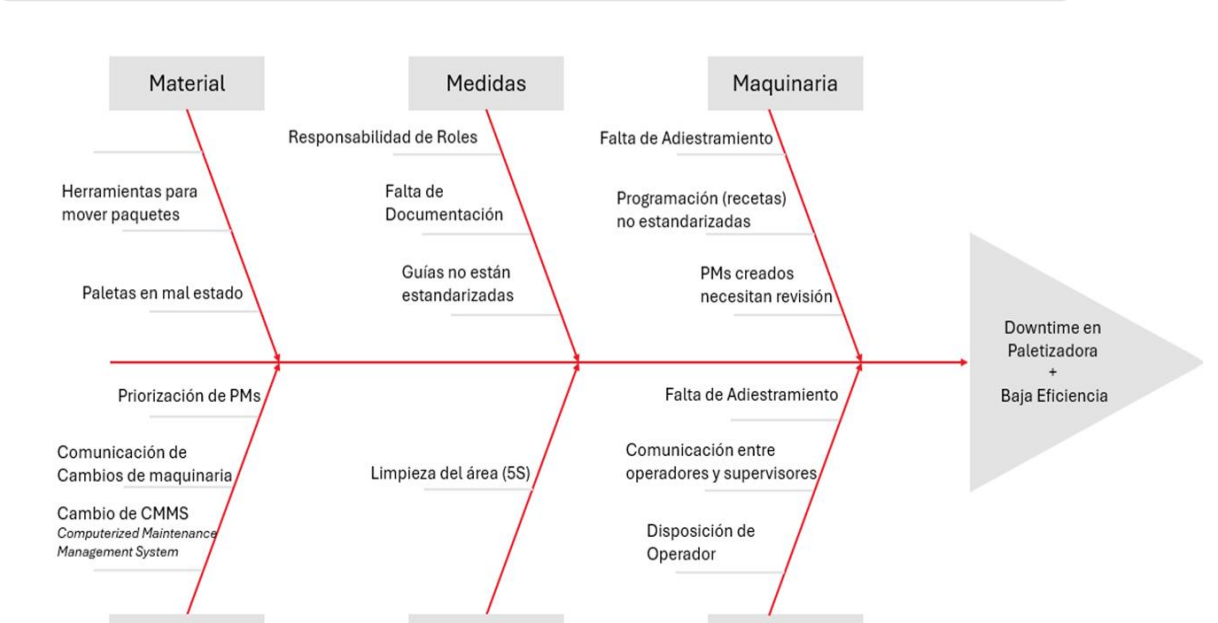
OEE metrics table: Métrica (Disponibilidad, Desempeño, Calidad, OEE) and Valor (85.7%, 30.0%, 100%, 26%).

## Cycle Time

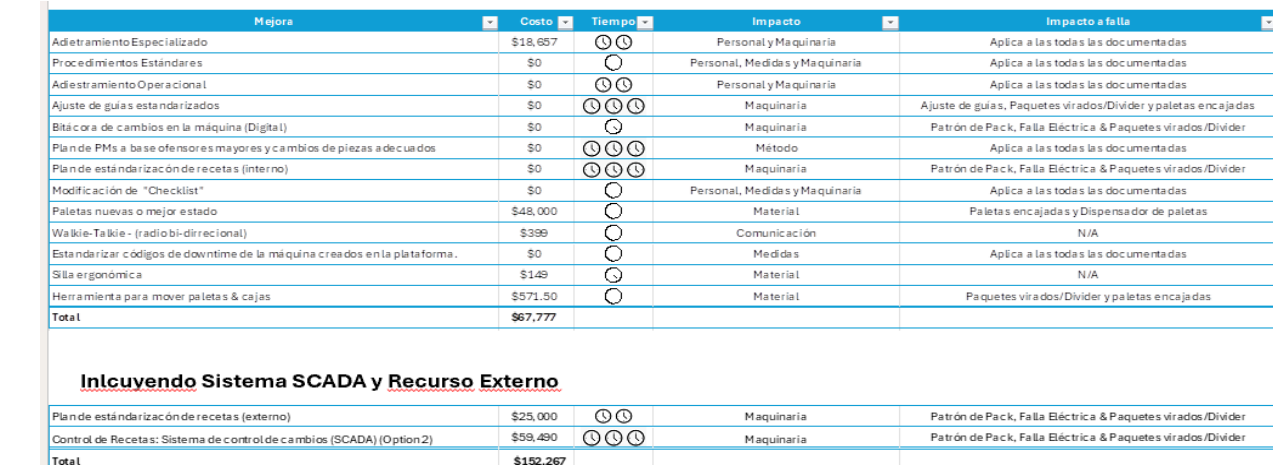
Cycle Time formulas for Powerade and Clon 16oz, showing calculations for seconds per case.

El tiempo de ciclo real fue de 9.89 s/caja para Powerade y 11.40 s/caja para Clon 16oz, en contraste con el tiempo ideal de 3.00 s/caja. Esto representa un desvío de hasta 280% sobre lo esperado, impactando directamente el desempeño del OEE.

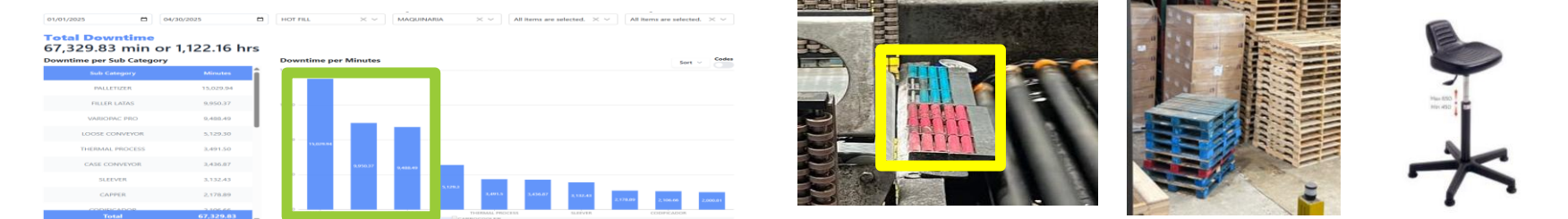
## Diagrama de Causa y Efecto



## Análisis de Costo



Se propusieron 13 mejoras clave para aumentar la eficiencia de la línea Hot Fill, enfocadas en estandarización, adiestramiento y herramientas ergonómicas. Destacan el adiestramiento especializado (\$18,657), ajustes de guías, uso de una bitácora digital, paletas nuevas (\$48,000) y la integración de herramientas como una silla ergonómica y un Push-Pull Pole. El costo total estimado fue de \$67,777. Existe una segunda opción que aumenta la inversión a \$152,267. Las mejoras priorizadas según su impacto en fallas como paquetes virados y paletas encajadas, siguiendo la metodología DMAIC.



## ROI

ROI tables for different areas, showing Downtime, % Reducción, Horas reducidas, Resultado, Downtime Semanal Promedio, Mejora en cajas, Beneficio, Inversión, and ROI.

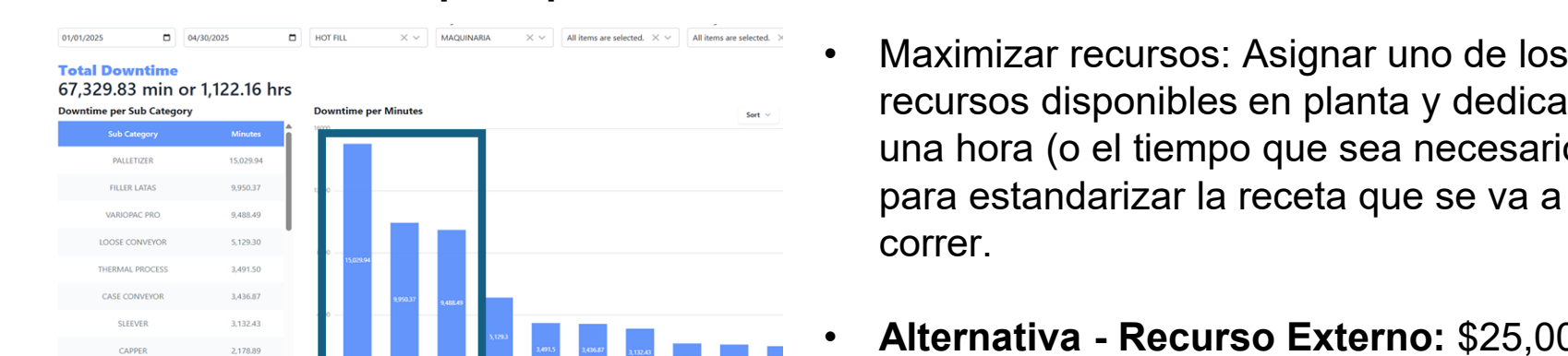
## Sugerencias

- Operación: Procedimientos Estándar, Adiestramiento, Cambios y Ajustes Estandarizados.
Mantenimiento: Optimización y priorización de PMs según los principales defensores. Cambio de piezas adecuado.
Máquina: Considerar sistema neumático en girador de cajas. Upgrade - future work. Estandarización de Rocetas. (Interno vs Externo).
Comunicación: Implementar sistema de registros de Cambios en receta y/o componentes de la máquina.
Materiales: Utilizar Paletas en mejores condiciones o nuevas. Herramienta de comunicación.
Ergonomía: Silla ergonómica cerca de controles. Herramienta para mover paquetes o paletas. Visuales de postura isométricas.

### Ajuste de guías

Diagram showing guide adjustment and change control system, including Ignition and SCADA integration, with a cost of \$59,000.

### Priorización de PMs a base de sensores principales



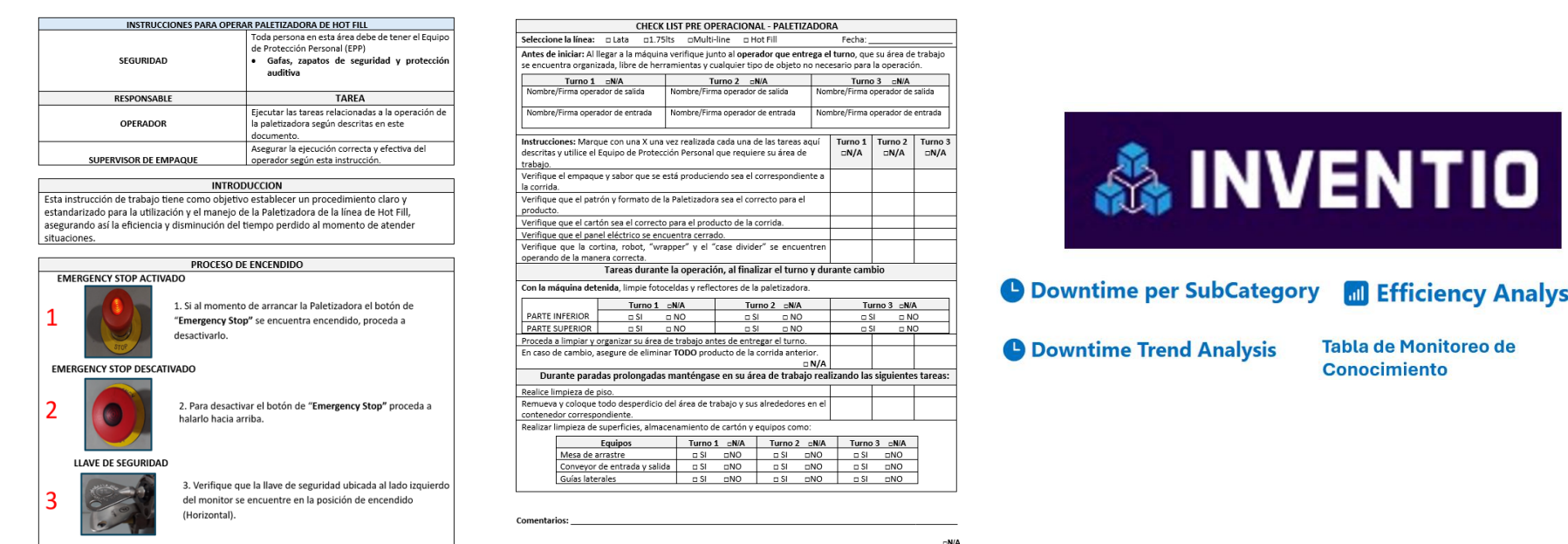
### Receta de Powerade Estandarizada

Standardized recipe table for Powerade, showing ingredients and quantities for different cases.

## Control del Proceso

Como parte esencial de la fase de control, se trabajó en el desarrollo y documentación de Procedimientos Operacionales Estándar (SOPs) Estos SOPs incluyen la estandarización del manejo de la máquina para asegurar consistencia en la formulación y manejo de productos, y el establecimiento del patrón de pack que permite uniformidad en la configuración y organización de cajas en la paletizadora. Además, se documentó un checklist STO (Start-Up Turn Over), el cual establece los pasos necesarios al inicio de cada turno para verificar el estado de la máquina, asegurar el uso correcto de herramientas y evitar errores comunes en la preparación inicial.

Adicional, se debe mantener un monitoreo continuo de la máquina y la eficiencia de línea a través del sistema de datos conocido como "Inventio". Igualmente, recomendamos continuar la tabla de estandarización de guías para cada uno de los productos y empaques.

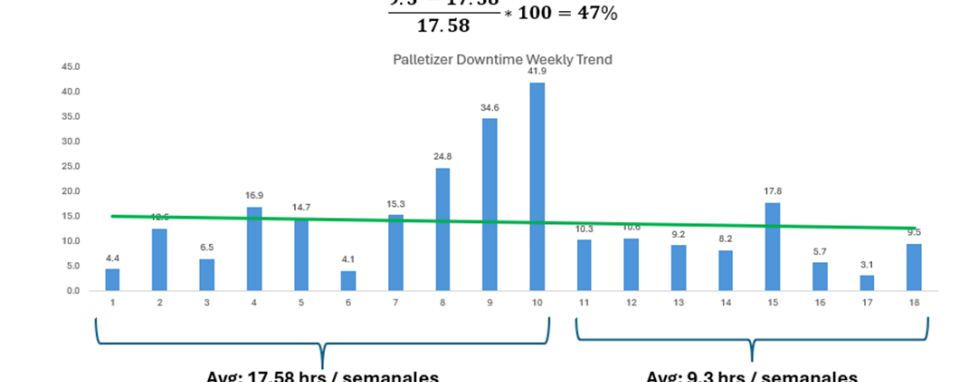


Para mantener en control el downtime por paquete virados, recomendamos que se realice el mismo análisis de estandarización de guías con los demás productos y empaques. Con este proyecto se atacaron los productos de 20oz & 16oz (PET & Latas).

## Conclusión

El análisis de la línea Hot Fill permitió identificar que la paletizadora, con un OEE inicial de 26%, representaba un cuello de botella crítico, afectando la eficiencia y el cumplimiento de la demanda. Se implementaron y recomendaron mejoras como adiestramiento especializado, estandarización de procesos, ajustes mecánicos y herramientas ergonómicas. Estas acciones respondieron directamente a los hallazgos de la fase Analyze, donde se confirmó que la paletizadora concentraba la mayor parte del downtime.

Como resultado, se logró una reducción del 47% en el downtime, con un beneficio económico anual estimado en \$5k. La inversión varía desde \$67K a \$152K y el retorno de inversión desde 2 meses a 1 año (según lo aplicado). Desde entonces, todo el rendimiento adicional representa ganancia directa para la empresa. Además del impacto financiero, se obtuvieron mejoras operacionales como los documentos estandarizados y paletas en mejor estado.



## Metas ONU



Este proyecto de Excelencia Operacional en Coca-Cola Puerto Rico Bottlers está alineado con las metas 9.4 y 12.5 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. La Meta 9.4, enfocada en modernizar la infraestructura industrial, se aborda mediante la implementación de herramientas de Lean Six Sigma, estrategias de automatización y el uso de indicadores como el OEE en tiempo real, lo cual permite optimizar procesos, reducir tiempos muertos, defectos y consumo energético en la línea Hot Fill. Por otro lado, la Meta 12.5, que promueve la reducción de desechos a través de prevención y reciclaje, se trabaja mediante la mejora en el uso de materias primas, la reducción de desperdicio de botellas, tapas y etiquetas, y la estandarización de procedimientos de mantenimiento y calibración. Estas acciones permiten avanzar hacia un modelo de producción más eficiente, responsable y alineado con los principios de sostenibilidad global.

## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al profesor Carlos González por su guía y apoyo constante a lo largo del desarrollo de este proyecto. También agradecemos profundamente a Coca-Cola Puerto Rico Bottlers por brindarnos esta valiosa oportunidad de aprendizaje en un entorno real de manufactura. En especial, agradecemos a Luis Ceinos, Joshuan Perreira y Yari Navarro por su disposición, acompañamiento y por compartir con nosotros su conocimiento del proceso. Su colaboración fue clave para llevar a cabo este proyecto de forma efectiva y significativa.

