

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción del tiempo de limpieza en una línea de banano congelado

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Lisbeth Pamela Martinez Peñafiel

Kevin Franklin Sisalima Jiménez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

A Fidela, Gonzalo, Paulette y Juan, que incondicionalmente me han dado su apoyo y mucho amor.

Lisbeth

Este proyecto se lo dedico a mis padres, que nunca me dejaron caer y siempre me apoyaron a pesar de cualquier circunstancia. Sus palabras las llevo en mi corazón. A esta universidad que siempre me acogió con los brazos abiertos y me pudo brindar todo el conocimiento para poder ser un gran profesional.

Kevin

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis tutores y compañera de tesis que sin su ayuda todo esto no hubiera sido posible y un agradecimiento especial a una persona incondicional que siempre me apoyó durante toda mi vida universitaria.

Kevin

Agradezco a Dios por permitirme lograr mis objetivos. Agradezco a mis dos tutores por todas sus recomendaciones, que han hecho exitoso este proyecto. A mi compañero por su ayuda en todo este proceso. Y a las personas que han colaborado de una u otra forma para pueda realizar este proyecto, Betza, Eli, Beto y Fátima gracias por todo.

Lisbeth

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Lisbeth Pamela Martínez Peñafiel y Kevin Franklin Sisalima Jiménez damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Lisbeth Pamela
Martínez Peñafiel



Kevin Franklin Sisalima
Jiménez

Evaluadores

MSc. Sofia López Iglesias

Profesor de Materia

PhD. Marcos Buestan Benavides

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto nace de la necesidad de una empresa alimenticia, la cual presentaba elevados tiempos en el proceso de limpieza a fin de turno en una línea de su planta de banano congelado. Es por ello, por lo que el objetivo de este proyecto es disminuir este tiempo de limpieza de 2.04 horas a 1.62 horas durante los meses de mayo hasta septiembre utilizando la metodología DMAIC y haciendo uso de herramientas de Lean Six sigma.

Con el fin de proveer mejoras adecuadas al proceso se procedió a identificar las necesidades del cliente y se eligieron las métricas de sostenibilidad para evaluar al proyecto, los cuales son duración del proceso de limpieza, %consumo de agua y % exposición de los operadores a químicos. En la siguiente etapa se logró enfocar el problema por actividades detectando que las actividades donde se invierte mayor tiempo eran enjuague y cepillado con 38% y 34% respectivamente. Posteriormente se procedió a identificar las causas raíz de los dos problemas enfocados y se propusieron mejoras de acuerdo con estas causas; las soluciones propuestas fueron evaluadas junto con el cliente entre ellas tenemos la aplicación de la herramienta SMED, el uso de hidro lavadoras y un banner informativo.

Finalmente, luego de la implementación, se obtuvieron los siguientes resultados; el tiempo promedio de limpieza se redujo a 1.60 horas lo que representa un costo de oportunidad para la empresa de \$412,425 al año y un ahorro de \$6,500 al año en costos de mano de obra. Además, se redujo el consumo de agua en un 17% durante el mes de evaluación y se logró reducir en un 23% la exposición al cloro por parte de los operadores. Además se logró documentar el proceso con el fin de estandarizarlo.

Palabras clave: Proyecto, limpieza, tiempo, consumo de agua, DMAIC, procesos.

Abstract

This integrative project arises from the need of a recognized food company, which presented high times in the cleaning process at the end of a shift in a line of its frozen banana plant. That is why the objective of this project is to reduce this cleaning time from 2.04 hours to 1.62 hours during the months of May to September using the DMAIC methodology and making use of Lean Six sigma tools.

In order to provide adequate improvements to the process, we proceeded to identify the needs of the client and sustainability metrics were also chosen to evaluate the project, which are duration of the cleaning process, % water consumption and % exposure of operators to chemicals. In the next stage, it was possible to focus the problem by activities, detecting that the activities where more time is invested were rinsing and brushing with 38% and 34% respectively. Subsequently, the root causes of the two problems focused were identified and improvements were proposed according to these causes; the proposed solutions were evaluated together with the client, among them we have the application of the SMED tool, the use of hydro washing machines and an informative banner.

Finally, after implementation, the following results were obtained; The average cleaning time was reduced to 1.60 hours, representing an opportunity cost to the company of \$412,425 per year and a savings of \$6,500 per year in labor costs. In addition, water consumption was reduced by 17% during the evaluation month and chlorine exposure by operators was reduced by 23%. In addition, it was possible to document the process in order to standardize it.

Keywords: Project, cleaning, time, water consumption, DMAIC, processes.

Índice general

Resumen	I
Abstract.....	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas	X
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema.....	2
1.2.1 <i>Requerimientos</i>	3
1.2.2 <i>Variable de Interés</i>	5
1.2.3 <i>Planteamiento del problema</i>	5
1.2.5 <i>Alcance del proyecto</i>	6
1.2.6 <i>Mapeo del proceso</i>	7
1.2.7 <i>Restricciones</i>	8
1.4 Objetivos	10
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	10
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
1.5 Marco teórico	10
1.5.1 <i>Seis Sigma</i>	10
1.5.3 <i>Limpieza</i>	11
1.5.4 <i>SIPOC</i>	11
1.5.5 <i>VOC11</i>	

1.5.6. <i>Diagrama de Pareto</i>	11
Capítulo 2.....	13
2.1 Metodología.....	14
2.2 Medición	14
2.2.1 <i>Plan de recolección de datos</i>	14
2.2.2 <i>Verificación de datos</i>	17
2.2.3 <i>Análisis de estabilidad y capacidad</i>	19
2.2.4 <i>Estratificación</i>	20
2.2.5 <i>Problemas enfocados</i>	22
2.3 Análisis	23
2.3.1 <i>Problema enfocado 1</i>	23
2.3.2 <i>Problema enfocado 2</i>	31
2.4 Mejora.....	41
2.4.1 <i>Evaluación de soluciones</i>	42
2.4.2 <i>Diseño de Soluciones Seleccionadas.</i>	43
Capítulo 3.....	53
3.1 Resultados y análisis	54
3.1.1 <i>Implementación de soluciones</i>	54
3.1.2 Resultados.....	58
3.1.3 <i>Análisis de Métricas de Sostenibilidad</i>	61
3.1.4 <i>Control</i>	63
Capítulo 4.....	65
4.1 Conclusiones y recomendaciones	66
4.1.1 <i>Conclusiones</i>	66
4.1.2 <i>Recomendaciones</i>	66
Referencias.....	67

Apéndices.....	68
Apéndice A	68
Apéndice B.....	69
Apéndice C.....	70
Apéndice D	71
Apéndice E.....	72
Apéndice F	73
Apéndice G	74

Abreviaturas

IQF *Individual Quick Freezing*- Congelación rápida individual

CTQ *Critical to Quality*

VOC *Voice of client*

SIPOC *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*

SMED *Single Minute Exchange of Die*

Simbología

h	Hora
kg	Kilogramo
L	Litros
m ³	Metro cúbico

Índice de figuras

Figura 1 <i>Línea base de tiempo de limpieza de la línea de producción n°5 de slices de banano congelado de acuerdo con datos históricos.</i>	3
Figura 2 <i>Lluvia de ideas de las necesidades del cliente.</i>	4
Figura 3 <i>Árbol CTQ.</i>	4
Figura 4 <i>Herramienta 3W+2H para definición de problema.</i>	5
Figura 5 <i>Triple Bottom Line.</i>	6
Figura 6 <i>Diagrama SIPOC.</i>	7
Figura 7 <i>Diagrama OTIDA del proceso de Limpieza.</i>	8
Figura 8 <i>Normalidad de las muestras</i>	17
Figura 9 <i>Prueba t-student para diferencia de medias.</i>	18
Figura 10 <i>Prueba de diferencia de medias para los datos tomados por los autores.</i>	18
Figura 11 <i>Gráfico de Control I-MR para el tiempo del proceso de limpieza.</i>	19
Figura 12 <i>Análisis de Capacidad del proceso</i>	20
Figura 13: <i>Diagrama de Pareto para estratificación por Supervisor.</i>	21
Figura 14 <i>Diagrama de Pareto para estratificación por Área</i>	21
Figura 15 <i>Diagrama de Pareto para estratificación por Actividad</i>	22
Figura 16 <i>Lluvia de ideas sobre las causas del problema enfocado Y1</i>	23
Figura 17 <i>Diagrama de Ishikawa de problema enfocado Y1: tiempo de lavado con manguera.</i>	24
Figura 18 <i>Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado Y1.</i>	26
Figura 19 <i>Matriz de Impacto vs Dificultad de causas de Y1</i>	26
Figura 20 <i>Tiempo promedio de lavado según el número de personas</i>	28
Figura 21 <i>Prueba t-student para diferencia de medias.</i>	28
Figura 22 <i>Operador realizando lavado en el área del carrusel.</i>	29
Figura 23 <i>Lluvia de ideas sobre las causas del problema enfocado Y2</i>	31
Figura 24 <i>Diagrama de Ishikawa de problema enfocado Y2</i>	32
Figura 25 <i>Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado Y2.</i>	34
Figura 26 <i>Matriz de Impacto vs Dificultad de causas de Y2</i>	34
Figura 27 <i>Diferencias de medias para tiempo de cepillado por supervisor de turno</i>	36
Figura 28 <i>Captura de video, donde se evidencia la causa: enjabonado durante el cepillado.</i>	37

Figura 29 <i>Captura de video, donde se evidencia la causa: cepillado sin terminar de retirar sólidos</i>	37
Figura 30 <i>Resumen de problemas enfocados y sus causas raíz</i>	41
Figura 31 <i>Soluciones propuestas en Brainstorming con los clientes</i>	41
Figura 32 <i>Plano de ubicación de los puntos eléctricos para uso de hidro lavadoras</i>	44
Figura 33 <i>Imagen referencial de un sistema de bajantes de presión</i>	45
Figura 34 <i>Plano de la planta donde se muestra la ubicación de las bajantes de presión</i>	45
Figura 35 <i>Instructivo del proceso de limpieza a fin de turno en las áreas de pelado y maquillado</i>	46
Figura 36 <i>Tríptico informativo sobre el proceso de limpieza</i>	47
Figura 37 <i>Diseño del banner infográfico</i>	48
Figura 38 <i>Posible ubicación de banner dentro de la planta, marcada en amarillo</i>	48
Figura 39 <i>Cotizaciones realizadas para para la adquisición de pistolas de agua</i>	49
Figura 40 <i>Aplicación de metodología SMED</i>	50
Figura 41 <i>Operador usando la hidro lavadora dentro del carrusel</i>	54
Figura 42 <i>Bajante de presión instalado frente al carrusel</i>	55
Figura 43 <i>Banner impreso en espera de ser instalado</i>	56
Figura 44 <i>Entrega de trípticos a los operadores</i>	56
Figura 45 <i>Línea de tiempo para implementar mejora</i>	57
Figura 46 <i>Operador trasladando implementos a su área de trabajo</i>	57
Figura 47 <i>Serie de tiempo del proceso de limpieza antes y durante las implementaciones</i>	58
Figura 48 <i>Carta de control del proceso de limpieza por etapas</i>	59
Figura 49 <i>Gráficos de cajas comparando los datos antes y después de las mejoras</i>	59
Figura 50 <i>Gráfica de normalidad de datos del proceso mejorado</i>	60
Figura 51 <i>Prueba de hipótesis de diferencia de medias</i>	60
Figura 52 <i>Análisis de capacidad del proceso antes y después de las mejoras implementadas</i> ...	61

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Plan de recolección de datos.</i>	15
Tabla 2 <i>Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y1</i>	24
Tabla 3 <i>Descripción de Ponderaciones.</i>	25
Tabla 4 <i>Plan de Verificación de causas del problema enfocado Y1</i>	27
Tabla 5 <i>Análisis de Causa raíz para la causa Faltan personas en lavado.</i>	30
Tabla 6 <i>Análisis de Causa raíz para la causa Faltan hidro lavadoras.</i>	30
Tabla 7 <i>Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y2</i>	32
Tabla 8 <i>Plan de Verificación de causas del problema enfocado Y2</i>	35
Tabla 9 <i>Tiempo promedio de cepillado de acuerdo con el número de personas involucradas.</i> ...	36
Tabla 10 <i>Análisis de Causa raíz para la causa cepillado antes de enjabonar</i>	39
Tabla 11 <i>Análisis de Causa raíz para la causa cepillado sin retiro total de sólidos.</i>	39
Tabla 12 <i>Criterios para evaluar las soluciones</i>	42
Tabla 13 <i>Evaluación de la causa N° 3 “Falta de capacitación sobre el proceso de limpieza”.</i> .	42
Tabla 14 <i>Evaluación de la causa N° 4 “Falta de puntos de agua”</i>	43
Tabla 15 <i>Evaluación de la causa N° 5 “La limpieza empieza tarde”.</i>	43
Tabla 16 <i>Plan de implementación de mejoras.</i>	51
Tabla 17 <i>Detalle de Costo de oportunidad</i>	61
Tabla 18 <i>Detalle de Ahorro en costo de mano de obra.</i>	62
Tabla 19 <i>Detalle de consumo de agua</i>	62
Tabla 20 <i>Plan de control de mejoras.</i>	63

Capítulo 1

1.1 Introducción

El ritmo acelerado de la vida moderna ha incrementado la necesidad de consumir productos alimenticios de fácil preparación o listos para comer. Esto ha hecho que la industria ecuatoriana de alimentos congelados bajo la técnica IQF (Congelación rápida individual, por sus siglas en inglés) incremente su nicho en el mercado, en especial en Estados Unidos y Europa. (Revista Líderes, 2018)

Es por ello por lo que algunas empresas, están apostando en incrementar su producción respetando y cumpliendo las normas de higiene y asepsia. Siendo la limpieza un proceso de apoyo primordial en este tipo de industria. Sin embargo, este proceso no es tomado en cuenta como se debería ya que representa un paro en la producción.

El presente proyecto tiene como meta la reducción del tiempo de limpieza en una línea de producción de rebanadas de banano congelado utilizando metodología DMAIC sin descuidar la seguridad alimentaria de la empresa, para incrementar la disponibilidad de esta línea de producción.

1.2 Descripción del problema

El presente proyecto surge de la necesidad de una reconocida empresa productora de conservas, salsas, alimentos listos y vegetales congelados, la cual mediante la técnica IQF produce banano congelado exclusivamente para exportación en una de sus plantas ubicada en la vía Daule de la ciudad de Guayaquil.

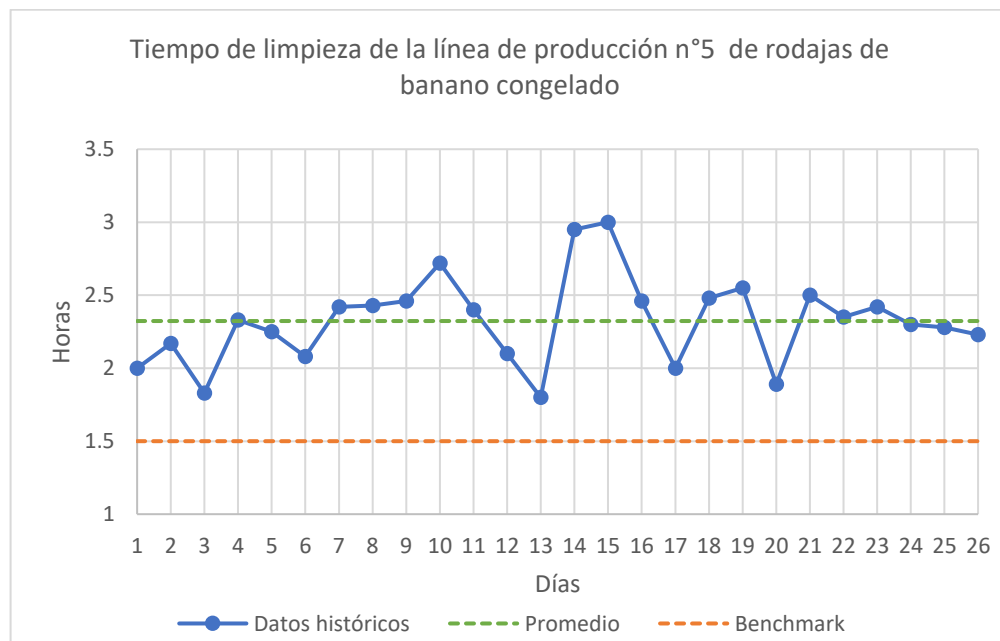
El proceso de producción del banano congelado consiste en receiptar la materia prima que son los bananos aún verdes, luego son llevados a cámaras de maduración. Una vez que tienen el grado Brix adecuado [19-24] son llevados a lavarse en el área de volteado, una vez limpios son llevados al área del carrusel para ser pelados, pasan a las bandas donde les retiran las

imperfecciones (maquillado) y son cortados en rebanadas; luego pasan al congelador una vez congelados son empacados, almacenados y exportados.

Las dos líneas de producción de rebanadas de banano congelado tienen una capacidad de 4800 kg/h y producen durante aproximadamente 20 horas, en dos turnos de 12 horas cada uno y cada turno cuenta con 1 supervisor.

La compañía requiere disminuir la duración de la limpieza profunda en una de las líneas de producción de rebanadas de banano congelado, la cual se realiza una vez al día, al finalizar el segundo turno de trabajo; este proceso de acuerdo con los datos históricos recolectados en junio del 2022 tiene un promedio de 2.32 horas, como se observa en la Figura 1. Y la empresa ha tomado como punto de referencia un *benchmark* de 1.50 horas.

Figura 1 Línea base de tiempo de limpieza de la línea de producción n°5 de slices de banano congelado de acuerdo con datos históricos.



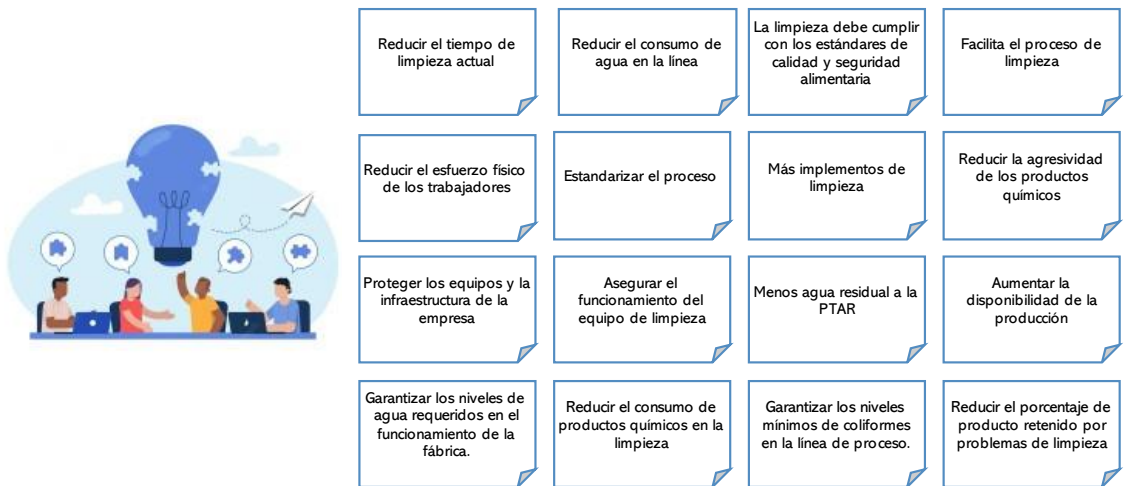
1.2.1 Requerimientos

Para llegar a la definición del problema, primero se procedió a identificar a nuestros clientes internos más importantes entre ellos tenemos al jefe de Producción, ingenieros de proyectos y

operadores, siendo el primero nuestro cliente clave; en reuniones con ellos, mediante la técnica de lluvia de ideas se pudo identificar sus necesidades, como se aprecia en la Figura 2

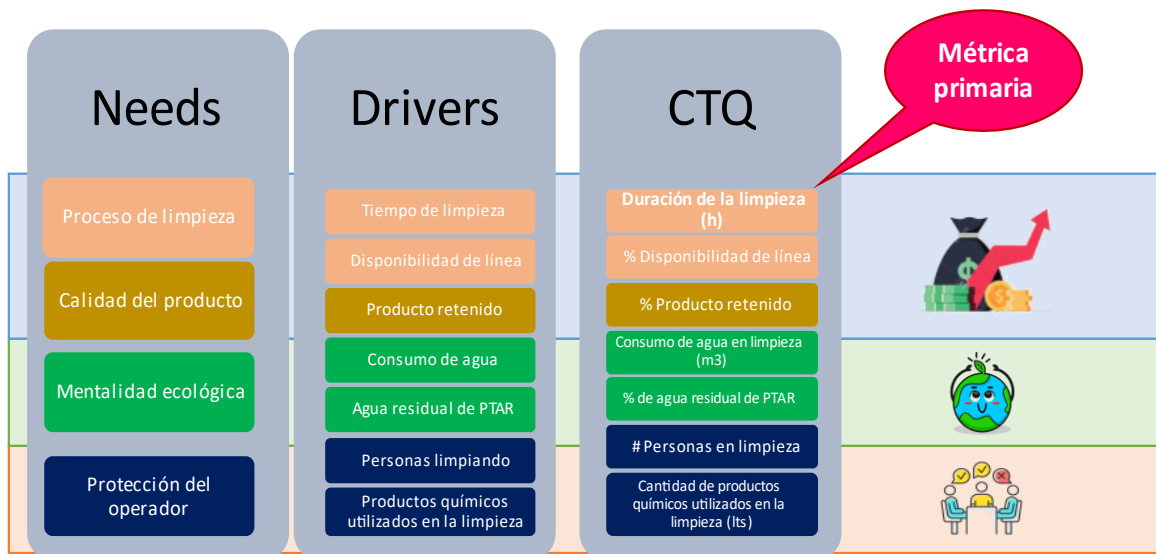
Figura 2 Lluvia de ideas de las necesidades del cliente. .

VOC - Brainstorming



Posteriormente, todas las ideas fueron se clasificaron en un diagrama de afinidad y finalmente se determinaron los indicadores críticos de calidad en el árbol CTQ de la Figura 3.

Figura 3 Árbol CTQ.



1.2.2 Variable de Interés

Luego de analizar el árbol CTQ podemos distinguir que la métrica principal de acuerdo con la problemática del proyecto es la Duración de la limpieza. Por tanto, nuestra variable de interés será definida como:

$$Y = \text{Tiempo de Limpieza} \quad (1.1)$$

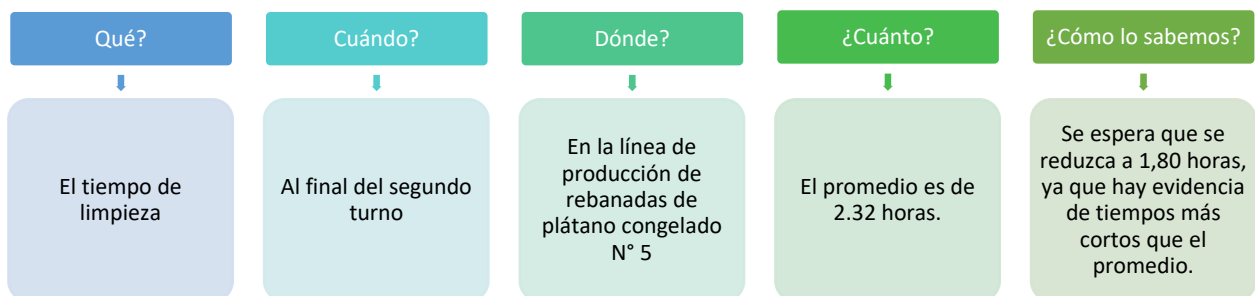
la cual se mide en horas, y corresponde al valor máximo de la comparación entre el tiempo de limpieza en el área de carrusel y el tiempo de limpieza en el área de bandas.

$$Y = \text{máx} [\text{Tiempo de limpieza carrusel}; \text{Tiempo de limpieza bandas}] \quad (1.2)$$

1.2.3 Planteamiento del problema

Una vez seleccionada la variable de interés, se procede a plantear el problema utilizando la herramienta 3W+2H, y de forma estructurada se fue caracterizando el problema, tal como se presenta en la Figura 4

Figura 4 Herramienta 3W+2H para definición de problema.

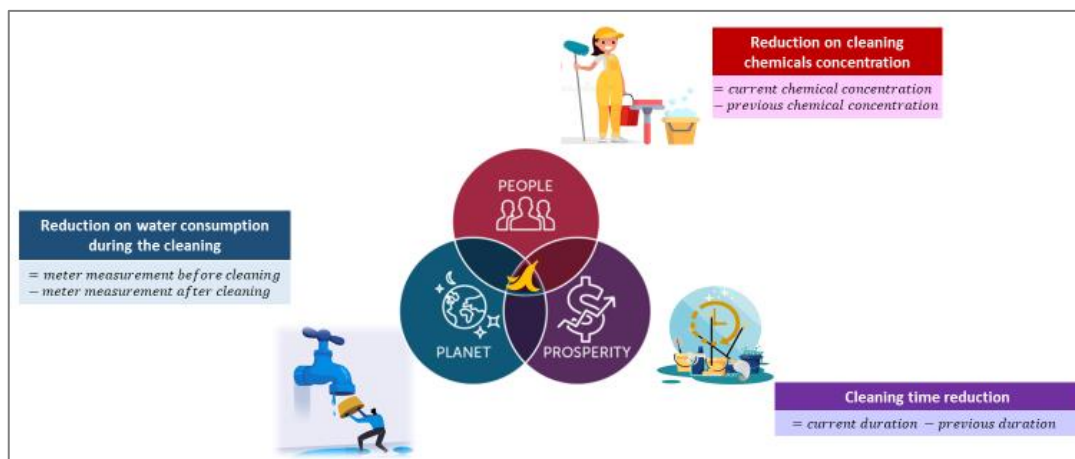


A partir de esta herramienta el texto que define al problema es: “El tiempo de limpieza al final del segundo turno en la línea de producción de rodajas de banano congeladas N° 5 es muy alto, toma un promedio de 2.32 horas cuando el objetivo esperado por la empresa es reducirlo a 1.80 horas, ya que hay evidencia de tiempos inferiores a promedio”.

1.2.4. Métricas de Sostenibilidad

Las tres métricas de sostenibilidad empresarial representativas que hallamos fueron: La reducción del consumo de agua durante la limpieza como aspecto medioambiental, ya que es uno de los objetivos ambientales que tiene la empresa, la reducción de la concentración de químicos como aspecto social, puesto que los trabajadores están expuestos a estos químicos a diario; y finalmente el aspecto económico está representado por el tiempo de limpieza ya que el tiempo a reducir será empleado para producir más por ende representa mayores ingresos para la compañía. Dichas métricas con sus respectivas formulas pueden ser apreciadas en la Figura 5

Figura 5 Triple Bottom Line.



1.2.5 Alcance del proyecto

Se realizó un diagrama SIPOC para determinar los elementos claves del proceso y así determinar el alcance del proyecto. Este diagrama facilita la identificación de proveedores e insumos de nuestro proceso, así como delimitar las salidas luego de la ejecución del proceso.

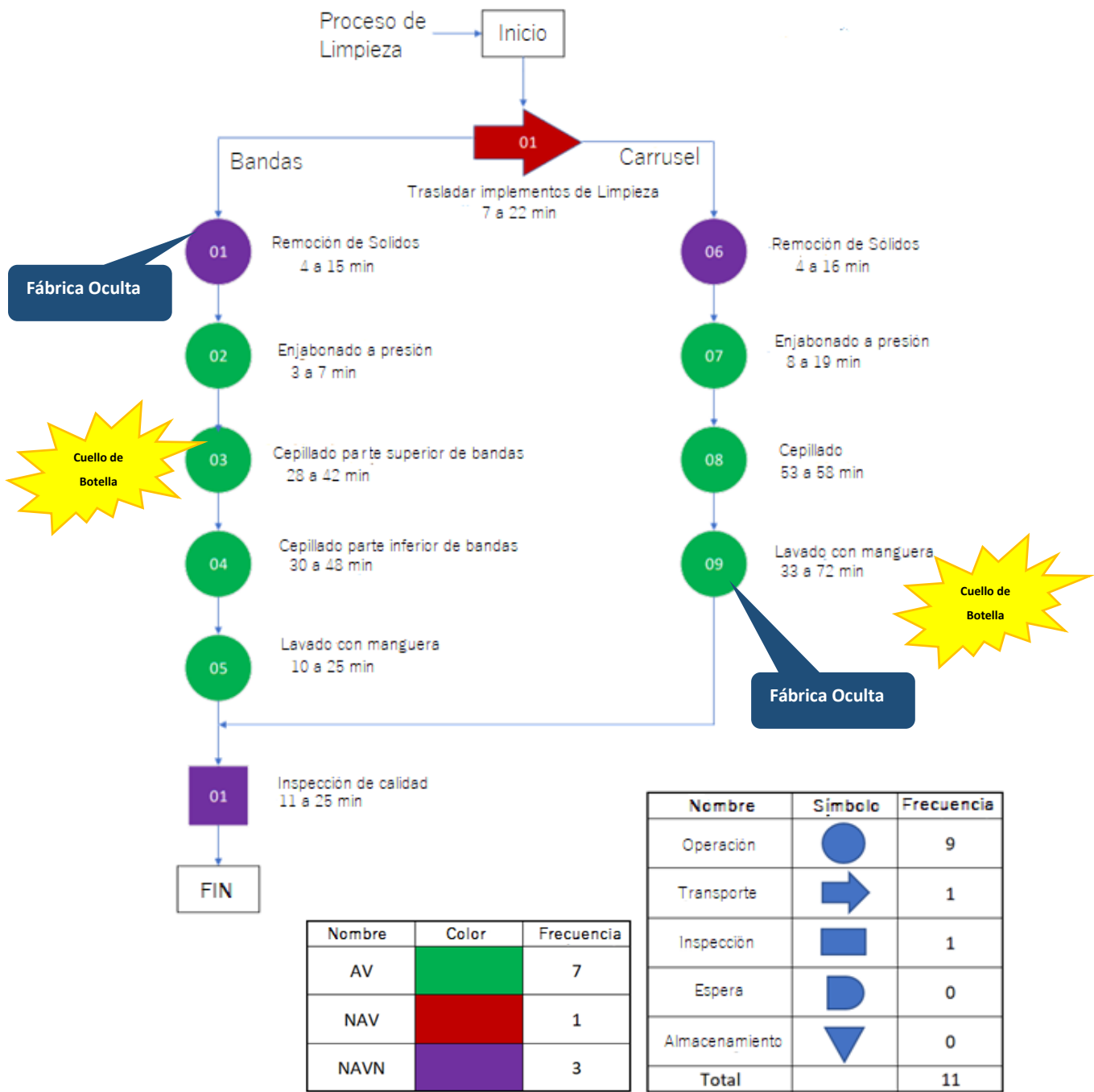
Figura 6 Diagrama SIPOC.



1.2.6 Mapeo del proceso

Se mapea el proceso con un diagrama OTIDA (Figura 7) para identificar las acciones, movimientos del personal e inspecciones realizadas durante el proceso. Además clasificamos con colores las actividades de valor, actividades sin valor y actividades sin valor pero necesarias. También a través de la observación identificamos los cuellos de botella y las fábricas ocultas.

Figura 7 Diagrama OTIDA del proceso de Limpieza.



1.2.7 Restricciones

Se pueden determinar las siguientes restricciones, de acuerdo con lo conversado con el cliente durante las entrevistas previas:

- Límite de analistas. Al ser dos los analistas no se pueden analizar todas las áreas por lo que el enfoque se realiza en las áreas de carrusel y bandas.
- Límite de presupuesto. La empresa en su objetivo de reducir costos no puede aumentar el presupuesto existente para el proceso de limpieza.
- Límite de implementos. No se puede acceder a realizar compras de implementos como hidro lavadoras
- Límite de mano de obra. No se puede contratar más personal puesto que la limpieza debe realizarse con el personal disponible en el turno.
- Normas de Seguridad Alimentaria. Los cambios se realicen no pueden afectar en la inocuidad de la línea.

1.3 Justificación del problema

La reducción del tiempo de limpieza en una línea de producción es un factor clave para mejorar la eficiencia y la productividad de la empresa. A través de una gestión eficiente de la limpieza, la aplicación de métodos de mejora continua y el uso de herramientas específicas, es posible optimizar las actividades de limpieza y minimizar los tiempos muertos. La capacitación y la participación del personal son elementos fundamentales para el éxito de estas iniciativas. La implementación de estrategias de reducción de tiempo de limpieza permitirá a la empresa maximizar su capacidad productiva y alcanzar altos niveles de eficiencia en sus operaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir el tiempo de limpieza diaria de la línea de producción de rodajas de banano congelado de 2.04 a 1.62 horas, durante los meses de mayo a septiembre para aumentar la disponibilidad de producción de la línea.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Reconocer las necesidades de los clientes internos para transformarlo en variables críticas para la calidad.
2. Medir la variable de respuesta para realizar los respectivos análisis estadísticos.
3. Identificar las causas del retraso actual en el proceso para proponer mejoras y soluciones.
4. Implementar las mejoras propuestas para medir y controlar su impacto.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Seis Sigma

Según Gutierrez (2010) el Seis Sigma es la estrategia de mejora continua más utilizada por las empresas que tiene como objetivo mejorar el desempeño de los procesos de una entidad y reducir su variabilidad. Este enfoque se orienta en encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos ejecutados en la empresa, considerando las necesidades de los clientes. Está enfocada en la mejora de la calidad del producto o del proceso y sus objetivos principales son: La satisfacción del cliente, la reducción del tiempo de ciclo y la reducción de los defectos.

1.5.2 DMAIC

DMAIC es una metodología fundamental utilizada en Six Sigma para mejorar la calidad de los procesos hasta alcanzar una tasa de defectos de 3.4 partes por millón. El nombre

corresponde al acrónimo de Definir el proceso que se desea mejorar, Medir la situación actual del proceso, Analizar cuándo, dónde y por qué se producen los defectos, Mejorar el proceso mediante la eliminación de los defectos, Controlar el rendimiento futuro del proceso; cabe destacar que esta metodología es aplicable para procesos ya existentes que se desean mejorar. (Hoops & Spearman, 2008)

1.5.3 Limpieza

Es el proceso en el que se elimina la suciedad, generalmente con ayuda de agua y detergentes y tiene el propósito de disminuir o erradicar microorganismos que puedan contaminar a los alimentos. Principalmente se eliminan los residuos de superficies, utensilios y maquinaria o equipos que han estado en contacto con el alimento. (Pérez, Barrera, & Castelló, 2017)

1.5.4 SIPOC

Parkash & Kumar (2011) señalan que SIPOC es una representación gráfica del proceso que le permite comprender e identificar los elementos importantes del proceso. El método se utiliza para mejorar el proceso y se basa en una representación esquemática de los elementos principales del proceso. La herramienta analiza exhaustivamente el proceso, identificando proveedores, todas las entradas y salidas del proceso, y las relaciones con los clientes en cada etapa del proceso, permitiendo entender, categorizar y adaptar los requerimientos del cliente, lo que facilita el entendimiento entre ambas partes.

1.5.5 VOC

La VOC es obtenida a través de diversas técnicas, como encuestas, entrevistas, grupos focales y análisis de datos de clientes. Su objetivo principal es capturar de manera precisa y sistemática la información que permita entender lo que los clientes realmente valoran y desean, con el fin de utilizar esos conocimientos para mejorar la satisfacción del cliente, la calidad del producto o servicio, y la toma de decisiones empresariales. (Griffin & Hauser, 1993)

1.5.6. Diagrama de Pareto

(Gutierrez, 2010) expresa que “el diagrama de Pareto es un gráfico de barras

cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo”. Este diagrama se sustenta la ley 80-20 también conocidas como Pocos vitales, muchos triviales, el cual reconoce que sólo el 20% de los elementos generan el 80% de los defectos; el resto genera muy poco del efecto total, es decir que del total de problemas solo uno cuantos son realmente importantes.

Capítulo 2

2.1 Metodología.

La metodología empleada en este proyecto es DMAIC, puesto que es la más idónea para la mejora de procesos en la industria, ya que aplica técnicas cualitativas, cuantitativas y estadísticas para encontrar soluciones factibles, implementables y controlables.

La primera etapa de la metodología que es Definición se encuentra en el capítulo 1, donde se detalla cómo se ha definido el problema y el planteamiento de los objetivos a raíz de esta definición. En el presente capítulo, se presentan las etapas de medición y análisis donde se realiza la respectiva recolección de datos, con el fin de enfocar el problema y encontrar las causas que los producen para verificarlas y encontrar sus causas raíz y proponer las potenciales soluciones. Finalmente en el capítulo 3 se presentan la implementación de soluciones y los resultados de estas.

2.2 Medición

En esta etapa se procede a recolectar los datos necesarios para verificar la situación inicial de la variable de interés para posteriormente analizarla estadísticamente y enfocar el problema donde y cuando realmente está ocurriendo.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Luego de establecer la variable de interés y métricas de sostenibilidad se procede a recolectar información necesaria para cada variable, para ello se ha elaborado la con el plan de recolección de datos. Posteriormente se realizó la respectiva verificación de datos.

Tabla 1 Plan de recolección de datos.

¿Qué datos necesitamos?	Tipo de datos	¿Cómo los recolectaremos?	Método	¿Dónde registraremos los datos?	¿Quién registrará los datos?	¿Cuándo?	¿Por qué necesitamos estos datos?
Tiempos de limpieza por actividad [h]	Cuantitativo Continuo	Medir el tiempo que se tarda en realizar cada actividad dentro del proceso.	Observación directa	Informe de medición de tiempo.	K.Sisalima L.Martinez	Diario	Determinar el tiempo dedicado a cada actividad para la estratificación del problema
Tiempos de limpieza por grupos de trabajo [h]	Cuantitativo Continuo	Medir el tiempo que tarda cada grupo de trabajo en ejecutar la limpieza.	Observación directa	Informe de medición de tiempo.	K. Sisalima L.Martinez	Diario	Determinar el tiempo dedicado por cada grupo de trabajo para estratificar el problema
Consumo de agua en el proceso de limpieza [m3]	Cuantitativo Continuo	Recoger la cantidad de agua que marca el medidor al principio y al final de la limpieza y calcula la resta entre los valores.	Observación directa	Base de datos de consumo de agua	Área de mantenimiento K. Sisalima L.Martinez	Diario	Permite estimar la incidencia del indicador ambiental

Consumo de productos químicos de limpieza [L]	Cuantitativo Continuo	Medir el inventario de productos químicos usados en la producción en línea	Observación directa	Informe de consumo de productos químicos de limpieza	Área de calidad K. Sisalima L.Martínez	Semanal	Permite estimar la incidencia del indicador social
Agua residual de PTAR [%]	Cuantitativo Continuo	Recoger la cantidad de aguas residuales para compararla con los datos del mes pasado.	Observación directa	Base de datos de consumo de agua	Área de mantenimiento K. Sisalima L.Martínez	Semanal	Permite estimar la incidencia del indicador ambiental
Personal en proceso de limpieza [#]	Cuantitativo Discreto	Contar el número de trabajadores en el proceso.	Observación directa	Informe de medición de tiempo.	K. Sisalima L.Martinez	Diario	Permite estimar la incidencia del indicador social
Producto retenido [%]	Cuantitativo Continuo	Contar la cantidad de producto retenido y compárelo con los datos del mes pasado.	Observación directa	Informe de calidad	Área de calidad	Semanal	Permite verificar si la calidad de los productos se mantiene o mejora con la reducción del tiempo de limpieza

2.2.2 Verificación de datos

Para verificar los datos se hizo observación directa y luego se aplicaron pruebas de hipótesis para validar la confiabilidad de los datos, inicialmente se debió encontrar el número de muestras necesarias, sin embargo como el proceso se realiza una vez al día, no fue necesario encontrar el número de muestras, sino que tomamos los datos de cuatro días por semana (ya que el lunes no se ejecuta el proceso) durante las tres semanas de medición, obteniendo 12 muestras.

Luego se procedió a tomar los datos de los 6 primeros días y compararlos con los datos históricos para evidenciar la confiabilidad de estos últimos. Primero se evaluó la normalidad de los datos donde se evidencia que las dos muestras son normales (Figura 8), para luego realizar una prueba *t-student* para diferencia de medias entre las dos muestras. Sin embargo los datos históricos no fueron estadísticamente confiables como se observa en la Figura 9.

Figura 8 Normalidad de las muestras

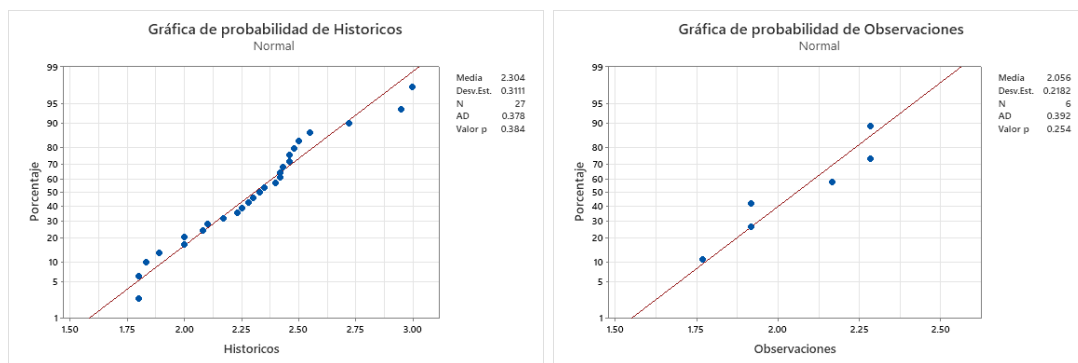
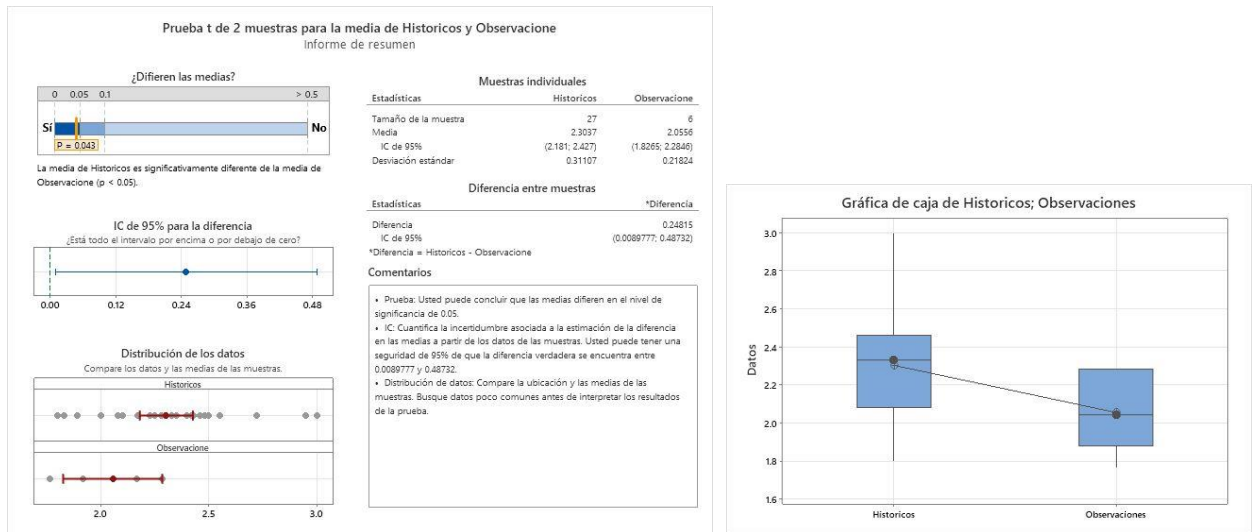
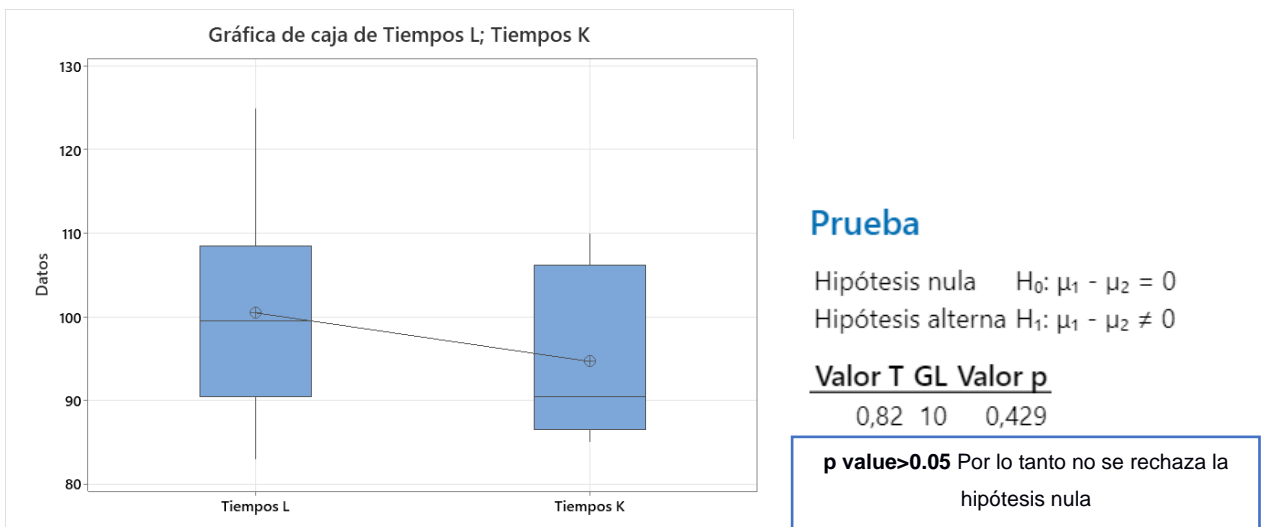


Figura 9 Prueba t-student para diferencia de medias.



Posteriormente se procedió a realizar un doble registro de datos entre los dos autores del proyecto para compararlos entre sí y finalmente verificar la confiabilidad de los datos como se muestra en la Figura 10, donde se evidencia que no existe diferencia significativa en los datos tomados, los registros mencionados se pueden revisar en Apéndice B.

Figura 10 Prueba de diferencia de medias para los datos tomados por los autores.



Por tanto, a partir de esta sección todos los cálculos realizados utilizarán la muestra tomada por los autores, descartando los datos históricos, ya que estos no reflejan la realidad actual del proceso.

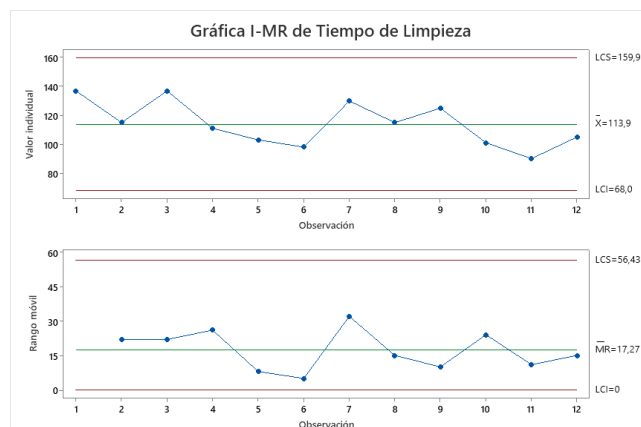
Así mismo, el enunciado de la definición del problema cambia a: ““El tiempo de limpieza al final del segundo turno en la línea de producción de rodajas de banano congeladas N° 5 es muy alto, toma un promedio de 2.04 horas cuando el objetivo esperado por la empresa es reducirlo a 1.5 horas, ya que hay evidencia de tiempos inferiores al promedio””.

Además, el objetivo SMART del proyecto se enuncia así: “Reducir el tiempo de limpieza diaria de la línea de producción de rodajas de banano congelado de 2.04 a 1.62 horas, durante los meses de mayo a septiembre para aumentar la disponibilidad de producción de la línea.

2.2.3 Análisis de estabilidad y capacidad

Una vez verificados los datos, se procede a realizar los respectivos análisis de estabilidad y capacidad del proceso de limpieza, utilizando un software estadístico se ha elaborado la carta de control I-MR como se observa en la Figura 11, y donde se puede apreciar que no existen puntos fuera de control, por lo tanto el proceso es estable.

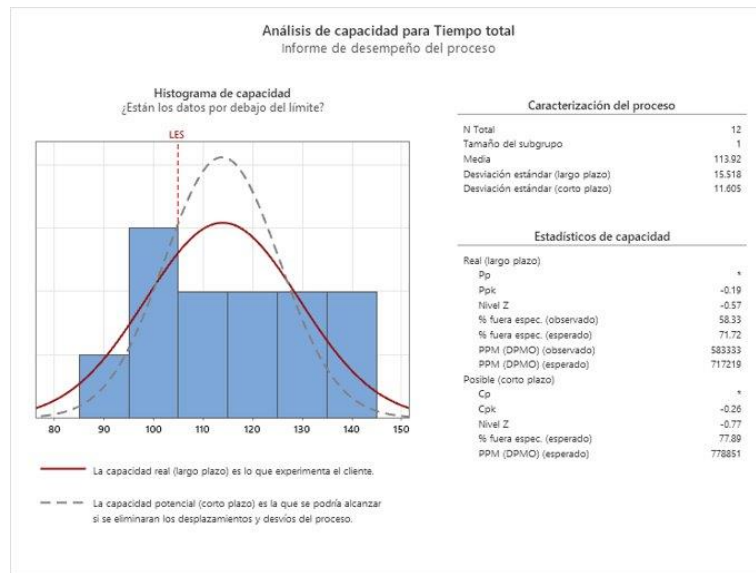
Figura 11 Gráfico de Control I-MR para el tiempo del proceso de limpieza.



Luego procedemos a realizar el análisis de capacidad como se aprecia en la Figura 12 donde se puede observar que existe un sesgo hacia la derecha con un 77,89% de datos fuera de especificación, ya que el límite superior establecido es el peor de los casos en el análisis para definir del objetivo SMART que consiste en la reducción de la brecha en un 50%, con un

valor de 1.75 horas, además se observa un $C_{pk} = -0.26$ es decir que estadísticamente el proceso no es capaz, por lo tanto se requieren realizar mejoras.

Figura 12 *Análisis de Capacidad del proceso*



2.2.4 Estratificación

A partir de la elaboración del plan de recolección se establecieron dos factores principales para estratificar el problema y durante la recolección de datos se añadió uno más. Los cuales son: Por supervisor o grupo de trabajo, por área y por actividades.

- Por supervisor

En el área de producción existen dos supervisores, los cuales tienen su grupo de trabajo y rotan cada semana en los dos turnos existentes. Se tomaron los datos del tiempo de limpieza por supervisor y se realizó un Diagrama de Pareto (Figura 13) para determinar si en alguno de los dos pisos se invierte mayor tiempo al momento de realizar el proceso limpieza.

Figura 13: Diagrama de Pareto para estratificación por Supervisor

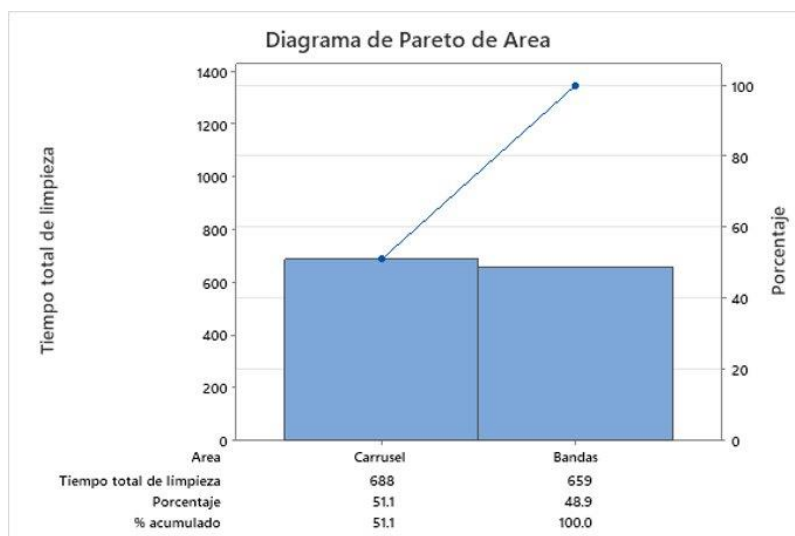


Como podemos observar en la Figura 13 no existe una diferencia significativa entre los tiempos de limpieza clasificados por supervisor. Por tanto, se descarta y continuamos con el siguiente factor.

- Por área

En el presente proyecto se han estimado dos áreas que son Carrusel y Bandas, se realizó el diagrama de Pareto para determinar si en alguna de las dos áreas se invierte mayor tiempo. Y como se aprecia en la Figura 14 no existe diferencia significativa para estratificar el problema.

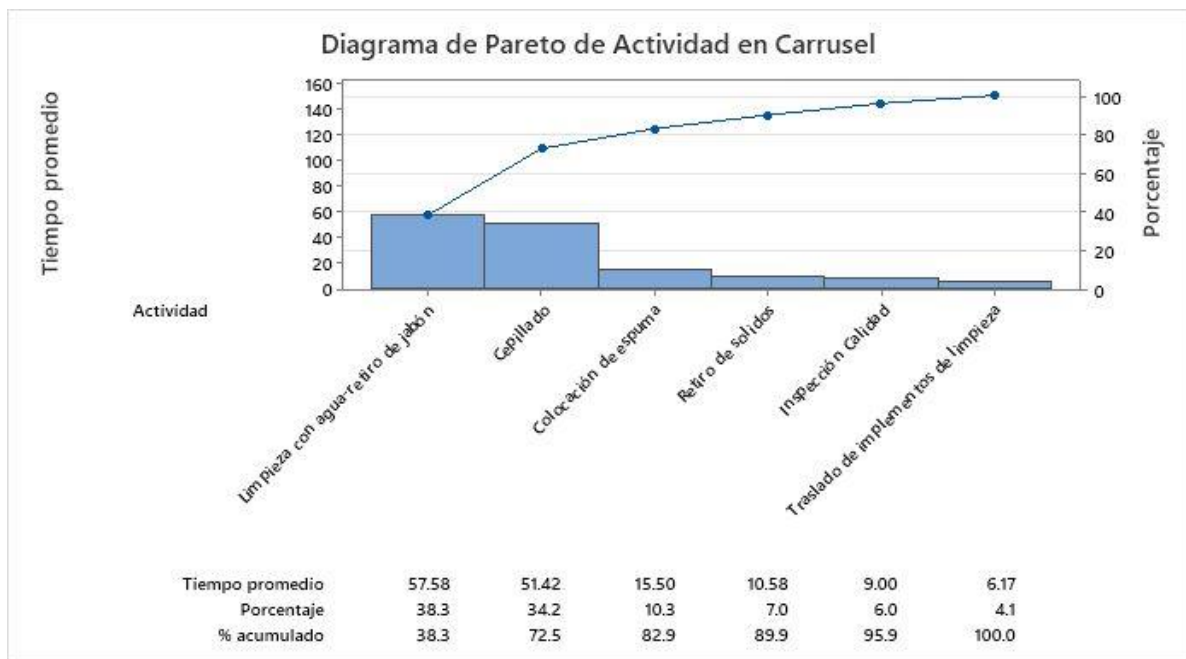
Figura 14 Diagrama de Pareto para estratificación por Área



- Por actividades

Finalmente, se elaboró el diagrama de Pareto clasificando el tiempo por actividades realizadas durante el proceso de acuerdo con la Figura 15, en el cual se observan dos actividades que representan el 73.8% del tiempo total de lavado. Por ello se seleccionan estas dos actividades para enfocar el problema.

Figura 15 Diagrama de Pareto para estratificación por Actividad



2.2.5 Problemas enfocados

De acuerdo con la estratificación realizada en la sección anterior, pudimos encaminar el problema principal en dos problemas enfocados. Los cuales son:

Y1: El tiempo de lavado (lavado con manguera) representa el 38% del tiempo de limpieza de la línea de producción de banano congelado, esto es en promedio 0.95 horas, cuando existe evidencia que se puede realizar en 0.6 horas.

Y2: El tiempo de cepillado representa el 34 % del tiempo de limpieza de la línea de producción de banano congelado, esto es en promedio 0.86 horas, cuando existe evidencia de que se puede realizar en 0.65 horas.

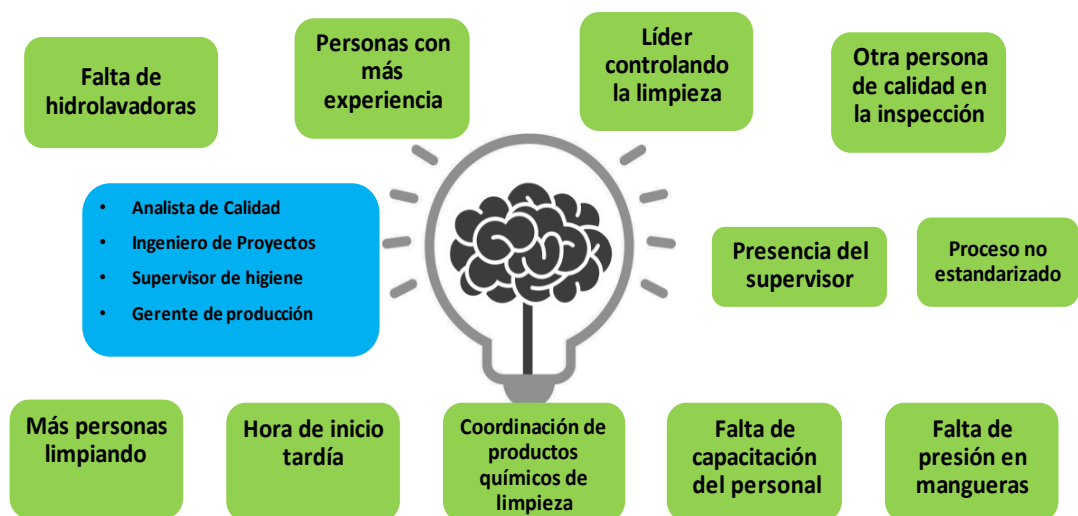
2.3 Análisis

La etapa de análisis se enfoca en definir las causas principales de los problemas definidos en la sección 2.2.5, y proponer soluciones factibles que se puedan implementar y controlar. Para ello se pidió la colaboración de los clientes internos que mediante entrevistas y reuniones dejaron ver su punto de vista ante estos problemas.

2.3.1 Problema enfocado 1

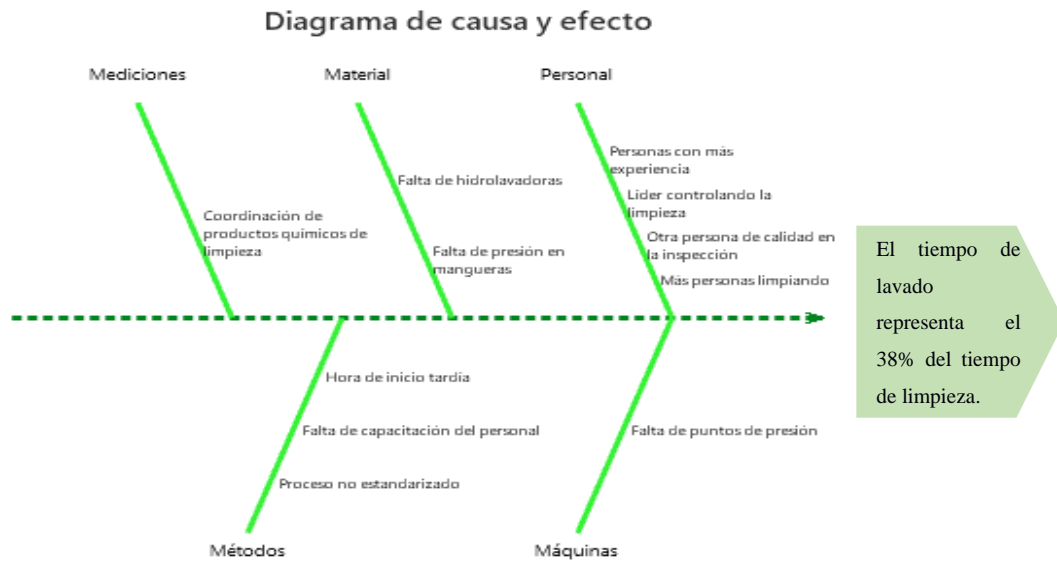
2.3.1.1 Causas. Para determinar las causas del tiempo elevado durante el lavado con manguera, se utilizó la técnica de lluvia de ideas, donde las personas implicadas en el proceso expresaron sus ideas y comentarios. En la Figura 16 podemos observar las posibles causas expresadas.

Figura 16 Lluvia de ideas sobre las causas del problema enfocado Y1



2.3.1.2 Diagrama de causas y efecto. Mediante el diagrama de Ishikawa podemos comprender en qué categoría se agrupan las potenciales causas para tener mayor claridad hacia dónde dirigir el análisis.

Figura 17 Diagrama de Ishikawa de problema enfocado Y1: tiempo de lavado con manguera



Y como se puede observar en la Figura 17 las causas se enfocan en el método y la mano de obra, sin embargo se deben evaluar de acuerdo con las consideraciones de las personas implicadas en el proceso.

2.3.1.3 Ponderación de causas. Las causas fueron sometidas a evaluación por los expertos, que en este caso fueron un analista de calidad, dos ingenieros de proyectos, un supervisor de higiene y el gerente de producción, tal como se observa en la Tabla 2 *Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y1* Tabla 2, donde calificaron en base a lo mostrado en la Tabla 3

Tabla 2 Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y1

#	Causas	Analista de Calidad	Ingeniero de Proyectos	Supervisor de Higiene	Ingeniero de Proyectos	Gerente de producción	Ponderación	Porcentaje
1	Falta de equipo	1	3	1	9	9	1	2%
2	Proceso no estandarizado	3	9	3	3	3	3	7%
3	Más personas limpiando	3	9	9	3	9	9	20%

4	Personas con más experiencia	9	1	3	9	3	9	20%
5	Hora de inicio tardía	0	3	1	0	1	0	0%
6	Líder controlando la limpieza	9	9	9	9	1	9	20%
7	Otra persona de calidad en la inspección	9	3	9	3	3	3	7%
8	Presencia del supervisor	9	3	9	9	1	9	20%
9	Coordinación de productos químicos de limpieza	9	9	3	3	3	3	7%
10	Falta de hidro lavadoras	9	3	9	3	9	9	20%
11	Falta de capacitación del personal	3	1	9	1	9	1	2%
12	Falta de punto de presión	3	3	1	9	1	3	7%

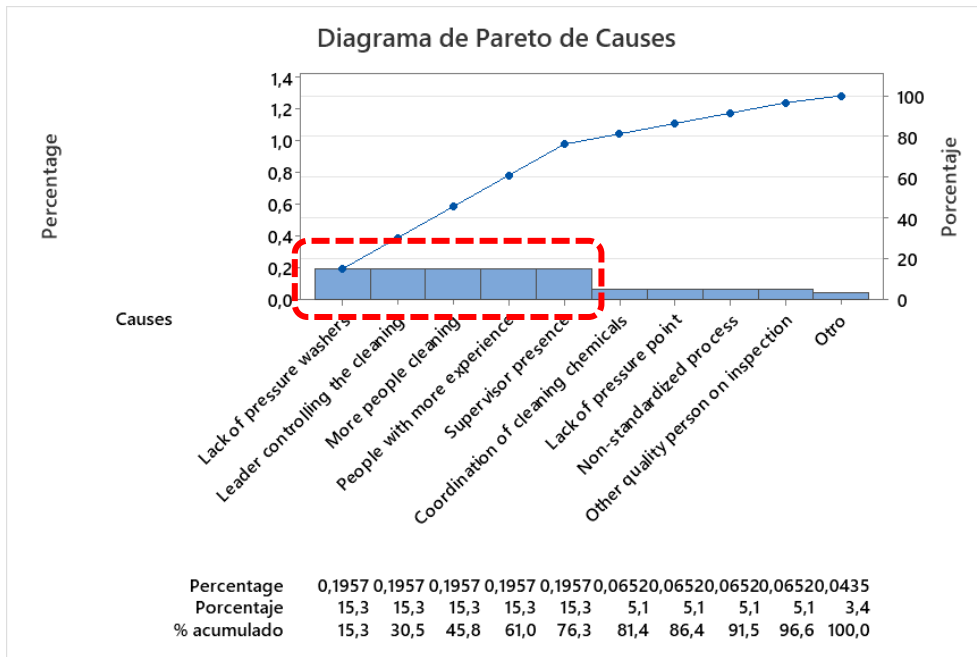
Tabla 3 Descripción de Ponderaciones.

Descripción	Valor
No tiene influencia	0
Poca influencia	1
Mediana influencia	3
Alta influencia	9

A partir de las ponderaciones realizadas se obtuvo la moda de cada causa y el porcentaje de ponderación. Con estos valores se construyó un diagrama de Pareto para seleccionar las causas con mayor porcentaje de influencia en el problema, y como observamos en la Figura 18 se determinaron cinco causas potenciales, que son:

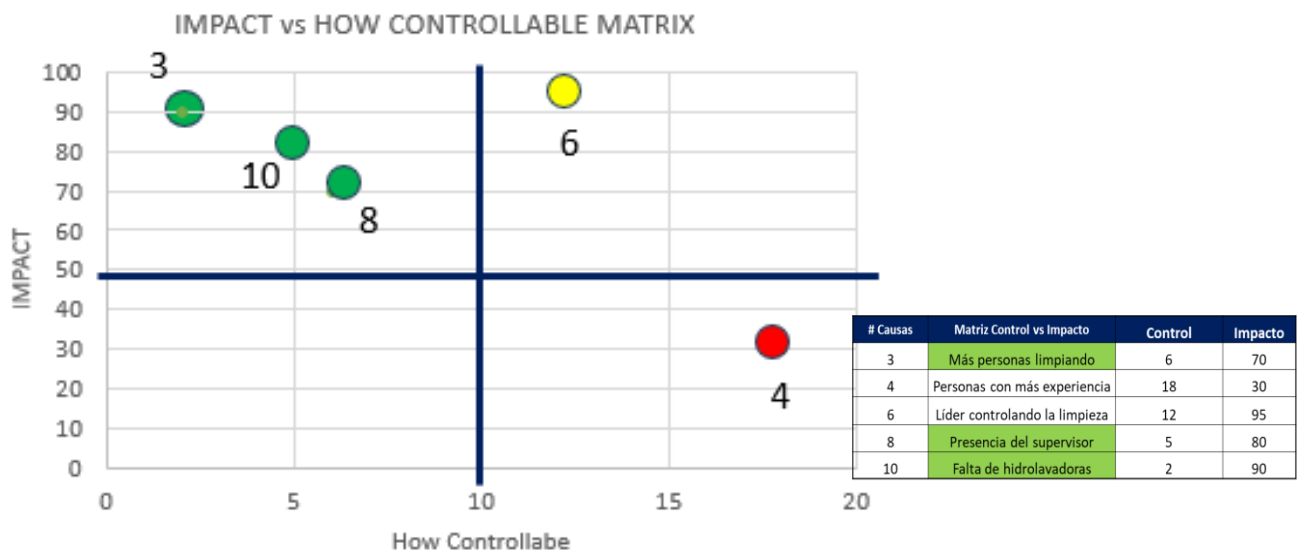
- Más personas limpiando
- Personas con más experiencia
- Líder controlando la limpieza
- Presencia del supervisor
- Falta de hidro lavadoras

Figura 18 Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado Y1.



Posteriormente a estas cinco causas, les evaluamos que tanto impacto tienen en el problema y que tan controlables podían ser y obtuvimos el siguiente resultado mostrado en la Figura 19 donde pudimos valorar a las causas 3, 10 y 8 como las de mayor impacto y menor dificultad.

Figura 19 Matriz de Impacto vs Dificultad de causas de Y1



2.3.1.4 Plan de verificación de causas. Una vez filtradas las causas potenciales se procede a elaborar el plan de verificación de causas, donde se verifica que efectivamente, las causas seleccionadas afectan al proceso. En la Tabla 4 se detalla el plan de verificación elaborado.

Tabla 4 *Plan de Verificación de causas del problema enfocado Y1*

# Causa	Causas Potenciales	Teoría sobre el impacto	Cómo verificar	Estado
3	Más personas limpiando	Cuanta más gente limpie, menos tiempo les llevará el lavado (enjuague).	Datos tomados, 5 porqués	Completado
8	Presencia del supervisor	Si el supervisor está en el proceso de limpieza, los operadores tardan menos tiempo en limpiar.	Datos tomados, 5 porqués	Completado
10	Falta de hidro lavadoras	Si la presión en las mangueras fuera mayor, se limpiaría más rápido	Gemba	Completado

2.3.1.5 Verificación de causas. Para verificar las causas se siguió el plan de verificación y se tomaron datos para las dos primeras causas.

- Número de personas en la actividad de lavado con manguera. Se desea verificar si el número de personas que realizan esta actividad influye significativamente en el problema con la restricción de que solo pueden manguerear 4 personas debido al número de mangueras disponibles, por lo tanto realiza una comparación entre las dos muestras. En promedio existe una diferencia de 13.9 min, la cual estadísticamente según la prueba t-student para diferencia de medias de la Figura 21 no es significativa,

sin embargo de acuerdo con el cliente, representaría una reducción de 10 minutos en el proceso, por tanto se requiere llegar a la causa raíz.

Figura 20 Tiempo promedio de lavado según el número de personas

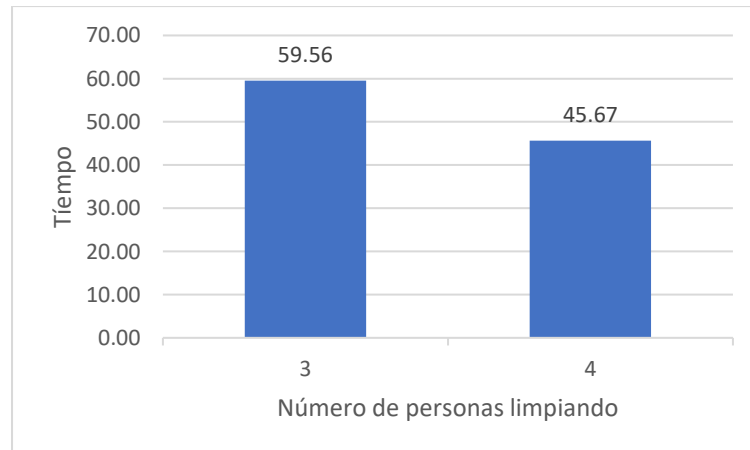


Figura 21 Prueba t-student para diferencia de medias.

Método

μ_1 : media de población de Lavado cuando Numero de personas Lavado = 3
 μ_2 : media de población de Lavado cuando Numero de personas Lavado = 4
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Lavado

Numero de personas Lavado	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
3	9	59.6	10.1	3.4
4	3	45.7	10.0	5.8

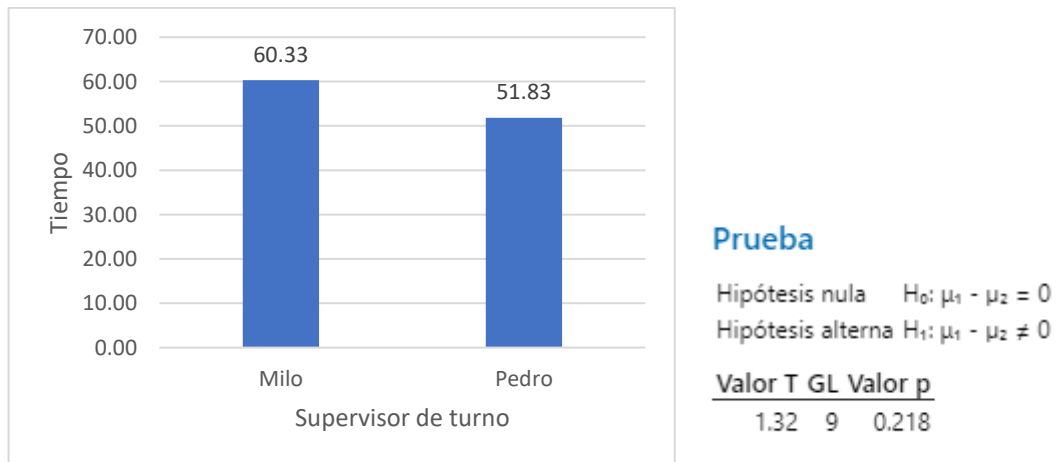
Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
2.07	3	0.130

- Presencia del supervisor. En esta prueba se ha comparado el tiempo de lavado de acuerdo con el supervisor de turno, puesto que hemos evidenciado que uno de los supervisores siempre está al pendiente del proceso y el otro supervisor no siempre. En este caso se compararon las medias y la diferencia no es muy significativa. Por tanto se descarta la causa.



- La tercera causa referente a la falta de hidro lavadoras durante el lavado, se puede evidenciar en sitio y podemos demostrar que realmente hacen falta puesto que los operadores deben reducir el diámetro de la manguera con el dedo para aumentar la presión del agua tal como se evidencia en la Figura 22.

Figura 22 Operador realizando lavado en el área del carrusel.



2.3.1.6 Análisis de causa raíz

A partir de las causas verificadas se elaboró un análisis de los 5 por qué, como se observa en Tabla 5 y Tabla 6 para encontrar las causas raíz.

Como resultado en la Tabla 5 se obtuvo que hay poca gente limpiando por:

- Fallas en la planificación del personal y
- Ausentismo de los trabajadores.

Mientras que en la Tabla 6 se indica que la falta de hidro lavadoras se debe a la Falta de coordinación y presupuesto.

Tabla 5 *Análisis de Causa raíz para la causa Faltan personas en lavado.*

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis
¿Por qué hay poca gente limpiando?	SÍ	¿Por qué dependen de la producción del día?	SÍ	¿Por qué van a otra línea de producción?	SÍ
Dependen de la producción del día		Porque van a otra línea de producción.		Debido a fallas en la planificación del personal	
Porque hay menos gente que en otros días	SÍ	¿Por qué hay menos gente que en otros días?	SÍ		
		Por porcentaje de ausentismo			

Tabla 6 *Análisis de Causa raíz para la causa Faltan hidro lavadoras.*

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis
¿Por qué no hay hidro lavadoras?	SÍ	¿Por qué no se han hecho pruebas en los que tienen en el almacén?	SÍ	¿Por qué no hay puntos de presión en la línea?	SÍ
Porque no han probado los que tienen en el almacén.		Debido a la falta de puntos de presión.		Por falta de coordinación y presupuesto.	

2.3.2 Problema enfocado 2

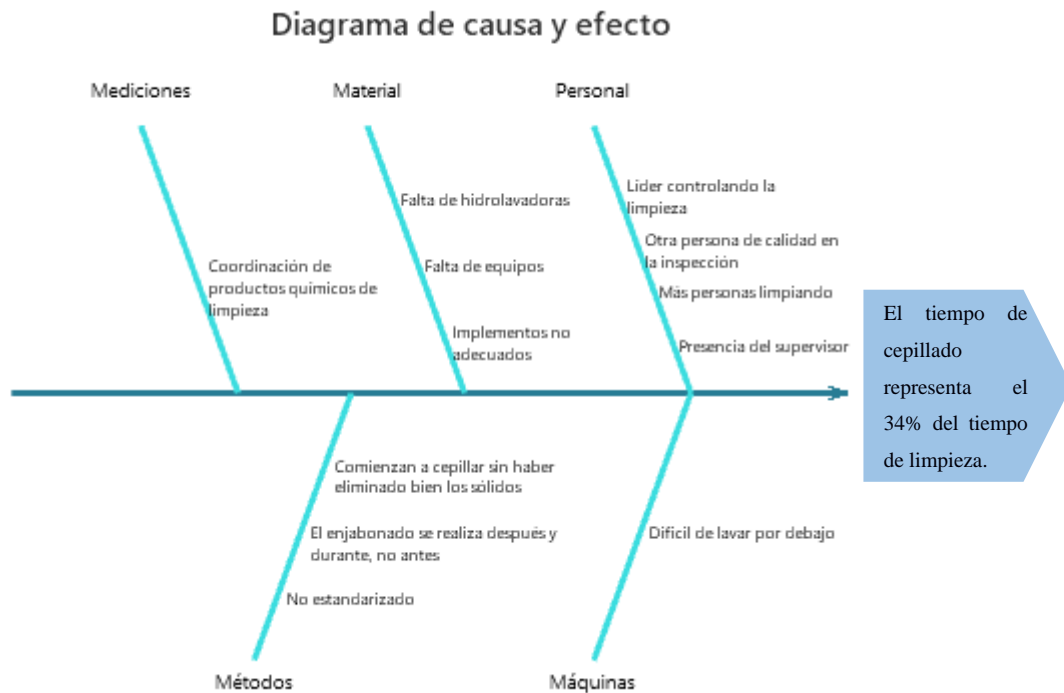
2.3.2.1 Causas. Para determinar las causas del tiempo elevado durante el cepillado, se utilizó la técnica de lluvia de ideas, donde las personas implicadas en el proceso expresaron sus ideas. Tal como se puede observar en la Figura 23

Figura 23 Lluvia de ideas sobre las causas del problema enfocado Y2



2.3.2.2 Diagrama de causas y efecto. Mediante el diagrama de Ishikawa podemos comprender en qué categoría se agrupan las potenciales causas para tener mayor claridad hacia dónde dirigir el análisis.

Figura 24 Diagrama de Ishikawa de problema enfocado Y2



En este caso podemos observar que también las causas se enfocan en el personal y en el método.

2.3.2.3 Ponderación de causas.

Las causas fueron sometidas a evaluación por los expertos, que en este caso fueron un analista de calidad, dos ingenieros de proyectos, un supervisor de higiene y el gerente de producción, tal como se observa en la Tabla 7 Tabla 2 *Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y1*, donde calificaron en base a lo mostrado en la Tabla 3

Tabla 7 Tabla de Ponderación de causas para el problema enfocado Y2

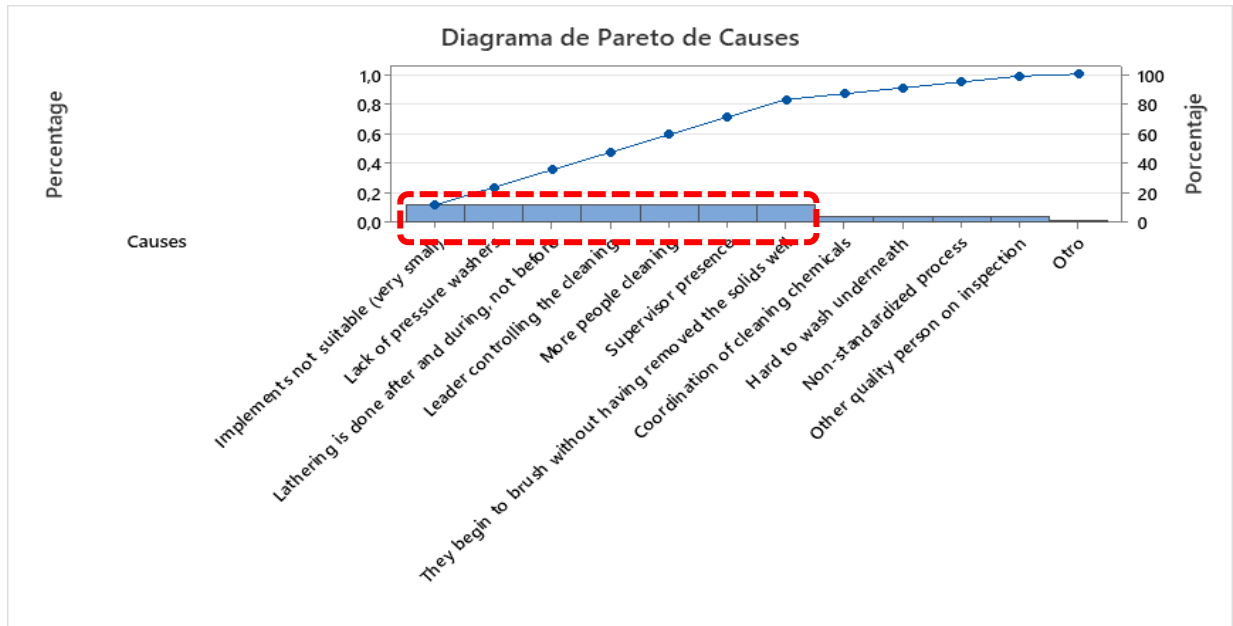
#	Causas	Analista de Calidad	Ingeniero de Proyectos	Supervisor de higiene	Ingeniero de Proyectos	Gerente de producción	Ponderación	Porcentaje
1	Falta de equipo	1	3	1	9	9	1	1%
2	Proceso no estandarizado	3	9	3	3	3	3	4%
3	Más personas limpiando	3	9	9	3	9	9	12%
4	Líder controlando la limpieza	9	9	9	9	1	9	12%

5	Otra persona de calidad en la inspección	9	3	9	3	3	3	4%
6	Presencia del supervisor	9	3	9	9	1	9	12%
7	Coordinación de productos químicos de limpieza	9	9	3	3	3	3	4%
8	Falta de hidro lavadoras	9	3	9	3	9	9	12%
9	Difícil de lavar por debajo	3	1	9	3	1	3	4%
10	Implementos no adecuados (muy pequeños)	9	3	9	1	9	9	12%
11	El enjabonado se realiza después y durante, no antes	9	3	1	9	3	9	12%
12	Comienzan a cepillar sin haber eliminado bien los sólidos	3	3	9	9	9	9	12%

De acuerdo con las ponderaciones realizadas se obtuvo la moda de cada causa y el porcentaje de ponderación. Con estos valores se construyó un diagrama de Pareto para seleccionar las causas con mayor porcentaje de influencia en el problema, y como observamos en la Figura 25 se determinaron siete causas potenciales, que son:

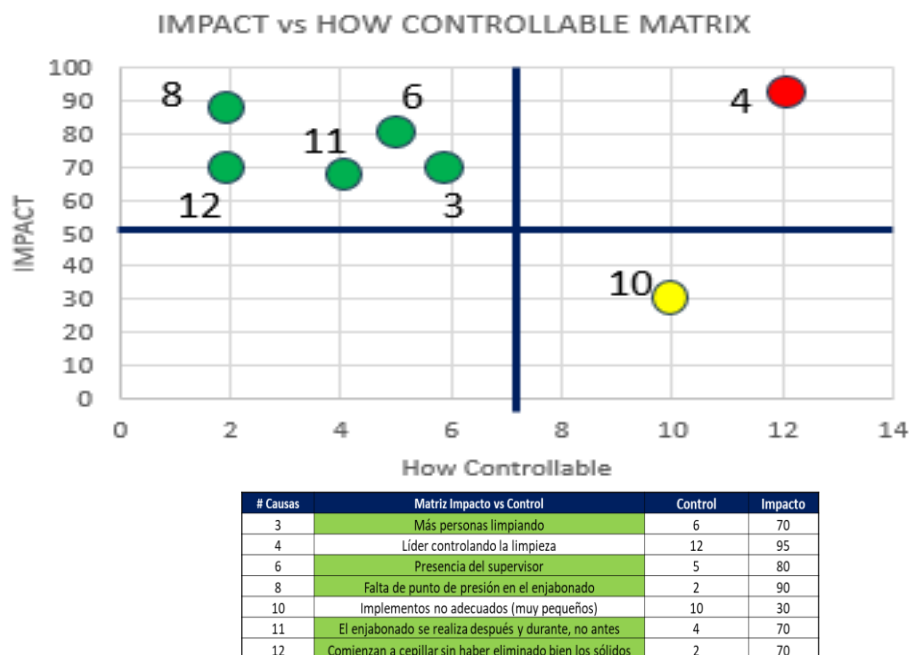
- Más personas limpiando
- Líder controlando la limpieza
- Presencia del supervisor
- Falta de hidro lavadoras
- Implementos no adecuados (muy pequeños)
- El enjabonado se realiza después y durante, no antes
- Comienzan a cepillar sin haber eliminado bien los sólidos.

Figura 25 Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado Y2.



Posteriormente a partir de estas 7 causas, evaluamos que tanto impacto tienen en el problema y que tan controlables podían ser y obtuvimos el siguiente resultado mostrado en la donde pudimos valorar a las causas 3, 6, 8, 11 y 12 como las de mayor impacto y menor dificultad.

Figura 26 Matriz de Impacto vs Dificultad de causas de Y2



2.3.2.4 Plan de verificación de causas. Luego de depurar las causas potenciales se procede a elaborar el plan de verificación de causas, donde se verifica que efectivamente, las causas seleccionadas afectan al proceso. En la Tabla 8 se detalla el plan de verificación elaborado.

Tabla 8 *Plan de Verificación de causas del problema enfocado Y2*

# Causa	Causas Potenciales	Teoría sobre el impacto	Cómo verificar	Estado
3	Más personas limpiando	Cuanta más gente limpie, menos tiempo les llevará cepillar	Datos tomados, 5 porqués	Completado
6	Presencia del supervisor	Si el supervisor está en el proceso de limpieza, los operadores tardan menos tiempo en limpiar.	Datos tomados, 5 porqués	Completado
8	Falta de hidro lavadoras	Si la presión en las mangueras fuera mayor, se limpiaría más rápido	Gemba	Completado
11	El enjabonado se realiza después y durante, no antes	La falta de un proceso estandarizado provoca que no haya orden en la limpieza.	Gemba	Completado
12	Comienzan a cepillar sin haber eliminado bien los sólidos	La falta de un proceso estandarizado provoca que no haya orden en la limpieza.	Gemba	Completado

2.3.2.5 Verificación de causas. Para verificar las causas se siguió el plan de verificación y se tomaron datos para las dos primeras causas.

- Número de personas en la actividad Cepillado. Se desea verificar si el número de personas que realizan esta actividad influye significativamente en el problema, sin

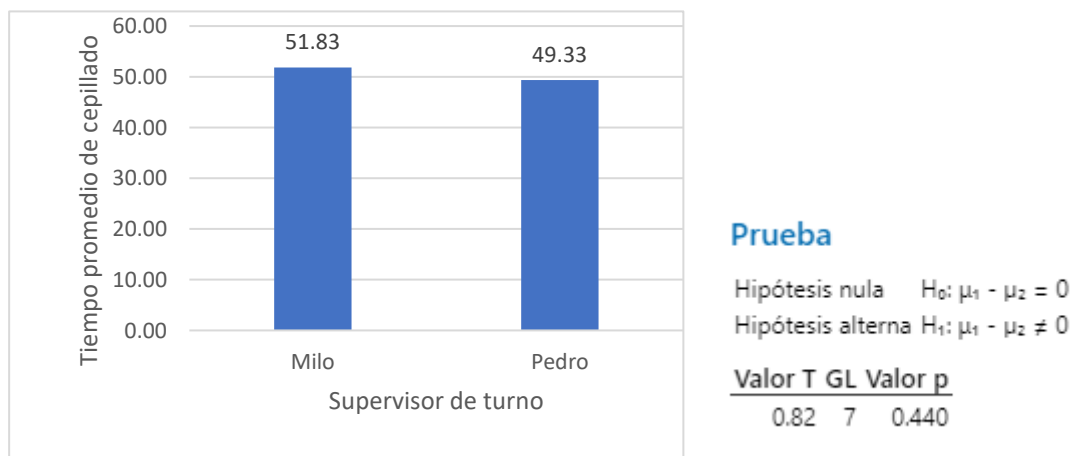
embargo en la tabla podemos observar que en los datos tomados hay variabilidad en el número de personas y el tiempo promedio empleado en la actividad es más alto cuando hay más personas. Por tanto no se puede verificar que esta sea una causa.

Tabla 9 Tiempo promedio de cepillado de acuerdo con el número de personas involucradas.

# personas	Promedio de Cepillado (min)
5	48
7	48.33
10	43
11	51
12	50

- Presencia del supervisor. En esta prueba se ha comparado el tiempo de cepillado de acuerdo con el supervisor de turno, al igual que en la actividad de lavado. En este caso se compararon las medias y la diferencia de estas no es significativa. Por tanto se descarta la causa.

Figura 27 Diferencias de medias para tiempo de cepillado por supervisor de turno



- Falta de hidro lavadoras. Esto se puede evidenciar en sitio y podemos demostrar que realmente hacen falta puesto que los operadores deben reducir el diámetro de la manguera con el dedo para aumentar la presión del agua tal como se evidencia en la

Figura 22. Al ejercer más presión de agua al momento de retirar sólidos y enjuagar, el tiempo y el esfuerzo de cepillar se reduciría.

- El enjabonado se realiza después y durante, no antes. Esto se puede evidenciar en sitio donde se observa en la Figura 28 que el enjabonado a presión se realiza mientras se está cepillando y no después como debería hacerse con el fin de que con la espuma se remuevan micro sólidos pegados en las superficies y hacer más fácil y rápido el cepillado.

Figura 28 Captura de video, donde se evidencia la causa: enjabonado durante el cepillado.



- Comienzan a cepillar sin haber eliminado bien los sólidos. Esto también se ha evidenciado en sitio. Y se puede apreciar en la Figura 29 que el operador aún está retirando sólidos cuando el otro operador ya se dispone a recoger los elementos de cepillado (tachos con cepillos).

Figura 29 Captura de video, donde se evidencia la causa: cepillado sin terminar de retirar sólidos



2.3.2.6 Análisis de Causa raíz.

A partir de las causas verificadas se elaboró un análisis de los 5 por qué, como se observa en Tabla 10 Tabla 5 y Tabla 11 para encontrar las causas raíz.

Como resultado en la Tabla 10 se obtuvo que los operadores empiezan a cepillar antes de enjabonar porque:

- Solo hay un punto de presión en la línea, es decir que solo una máquina enjabonadora puede funcionar.
- Porque no recibieron capacitación sobre el proceso de limpieza en la línea.

Mientras que en la Tabla 11 se indica que los operadores empiezan a cepillar sin haber retirado completamente los sólidos porque:

- Falta de puntos de agua para retirar sólidos más rápido.
- Empiezan a limpiar tarde y tienen prisa.

Tabla 10 *Análisis de Causa raíz para la causa cepillado antes de enjabonar*

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acciones
¿Por qué no se enjabona antes de cepillar?		¿Por qué tienen que esperar a que terminen de usar la enjabonadora en las otras áreas?		¿Por qué solo hay una enjabonadora por línea?		
	Si		Si		Si	
Porque se espera que terminen de usar la enjabonadora en las otras áreas.		Porque solo hay una enjabonadora por línea.		Porque solo hay un punto de presión en la línea.		Coordinar con proyectos para instalar otro punto de presión en la línea.
Porque los operadores desconocen el proceso de limpieza.	Si	¿Por qué los operadores desconocen el proceso de limpieza?				
		Porque no recibieron capacitación sobre el proceso de limpieza en la línea.	Si			Llevar a cabo una capacitación general sobre el proceso de limpieza.

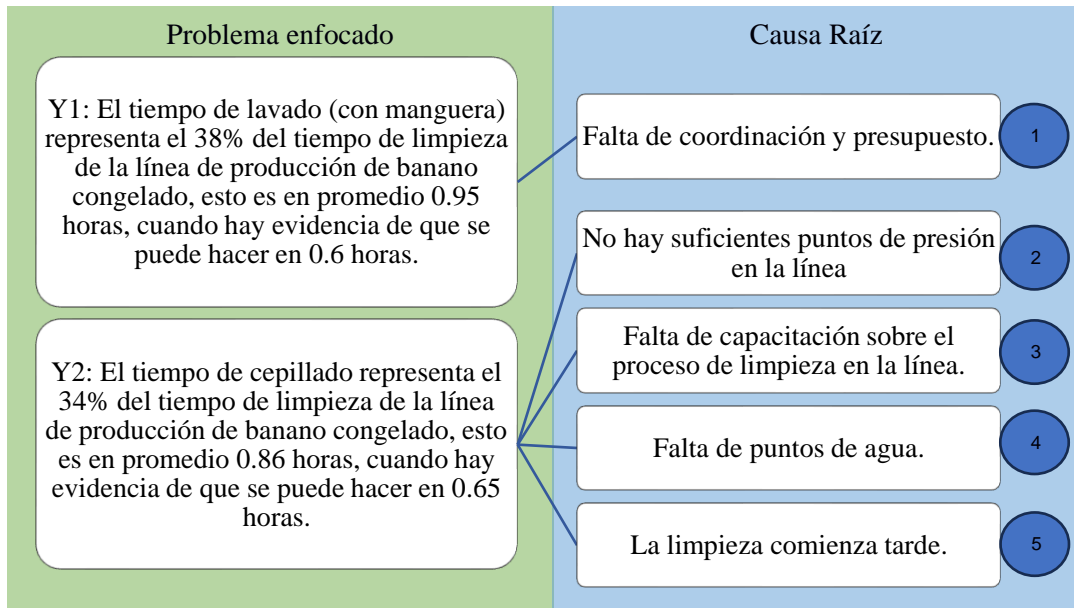
Tabla 11 *Análisis de Causa raíz para la causa cepillado sin retiro total de sólidos.*

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Acción
¿Por qué empiezan a cepillar sin haber eliminado bien los sólidos?	Si	¿Por qué quieren avanzar en el proceso?	Si	¿Por qué es necesario terminar la limpieza?	Si	¿Por qué tienen prisa en el proceso?	Si	

		a a tiempo ?		
Por querer avanzar en el proceso		Para terminar la limpieza a tiempo	Porque comienza el otro turno, y tienen que limpiar.	Hay que empezar a limpiar a la hora establecida por la producción.
Debido a la falta de mangueras	Si	¿Por qué no hay mangueras?		
		Debido a la falta de puntos de agua	Si	Coordinar con proyectos para instalar otro punto de agua en la línea.

De acuerdo con lo socializado con el cliente clave en esta etapa, se descarta el análisis de las causas raíz: “Fallas en la planificación del personal” y “Porcentaje de ausentismo” en el presente proyecto, puesto que la empresa estudiaría estas causas más a fondo. Por lo tanto, se presenta un resumen de los problemas enfocado con las causas raíz a ser analizadas en la Figura 30.

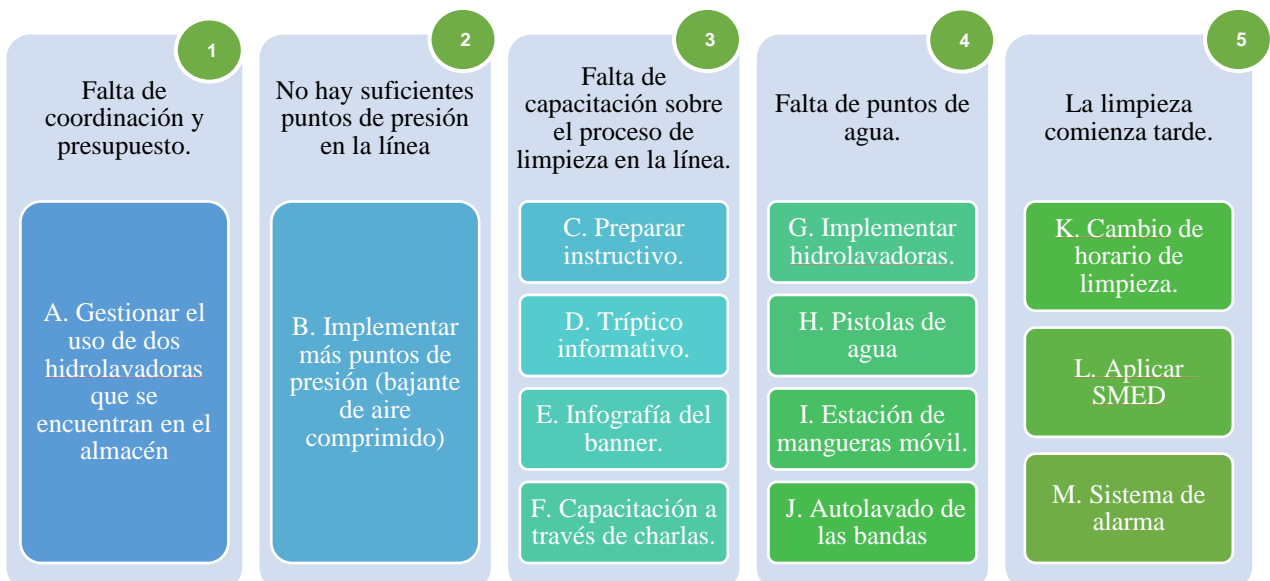
Figura 30 Resumen de problemas enfocados y sus causas raíz



2.4 Mejora

Luego de definir las causas raíz, se proponen potenciales mejoras para erradicar estas causas. Por ello, para definir las soluciones a implementar se realizaron reuniones con los clientes, donde se propusieron ideas y se definió la factibilidad de estas para poder ser implementadas. En la Figura 31 se presentan las causas raíz y sus posibles soluciones.

Figura 31 Soluciones propuestas en Brainstorming con los clientes.



2.4.1 Evaluación de soluciones

Para las causas 1 y 2 de la Figura 31, las soluciones fueron directas al existir solo una, en cambio, para las causas 3, 4 y 5 se realizó una evaluación de priorización de soluciones de acuerdo a tres factores: costo, tiempo y complejidad, refiriéndose este último, al número de áreas de debieran aprobar la implementación de la solución a evaluar. Dicha evaluación, tiene tres ponderaciones, como se puede apreciar en la Tabla 12, donde 3 es el peso más bajo y 1 el peso más alto, es decir que mientras mayor peso o puntaje obtiene la solución es menos difícil de implementación.

Tabla 12 Criterios para evaluar las soluciones

Peso	Presupuesto (\$)	Tiempo (días)	Complejidad (#áreas)
3=low	\$0 -\$200	1-15	0-1
2=médium	\$201-\$600	15-31	2-4
1=high	\$601-inf	32-inf	5-inf

Para la causa número 3 “Falta de capacitación sobre el proceso de limpieza en la línea.”, tal como se observa en la Tabla 13, se propusieron cuatro soluciones, las cuales han sido evaluadas en función de los criterios mencionados en la Tabla 12, donde se asignó el puntaje de 8 para las soluciones C, D y E puesto que su implementación no es compleja y el cliente estuvo de acuerdo en aplicar las tres soluciones para lograr un impacto mayor en la capacitación del personal

Tabla 13 Evaluación de la causa N° 3 “Falta de capacitación sobre el proceso de limpieza”.

Lit.	Solución	Presupuesto (\$)	Hora (Días)	Complejidad (# áreas)	Peso
C	Elaborar un instructivo.	3	3	2	8
D	Presentar un tríptico informativo a los operadores.	3	3	2	8
E	Infografía en un banner.	3	3	2	8

F	Formación a través de charlas	2	3	1	6
---	-------------------------------	---	---	---	---

La evaluación de soluciones para la causa numero 4 “ Falta de puntos de agua”, presentada en la Tabla 14 se realizó utilizando los criterios mencionados en la Tabla 12, donde se seleccionaron las soluciones G y H, puesto que en este caso las hidro lavadoras se encontraban en la compañía pero no se había implementado su uso, se ponderó un costo de \$0. Considérese también que la solución G es equivalente a la solución A mencionada en la Figura 31.

Tabla 14 Evaluación de la causa N° 4 “Falta de puntos de agua”.

Lit.	Solución	Presupuesto (\$)	Hora (Días)	Complejidad (# áreas)	Peso
G	Implementar hidrolavadoras	3	3	3	9
H	Pistolas de agua para las mangueras	1	3	3	7
I	Estación móvil de mangueras	2	1	2	5
J	Sistema de autolavado para las bandas	1	1	2	4

Finalmente, la evaluación de las soluciones para la causa número 5 “La limpieza empieza tarde” que se encuentra en la Tabla 15, al igual que las evaluaciones anteriores utilizó los criterios mencionados en la Tabla 12, y se seleccionó la solución L, que consiste en aplicar la metodología SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que es una técnica que permite reducir tiempos de preparación.

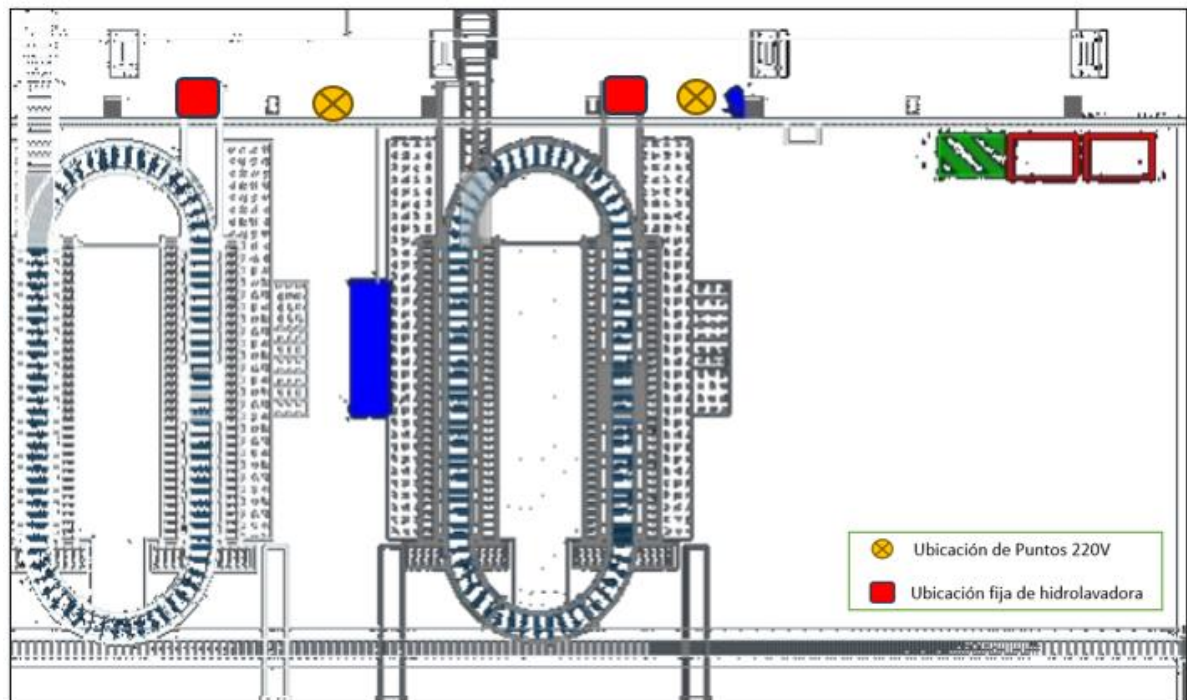
Tabla 15 Evaluación de la causa N° 5 “La limpieza empieza tarde”.

Lit.	Solución	Presupuesto (\$)	Hora (Días)	Complejidad (# áreas)	Peso
K	Cambio de horario de limpieza	1	2	1	4
L	Aplicación de SMED	3	3	3	9
M	Aplicar un sistema de alarma para informar el fin de la limpieza	2	2	2	6

2.4.2 Diseño de Soluciones Seleccionadas.

2.4.2.1 Soluciones A y G: Gestionar uso de hidro lavadoras. En primera instancia se gestionó por medio del jefe de producción que el área de mantenimiento evalúe la ubicación de los puntos eléctricos de 220 voltios, donde se colocarían los tomacorrientes para conectar las hidro lavadoras, ya que estos puntos debían ser en sitios donde no haya exposición al agua. Véase Apéndice E . También se realizó la solicitud a bodega para poder sacar dos hidro lavadoras, cuya especificación técnica se muestra en el Apéndice D. A continuación, en la se pueden observar la ubicación de los puntos eléctricos y el posible lugar fijo para las ubicar las hidro lavadoras.

Figura 32 Plano de ubicación de los puntos eléctricos para uso de hidro lavadoras.

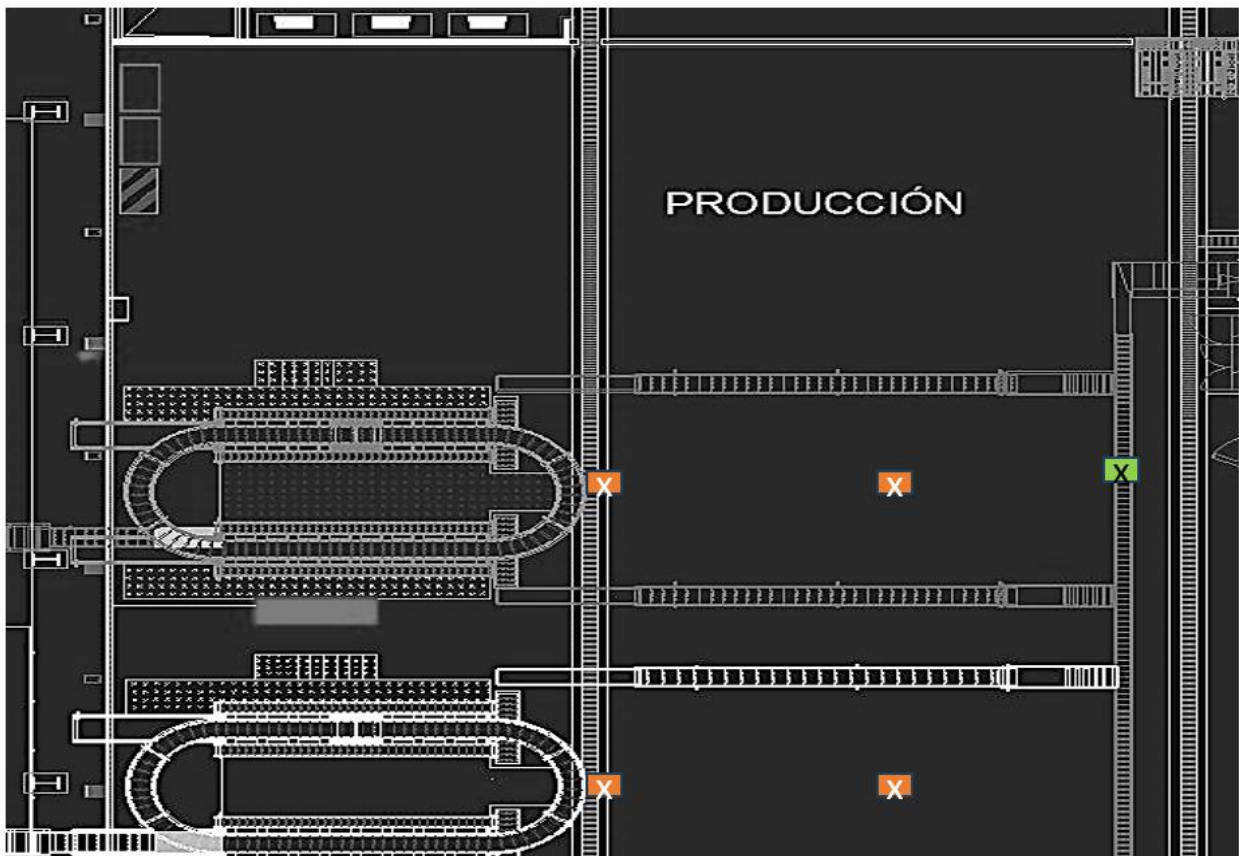


2.4.2.2 Solución B: Instalar bajantes de aire comprimido. Consiste en la instalación de un sistema de tuberías que transportan aire comprimido, Figura 33, las cuales se conectarán a las máquinas espumadoras y estarán ubicadas en la planta como se muestra en la Figura 34, donde están marcadas de color naranja.

Figura 33 Imagen referencial de un sistema de bajantes de presión.




Figura 34 Plano de la planta donde se muestra la ubicación de las bajantes de presión



2.4.2.3 Solución C: Elaborar un instructivo. Esta implementación permite estandarizar el proceso de limpieza, estableciendo un procedimiento para realizarlo, encasillando las actividades por etapas, estableciendo responsabilidades y seleccionando las actividades previas a

la limpieza que sean determinadas en el SMED presentado en el apartado 2.4.2.7 del presente documento.

Figura 35 Instructivo del proceso de limpieza a fin de turno en las áreas de pelado y maquillado.




Instructivo: Ejecución de limpieza a fin de turno en las áreas de pelado y maquillado.		Doc ID:	
Autor:	Revisión:	Revisión:	Aprobación:
	Germania Miranda Jefe de Sistemas Integrados de Gestión		Gabriela López Gerente de Calidad y Asuntos Regulatorios
Fecha: 2023-08-23	Fecha: 2023-02-01	Fecha: 2023-02-01	

1. **Objetivo**
 - Dar a conocer los pasos a seguir para ejecutar el proceso de limpieza a fin de turno.
2. **Alcance**
 - 2.1. Este instructivo aplica para operadores designados al proceso de limpieza de fin de turno.
3. **Responsabilidades**
 - 3.1. Todos los colaboradores de SEMVRA deben cumplir y hacer cumplir este procedimiento.
4. **Definiciones:**
5. **Lineamientos**
 - 5.1 Las actividades previas a la limpieza deberán iniciarse mínimo 15 minutos antes de que cese la producción.
6. **Procedimiento**

Actividades previas a la limpieza

Actividad	Responsable	Descripción
1. Preparación de implementos y químicos de limpieza.	Operador asignado/ Operador líder/supervisor	Se alistán todos utensilios que se usarán durante la limpieza de cada área.
2. Traslado	Operador asignado/ Operador líder/supervisor	Se trasladan por grupos los utensilios al área de trabajo antes de terminar el turno de producción.
3. Preparación de maquinaria	Operador asignado/ Operador líder/supervisor	Se ubican las máquinas (hidro lavadoras y espumadoras) en el puesto asignado en cada área, luego se conectan las

Información Confidencial Página 1 de 3



Instructivo: Ejecución de limpieza a fin de turno en las áreas de pelado y maquillado.		Doc ID:	
Autor:	Revisión:	Revisión:	Aprobación:
	Germania Miranda Jefe de Sistemas Integrados de Gestión		Gabriela López Gerente de Calidad y Asuntos Regulatorios
Fecha: 2023-08-23	Fecha: 2023-02-01	Fecha: 2023-02-01	

Actividad	Responsable	Descripción
		mangueras (de agua y aire) y finalmente encienden.

Actividades durante la limpieza

Actividad	Responsable	Descripción
1. Retiro de sólidos	Operador/ Operador líder/supervisor.	Remover los residuos de banana completamente con agua a presión y remojar la superficie. Esta actividad debe realizarse en 11 minutos aproximadamente.
2. Enjabonado	Operador/ Operador líder/supervisor.	Enjabonar las superficies a presión usando la solución de limpieza. Esta actividad debe realizarse en 10 minutos aproximadamente.
3. Cepillado	Operador/ Operador líder/supervisor.	Cepillar con cepillos de cerda dura hasta remover los residuos impregnados en las superficies. Esta actividad debe realizarse en 15 minutos aproximadamente.
4. Enjuague	Operador/ Operador líder/supervisor.	Retirar el jabón completamente con agua a presión. Esta actividad debe realizarse en 27 minutos aproximadamente.
5. Sanitización	Operador/ Operador líder/supervisor.	Verter la cubeta con solución sanitizante en las superficies. Esta actividad debe realizarse en 7 minutos aproximadamente.
6. Liberación	Higienista/ Inspector de calidad.	El higienista o el inspector de calidad realiza la inspección que garantiza la limpieza efectiva de las superficies. Esta actividad debe realizarse en 10 minutos aproximadamente.

7. **Documentos de Referencia**

Información Confidencial Página 2 de 3

2.4.2.4 Solución D: Presentar un tríptico informativo a los operadores. Se elaboró un tríptico con detalle del proceso de limpieza, donde los operadores se puedan informar sobre tal y conocer los tiempos esperados en cada actividad, dicha información está basada en el instructivo realizado como se observa en la Figura 36

Figura 36 Tríptico informativo sobre el proceso de limpieza .

Consejos

1. Utiliza tus epp´s correctamente.
2. Cuida la integridad de los implementos y utensilios de limpieza
3. Reporta y separa los implementos en mal estado.
4. Cumple los tiempos de cada actividad
5. Limpia los implementos al finalizar el proceso
6. Coloca las mangueras en su ubicación original.
7. No despedices el agua, si ves una llave abierta ciérrala.

¡Trabajando juntos en la Mejora Continua y en la Cultura de Seguridad Alimentaria!

Instrucciones para LIMPIEZA en cambio de turno

PLANTA BANANO IQF

¿SABÍAS QUÉ?

Durante la limpieza de banano se consume alrededor de 140 m3 de agua.

¡ESTO EQUIVALE A UNA PISCINA DE TAMAÑO MEDIANO!

RECORDEMOS QUE...

1. La limpieza es necesaria para garantizar productos libres de contaminación
2. Reduciendo solo 5 min de limpieza generas \$60000 extras al año para la empresa.

ETAPAS

01

RETIRO DE SÓLIDOS 11 minutos

Removemos los residuos de banano completamente con agua a presión, y remojaos la superficie.

04

ENJUAGUE 27 minutos

Retiramos el jabón completamente con agua a presión

02

ENJABONADO 10 minutos

Enjabonamos todas las superficies a presión usando la solución de limpieza.

05

SANITIZACIÓN 7 minutos

Verter la cubeta con solución sanitizante en las superficies

03

CEPILLADO 34 minutos

Restregamos con cepillos de cerda dura hasta remover los residuos impregnados en las superficies.

06

LIBERACIÓN 5 minutos

El higienista o el inspector de calidad realiza la inspección que garantice la limpieza efectiva de las superficies.

Recuerda:
Si omites alguna etapa deberás volver al paso 1

2.4.2.5 Solución E: Infografía en un banner. Se elaboró el diseño de un banner informativo para complementar la información brindada en el banner, de esta forma el personal operativo puede acceder de manera permanente a dicha información, ya que estará colocada en una de las paredes cerca de la línea de producción. El banner se diseñó con las medidas 90x180 cm, las cuales corresponden a la medida estándar de un banner mediano y su impresión será en material Vinil + PVC.

Figura 37 Diseño del banner infográfico

ANTES DE LA LIMPIEZA:

- 01** PREPARACIÓN DE IMPLEMENTOS Y QUÍMICOS DE LIMPIEZA.
- 02** TRASLADO DE IMPLEMENTOS Y QUÍMICOS DE LIMPIEZA .
- 03** PREPARACIÓN DE MAQUINARIA

IMPLEMENTOS:

¡Trabajando juntos en la Mejora Continua y en la Cultura de Seguridad Alimentaria!

ETAPAS:

- 01 RETIRO DE SÓLIDOS**
11 minutos
Removemos los residuos de banana completamente con agua a presión, y remoja la superficie.
- ENJABONADO**
10 minutos **02**
Enjabonamos todas las superficies a presión usando la solución de limpieza.
- 03 CEPILLADO**
34 minutos
Restregamos con cepillos de cerda dura hasta remover los residuos impregnados en las superficies.
- ENJUAGUE**
27 minutos **04**
Retiramos el jabón completamente con agua a presión.
- 05 SANITIZACIÓN**
7 minutos
Verter la cubeta con solución sanitizante en las superficies.
- LIBERACIÓN**
5 minutos **06**
El higienista o el inspector de calidad realiza la inspección que garantice la limpieza efectiva de las superficies.

Recuerda:
Si omites alguna etapa deberás volver al paso 1

semvra


Figura 38 Posible ubicación de banner dentro de la planta, marcada en amarillo.



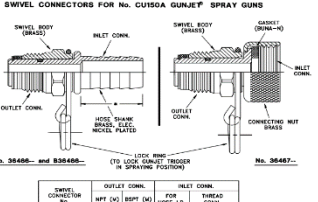
2.4.2.6 Solución H: Pistolas de agua para las mangueras. Se realizó la respectiva cotización a dos proveedores de las pistolas de agua adecuadas, es decir, que sean para uso de grado alimenticio y que sean ergonómicas. Dentro de las especificaciones evaluadas se consideraron el peso de las pistolas y la ubicación de la perilla de riego, y el consumo de agua. En la se presentan las dos cotizaciones con sus respectivas especificaciones.

Figura 39 Cotizaciones realizadas para para la adquisición de pistolas de agua.

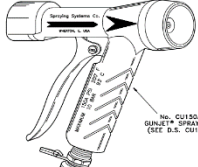
ITEM	DESCRIPCION	CANT	UND	PRECIO	DESC.	P/TOTAL
1	PISTOLA PRESION AGUA 1/2"INOXIDABLE AZUL CALIDAD 304	26	UND	150,00		3.900,00
2	PISTOLA PRESION AGUA 1/2" GALVANIZADA AZUL Cuchillo: Acero Inoxidable/ Galvanizado Sellos: O-rings FPM en cuerpo; Cubierta - Caucho Aislante, anti-deslizante Color Azul Presión de trabajoMax: 34 Bar / 350 PSI Temp. de TrabajoMax: 90°C / 194°F Flujo de FluidoMax: 25 L / min. a 5 bar de presión Pistola de servicio pesado para limpieza de pisos a base de agua a presión, para limpieza sanitaria, donde la presión de trabajo no sobrepase los 350 PSI. Se logra una doble función en un solo modelo de pistola, al presionar el gatillo por un chorro en cono y en spray de 90°. El material de la pistola es de acero inoxidable. Resistente al arrastre y acilada con cubierta de caucho. Chorro y Spray El gatillo de la pistola puede operar en 3 posiciones: 1. Apertur presionado - Chorro en forma de cono de 90° 2. Presionado hasta la mitad. - Chorro en forma de cono de 30° 3. Presionado completo - Chorro completo y grueso Pruebas de goteo Todas nuestras pistolas son sometidas a pruebas de goteo en la fábrica, y esto se hace sucesivamente con la pistola sumergida en agua. Los burbujas aparecen cuando falla el o-ring o este se ha desplazado o cuando hay huecos en cualquier lugar del cuerpo de la pistola. Pruebas de fatiga x 10.000 veces Debido a que el gatillo se va a agrietar vez tras vez, la fábrica conduce en su laboratorio una PRUEBA DE FATIGA al producto terminado, y especialmente cuando se han hecho mejoras en el producto. Según los resultados de las Pruebas, el gatillo se mantiene funcional después de haber sido probado por 10.000 veces.	30	UND	142,00		4.260,00



SWIVEL CONNECTORS FOR No. CU150A GUNJET® SPRAY GUNS



Atención:
Kevin Sisalima



Incoterm: DAP Entrega en Transporte
Forma de Pago: 60 días


Gracias por su interés en nuestros productos y sistemas. Nos complace presentarles la siguiente cotización.

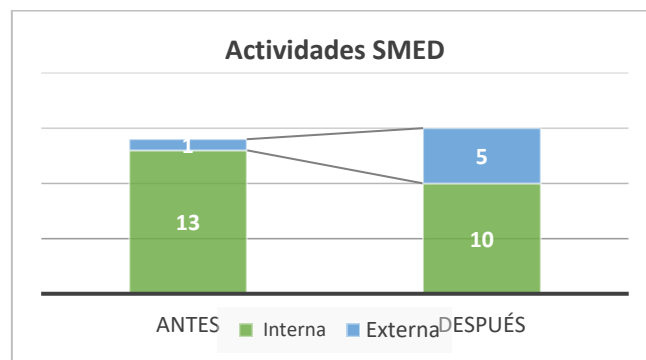
#	Referencia	Descripción	Cant.	Plazo Entrega*	Precio ud. (USD)	Importe (USD)
1	CU150AWC-10	Pistola GunJet o/cubierta blanca Descuento -3.00 %	26	22 días aprox.	260,07 252,27	6.559,02
2	36466-797	Conector para manguera 3/4" en bronce	26	22 días aprox.	53,44	1.389,44
3	S&H	Manejo y Logística	1		8,93	8,93
					TOTAL SIN IVA	7.957,39
					IVA(12,00%):	954,89
					TOTAL COTIZACIÓN(USD)	8.912,28

*Entrega express sujeta a disponibilidad con cargo adicional.

2.4.2.7 Solución L: Aplicación de SMED. Se realizó un análisis de las actividades realizadas en el proceso de limpieza para determinar cuales eran las actividades internas (las que se realizan durante el proceso) y las actividades externas (las que se realizan antes o después del proceso). Luego de ello se analizaron cada una de ella para organizar las tareas que podrían convertirse en externas y así reducir el tiempo del proceso. Tal como se observa en la Figura 40 que inicialmente se tenían 13 actividades internas y 1 externa, posteriormente logramos obtener 5 actividades externas.

Figura 40 Aplicación de metodología SMED

METODOLOGÍA SMED								
Área: Línea #5 de Banano IQF								
Sub-área: Carrusel y Bandas								
Nº	Actividad	SITUACIÓN ACTUAL			PROPUESTA			ACCIONES
		Tiempo (MIN)	Actividad Interna	Actividad Externa	Actividad Interna	Actividad Externa	Tiempo esperado (MIN)	
1	Llenar tachos con solución jabonosa	2	■			■	2	Realizar estas actividades antes de empezar el proceso de limpieza
2	Trasladar tachos al área	2	■			■	2	
3	Trasladar mangueras	2	■			■	2	
4	Preparar hidrolavadora					■	10	
5	Preparar enjabonadora	15		■			15	
6	Retirar Solidos en bandas	5	■		■		3	Usar la hidrolavadora en este paso.
7	Retirar Solidos en carrusel	6	■		■		4	
8	Enjabonar bandas	6	■		■		4	Usar las enjabonadoras, una para carrusel y otra para las bandas.
9	Enjabonar carrusel	9	■		■		7	
10	Cepillar bandas	25.5	■		■		20	
11	Cepillar carrusel	26	■		■		23	Usar la hidrolavadora y adaptar las pistolas de agua en las mangueras
12	Lavar bandas	25	■		■		20	
13	Lavar Carrusel	28	■		■		25	
14	Esperar inspección de calidad	2					2	
15	Inspección de calidad	7	■		■		7	
Sumatoria		145.5	13	1	10	5	115	



2.4.3. Plan de Implementación.

En la Tabla 16 se presenta la planificación realizada para proceder a implementar las mejoras propuestas.

Tabla 16 Plan de implementación de mejoras.

<i>Causa</i>	<i>Qué</i>	<i>Por qué</i>	<i>Cómo</i>	<i>Dónde</i>	<i>Cuándo</i>	<i>Quién es responsable</i>	<i>Costo</i>
<i>Falta de coordinación y presupuesto.</i>	<i>Implementar el uso de hidrolavadoras almacenadas en el almacén</i>	<i>Porque con el uso de lavadoras a presión, se necesita menos presión para eliminar los sólidos pegados a las bandas.</i>	<i>Coordinar con el almacén el traslado de las hidrolavadoras y con el mantenimiento para la respectiva inducción sobre el uso de estas.</i>	<i>En la línea de plátanos, junto al carrusel con fácil acceso.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Jefe de producción</i>	<i>\$3 K</i>
<i>Faltan puntos de presión en la línea.</i>	<i>Implementar un punto de presión más (bajante de aire comprimido)</i>	<i>Con esto se puede utilizar las enjabonadoras que están sin usar.</i>	<i>Coordinar con el equipo de mantenimiento la generación del oc para agilizar el proceso.</i>	<i>En la línea de plátano junto al otro punto de presión de aire.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Jefe de producción e ingeniero de mantenimiento</i>	<i>\$10 K</i>
<i>Falta de capacitación sobre el proceso de limpieza en la línea.</i>	<i>Preparar instructivo.</i>	<i>Con el fin de tener una idea más clara de las actividades que se llevan a cabo antes de la limpieza</i>	<i>Observar el proceso y poder mapear las actividades que se realizan antes de la limpieza.</i>	<i>Después de llevar a cabo las instrucciones y ser aprobado por el departamento de calidad, este se almacenará en la unidad de la empresa.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Kevin Sisalima y Lisbeth Martínez</i>	<i>\$0</i>
	<i>Presentar un tríptico informativo a los operadores</i>	<i>Porque con este folleto los operadores tendrán una mejor idea del proceso y el tiempo que debe tomar en cada etapa.</i>	<i>Distribuir de los folletos al final del turno de noche 8:00 am.</i>	<i>En la entrada de la línea de producción de banano.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Kevin Sisalima y Lisbeth Martínez</i>	<i>\$30</i>

	<i>Banner</i>	<i>Porque teniendo la pancarta siempre en la línea, sabrán las etapas y los tiempos que deben respetar.</i>	<i>Cotizando con el proveedor y coordinando con el área de seguridad para la instalación del banner.</i>	<i>En la parte delantera de la línea donde todos pueden verlo.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Kevin Sisalima, Lisbeth Martínez y equipo de seguridad.</i>	<i>\$75</i>
<i>Falta de puntos de agua.</i>	<i>Implementar hidrolavadoras</i>	<i>Porque con el uso de lavadoras a presión, se necesita menos presión para eliminar los sólidos pegados a las correas.</i>	<i>Coordinar con el almacén el traslado de las hidrolavadoras y con el mantenimiento para la respectiva inducción sobre el uso de estas.</i>	<i>En la línea de plátanos, junto al carrusel con fácil acceso.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Jefe de producción</i>	<i>\$3 K</i>
	<i>Pistolas de agua</i>	<i>Porque con estas pistolas puedes regular el agua y poder detener el flujo cuando sea necesario y no desperdiciar agua.</i>	<i>Generando la orden de compra para poder comprar las boquillas y gestionar la llegada del equipo.</i>	<i>En cada manguera de la línea de producción de banano.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Jefe de producción</i>	<i>\$8,5 K</i>
<i>La limpieza comienza tarde.</i>	<i>Aplicar SMED</i>	<i>Porque las actividades se pueden clasificar para ahorrar tiempo en el proceso</i>	<i>Evaluar si las actividades externas realmente ayudan a reducir el tiempo</i>	<i>En el proceso de limpieza de la línea de plátano.</i>	<i>Durante la semana 32 de este año.</i>	<i>Kevin Sisalima y Lisbeth Martínez</i>	<i>\$0</i>

Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

En esta etapa se procedió a implementar las soluciones propuestas en el capítulo anterior y se evaluó el impacto de estas, tanto en la métrica primaria del proyecto como en las líneas de sostenibilidad ambiental y social. Además se realizó el respectivo análisis estadístico para determinar si las soluciones evidencian una mejora adecuada para el proceso y permiten cumplir el objetivo del proyecto.

3.1.1 Implementación de soluciones.

3.1.1.1 Implementación de hidro lavadoras. Después de algunas reuniones y coordinación con las diferentes áreas se pudieron utilizar las hidro lavadoras dentro del proceso de limpieza como se observa en la Figura 41. Y se estableció un plan de mantenimiento de estas para que siempre estén en su máximo rendimiento.

El beneficio de estas hidro lavadoras es poder quitar el banano incrustado en las bandas más fácilmente gracias a la presión que estas aplican y el poder quitar las manchas en menos tiempo se reduce considerablemente el consumo de agua en la línea.

Figura 41 Operador usando la hidro lavadora dentro del carrusel.



3.1.1.2 Implementación de bajantes de cambio de presión de aire. Se instalaron 12 bajantes de aire comprimido en toda la planta como se observa en la Figura 42. Con estas bajantes se podrán usar las máquinas enjabonadoras que están inactivas por falta de bajantes, por lo que el tiempo de limpieza se reduce considerablemente.

Figura 42 *Bajante de presión instalado frente al carrusel*



3.1.1.3 Implementación de instructivo, trípticos y banner infográfico. Se hizo la entrega de los trípticos informativos a los operarios, para informar sobre el proceso de limpieza en la línea de banano. También se instaló el banner informativo en la línea para que puedan ver todos los días como se debe hacer la limpieza y dejamos un instructivo en el interior de la empresa para que cualquiera pueda verlo y capacitarse respecto al proceso de limpieza.

Figura 43 Banner impreso en espera de ser instalado.



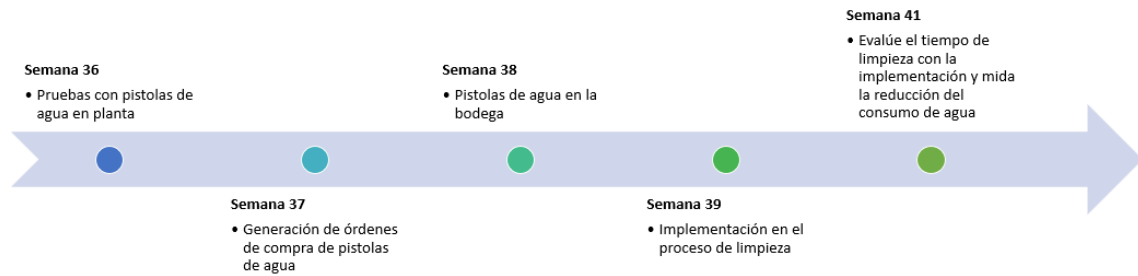
Figura 44 Entrega de trípticos a los operadores.



3.1.1.4 Implementación de pistolas de agua. Debido a la falta de tiempo considerando el establecido dentro del tiempo de lo que dure el proyecto integrador, no se pudo implementar en el proceso de limpieza las pistolas de agua el cual hubiera ayudado a reducir significativamente el tiempo del proceso de limpieza y la reducción del consumo de agua.

Para esto se estableció un plan (cronograma) para poder implementar estas pistolas el cual se muestra a continuación en la Figura 45

Figura 45 Línea de tiempo para implementar mejora.



3.1.1.5 Implementación del SMED. Se pudo evidenciar que antes de que el proceso productivo de la línea concluya, una persona asignada se encarga de trasladar los implementos de limpieza lo más cerca al área posible, como se puede observar en la , así también, se prepara la maquinaria respectiva para que esté lista para usar al momento de que inicie el proceso de limpieza. Estas actividades previas redujeron el tiempo de limpieza considerablemente.

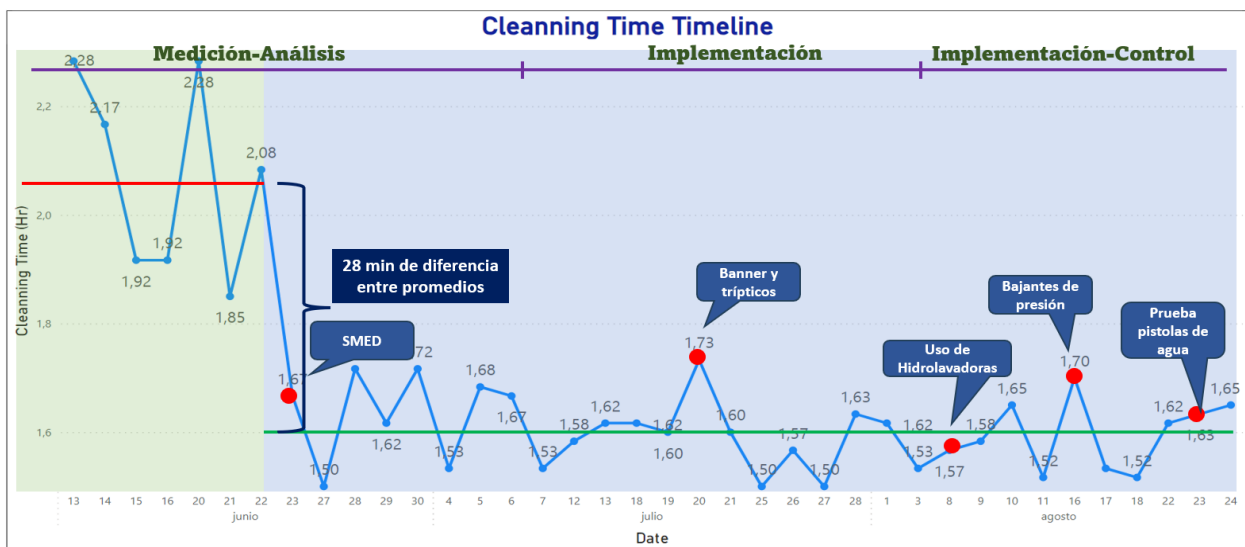
Figura 46 Operador trasladando implementos a su área de trabajo.



3.1.2 Resultados.

En la Figura 47 podemos observar la disminución del tiempo de limpieza, se ha marcado en color verde los datos antes de las implementaciones y en color azul los datos durante las implementaciones, obteniendo una reducción promedio de 28 minutos en el tiempo total de limpieza. Se puede observar el orden cronológico de la implementación de mejoras.

Figura 47 Serie de tiempo del proceso de limpieza antes y durante las implementaciones

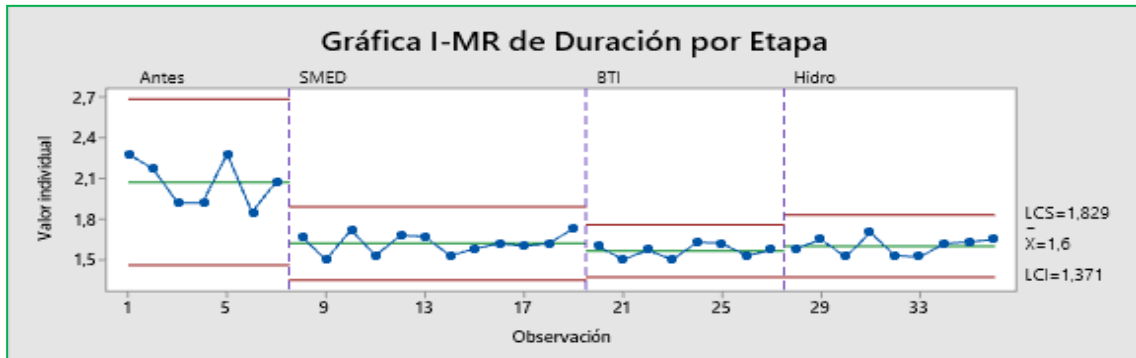


3.1.2.1 Análisis estadístico

Todos los datos deben ser analizados estadísticamente para poder concluir si de verdad mejoró el tiempo de limpieza y saber si el proceso es capaz o no.

El primer paso es saber si dentro de los datos de mejora había algún punto fuera de control estadístico para lo cual se usó una carta de control de medias para valores individuales la cual se puede apreciar en la Figura 48. Donde se obtuvo un promedio para el tiempo de limpieza de 1,6 horas y ningún punto se encuentra fuera de control estadístico.

Figura 48 Carta de control del proceso de limpieza por etapas.



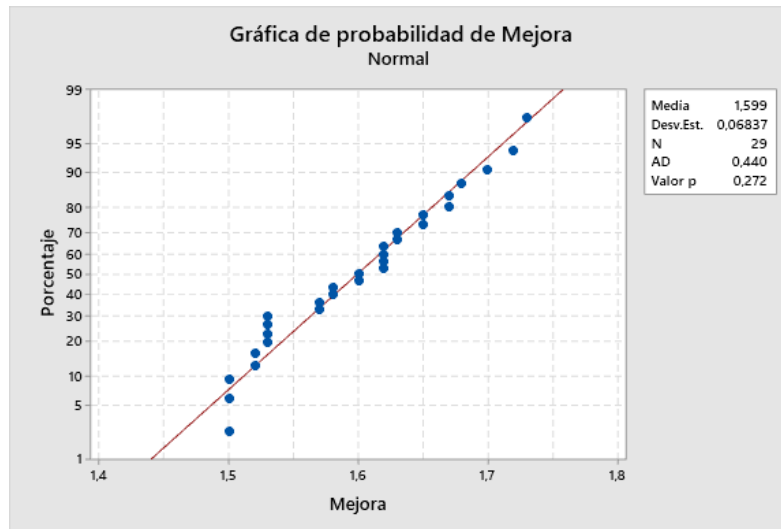
También se realizó una comparación de la medición tomada anteriormente con la actual mediante diagramas de cajas, la cual se observa en la Figura 49 y se aprecia una considerable mejora de reducción de tiempos de limpieza y su variabilidad.

Figura 49 Gráficos de cajas comparando los datos antes y después de las mejoras.



Se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos, y se obtuvo un valor p de 0,272, por tanto, se rechaza la hipótesis nula, es decir que, se acepta la hipótesis alterna la cual nos indica que los datos siguen una distribución normal, tal como se aprecia en la Figura 50.

Figura 50 Gráfica de normalidad de datos del proceso mejorado.



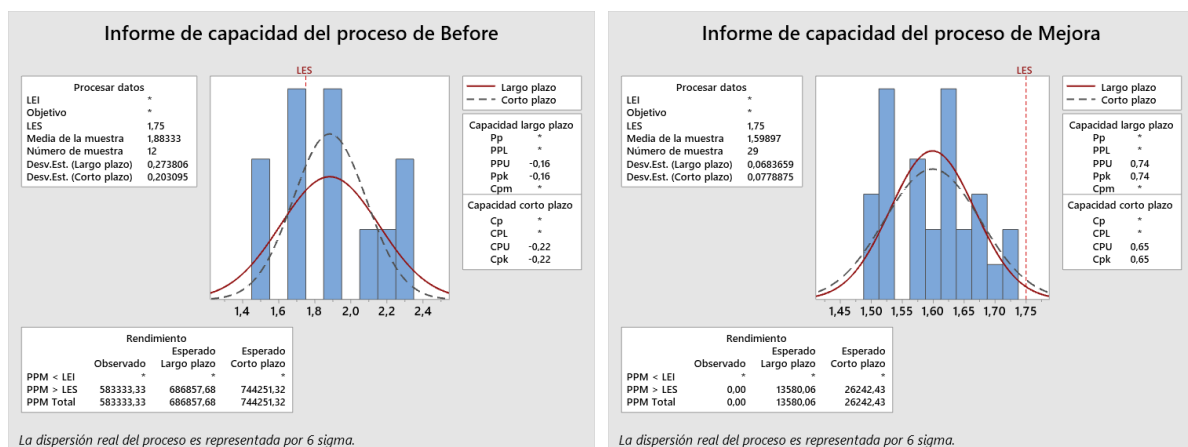
Luego se realizó una prueba t-student de diferencia de medias para poder comparar el promedio de los datos históricos vs el promedio de los últimos datos con la mayoría de las mejoras implementadas. En la Figura 51 podemos observar el resultado, se obtuvo un valor p de 0 con el cual se concluye que se acepta la hipótesis alterna, por lo cual, decimos que el promedio de los datos históricos es mayor que el promedio de los datos con las mejoras implementadas.

Figura 51 Prueba de hipótesis de diferencia de medias.

Método				
μ_1 : media de Before2				
μ_2 : media de After2				
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$				
<i>No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.</i>				
Estadísticas descriptivas				
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Before2	7	2,071	0,179	0,068
After2	7	1,5957	0,0723	0,027
Prueba				
Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$		
Valor T	G	Valor p		
6,53		0,000		

Por último, como observamos en la Figura 52 se realizó un análisis de capacidad comparando los resultados de antes vs el después, el cual observamos que el valor de Cpk mejora considerablemente comparado con el anterior. Se pasa de -0,22 a 0,65 en 2 meses de toma de datos. El proceso aun no es capaz, pero mejoró bastante. Se sugiere seguir tomando datos para poder seguir mejorando en el proceso.

Figura 52 Análisis de capacidad del proceso antes y después de las mejoras implementadas.



3.1.3 Análisis de Métricas de Sostenibilidad.

3.1.3.1 Aspecto Económico. Al haber una reducción en el tiempo de limpieza de 28 minutos, la disponibilidad de la línea aumentó en un 2 % diario, ocasionando que en este tiempo disponible se obtenga dos tipos de ahorro. Costo de oportunidad y un costo de ahorro.

Para el costo de oportunidad se realizó el análisis detallado en Tabla 17, para obtener la ganancia por año de producir en este tiempo, donde el dinero extra que la empresa ganaría por producir en este tiempo ahorrado es de \$412.425.

Tabla 17 Detalle de Costo de oportunidad

Promedio tiempo antes	124,2	min
Promedio tiempo después	96	min
Disminución de tiempo	28,2	min
Producción promedio	3000	kg/hr

Producción promedio	50	kg/min
Kg extras por tiempo neto	1410	Kg
Kg extras por tiempo neto	352500	kg año
Toneladas extras por tiempo neto	353	ton año
Costo de oportunidad	\$ 412.425	

Para el costo de ahorro por mano de obra se realizó el análisis suponiendo no pagarles a los operarios que trabajan en la limpieza en el tiempo ahorrado después de haber realizado las mejoras. El cual se detalla en la Tabla 18, este valor de \$6.580 es el valor que la empresa se ahorraría por año al no pagarle a los operarios durante los 28 minutos que se redujeron del tiempo total de limpieza.

Tabla 18 *Detalle de Ahorro en costo de mano de obra.*

Promedio tiempo antes	124,2	min
Promedio tiempo después	96	min
Disminución de tiempo	28,2	min
Personas limpiando	28	
Tiempo por personas	789,6	min
Tiempo por personas al año	78960	min
Tiempo por personas al año	1316	hr
mano de obra/hora	\$ 5,00	
Ahorro por mano de obra	\$6.580,00	

3.1.3.2 Aspecto Ambiental. Dado que hay una reducción en el tiempo de limpieza, los niveles de consumo de agua se redujeron en el mes de agosto un 17%. Pasando de un consumo de 16095 m³ a 13370 m³ el cual generó un ahorro de 2725 m³, como se indica en la Tabla 19

Tabla 19 *Detalle de consumo de agua*

Consumo de agua Junio	16820	m ³
Consumo de agua Julio	15370	m ³
Promedio consumo de agua (Antes)	16095	m ³
Promedio consumo de agua (Después)	13370	m ³
Ahorro de agua	2725	m ³

3.1.3.3 Aspecto Social. Debido a que el tiempo del proceso de limpieza se redujo, los operarios ya no están tanto tiempo expuesto a la concentración de cloro que se genera en el proceso. Esto representa un 23% de tiempo menor a la exposición del cloro. A su vez es un 23% menos de carga de trabajo ya que haciendo las actividades como deben ser y organizados, pueden retirarse a su domicilio en un menor tiempo.

3.1.4 Control

Se elaboró una planificación de control y evaluación de resultados para que la empresa continúe con la mejora continua del proceso. Véase en la Tabla 20.

Tabla 20 Plan de control de mejoras.

Solución	Quién	Dónde	Cuándo	Cada cuánto	Cómo
Hidrolavadoras	Jefe de Producción Ingeniero de Proyectos Asistente de Proyectos	Comité de Agua	Cada 2 semanas	1 hora	Revisión del indicador en la reunión del comité del agua
Bajantes de presión	Jefe de Producción Ingeniero de Proyectos Asistente de Proyectos	Comité de Agua	Cada 2 semanas	1 hora	Revisión del indicador en la reunión del comité del agua
Banner, tríptico e instructivo	Jefe de Producción Supervisor de Producción Jefe de Sistema de Gestión	En las afueras de la línea	Antes de cada turno	15 min	Reunión recordando el tiempo que se debe dedicar a la limpieza El instructivo y el proceso debe revisarse en auditorías internas.
SMED	Jefe de Producción Supervisor de Producción	En las afueras de la línea	Antes de cada turno	15 min	Reunión recordando el tiempo que se

debe dedicar a la
limpieza

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se redujeron 18 minutos en el tiempo de limpieza, es decir 2 minutos más de lo esperado.
- El tiempo promedio de limpieza se redujo de 2.06 (2:04) horas a 1.60 (1:36) horas.
- El ahorro para la empresa, por concepto de reducción del tiempo de limpieza fue de \$74000 después de considerar la inversión.
- Se evidenció una reducción del 28% del consumo de agua comparando el mes donde se realizaron las implementaciones versus el promedio de los tres meses anteriores.

4.1.2 Recomendaciones

- Continuar con la ejecución del plan de control diseñado y evaluar continuamente los resultados para mantener la efectividad de las mejoras.
- Continuar realizando pruebas de concentración en las sustancias de limpieza.
- Considerar a futuro realizar charlas sobre la importancia de la limpieza e inocuidad alimentaria al personal operativo.
- Realizar acompañamiento durante el proceso, al personal operativo por parte de los analistas de calidad.

Referencias

Libros físicos

Gutierrez, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD* (Tercera ed.). México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hoops, W., & Spearman, M. (2008). *Factory Physics* (Tercera ed.). Long Grove, Illinois, Estados Unidos: Waveland Press, Inc.

Artículo en línea

Pérez, É., Barrera, C., & Castelló, M. L. (2017). *Métodos para la desinfección en la industria alimentaria*. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/84175>

Revista Líderes. (16 de Enero de 2018). *Los vegetales congelados llegan a EE.UU. y Europa*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/vegetales-congelados-llegan-eeuu-ecuador.html>.

Apéndices

Apéndice A

Correos de aprobación de presentación 1 por parte del Gerente de Proyectos y el Tutor de la empresa

Avance 1 Materia Integradora Recibidos x



Kevin Sisalima

mar, 6 jun, 8:20 (hace 2 días) ☆

Buenos días, adjunto avance 1 de nuestro proyecto integrador. Por favor revisar y aprobar dicha presentación por este mismo medio pa...



Xavier Bastidas

mié, 7 jun, 8:09 (hace 1 día) ☆ ↩ ⋮

para mí, Guillermo, José, Sergio, Sofía ▾

Hola Kevin,

Veo que la presentación está ok para avanzar con esta etapa, agradezco procedas con la presentación del viernes, te pido revisar con tu tutor si el data collection plan es de esta etapa o de la etapa de medición.

Saludos,

Xb



--

Saludos/Best Regards,



Guillermo Murillo

mié, 7 jun, 11:02 (hace 21 horas) ☆ ↩ ⋮

para mí, Xavier, José, Sofía, Sergio ▾

Excelente presentación.

Solo tengo dos consultas...En este cuadro, que significan estos números... personas limpiando???

Benchmark (Intern)	1,5	90
Promedio	2,32	139
Gap	0,82	49
Scenarios		
Worst	Ideal	Best
50%	70%	90%
1,91	1,75	1,58
115	105	95

Y lo segundo, entiendo que si bien es cierto tenemos el análisis de cuellos de botella, al final todavía no se presenta la potencial solución. Sldos

Apéndice B

Formato utilizado para toma de tiempo total de limpieza durante 12 días de medición

ESTUDIO DE TIEMPO			
Proceso:	Limpieza profunda	Herramientas:	Cepillos, Tachos, Escobillas, Mangueras
Estudio N°	L.		
Analista:	Lisbeth Martínez	Químicos	Ácido Peracético, Jabón
Fecha:	jun-23		
Área:	Línea N°5	Condiciones:	Normales

N°	Inicio	Fin	Diferencia
1	05:45 Sup: Milo	07:54	02:09 → 129 min.
2	05:59 Sup: Pedro	08:09	02:10 → 130 min
3	06:05 Sup: Pedro.	07:42	01:37 → 97 min.
4	06:03 Sup: Milo.	07:58.	01:55 → 115 min.
5	05:48. Sup: Milo	08:05	02:17 → 137 min
6	06:17 Sup: Milo	08:03	01:46 → 106 min.
7	05:54 Sup: Pedro.	07:59	02:05 → 125 min
8	06:14 Sup: Pedro.	07:55	01:41 → 101 min
9	06:14 Sup: Pedro.	07:37	01:23 → 83 min
10	06:09 Sup: Milo	07:52	01:43 → 103 min
11	06:21 Sup: Milo	07:59	01:38 → 98 min
12	06:27 Sup: Pedro	08:00	01:33 → 93 min
	Promedio		01:58 → 117,5.
	Desv. Estándar		14,40.

Apéndice C

Correo de aprobación de la Presentación 2 por parte del tutor de la empresa.



Kevin Sisalima

8:20 (hace 14 horas)



Buenos días a todos, adjunto segundo avance de nuestro proyecto integrador para ser revisado y aprobado por ustedes. Muchas gracias



Xavier Bastidas

22:36 (hace 0 minutos)



para mí, Diana, Guillermo, José, Liliana, Sofía ▾

Hola Kevin,

De mi parte la presentación cumple con las expectativas y requerimientos de la empresa, agradezco avanzar con la presentación.

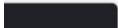
Saludos,

XB



--

Saludos/Best Regards,



Apéndice D

Ficha técnica de hidrolavadoras

porten
Performance & Technology

PHI-10TC

LAVADORA
A PRESIÓN

10 HP
3600 PSI

ESPECIFICACIONES

● Motor	10 Hp - 7.5 kW
● Presión	3600 psi - 248 bar
● Revoluciones	1750 rpm
● Voltaje	220 V - 60 Hz (Trifásico)
● Flujo	4.1 gal/min - 15.5 l/min
● Trabajo Ocasional	2 a 5 Horas
● Dimensiones	71 x 42.5 x 47.5 cm
● Peso	62 kg - 136.7 lb

Incluye:

- 1.- Boquillas (4)
- 2.- Boquilla para aplicar shampoo
- 3.- Manguera de alta presión 10m
- 4.- Manguera para conexión de agua
- 5.- Pistola y Lanzadera

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- ✓ Ideal para el lavado de trailers, plataformas, autos, patios, paredes, etc.
- ✓ Fácil movilidad gracias a su diseño compacto, peso ligero e incorporación de ruedas.
- ✓ PROTECTOR TÉRMICO incorporado que protege al motor de la variación de voltaje.

www.portentools.com

Apéndice E

Correos de coordinación para Implementación de soluciones.

 **José Ronquillo** lun, 24 jul, 2:03 (hace 1 día) ☆ ↶ ⋮
para Medardo, Kevin, Daniel, Guillermo, Gabriela, María, Diana, Liliana, Pedro, Milo, Sofía, mí, Alex ▾

Estimados,

Buenos días, por favor les solicito nos comenten el status de los puntos de 220v y donde estarían ubicados en el interior de área Banano, con el fin de poder sacar de bodega las hidrolavadoras, ya que es de suma importancia empezar a utilizarlas en el proceso de limpieza, tanto por mejora de inocuidad, como por reducción de tiempos.

Entiendo que es lo único que estaría pendiente?


De tener luz verde con la parte eléctrica, esta semana las sacamos de Bodega y arrancamos utilización. [@Pedro Conde @Milo Cañizares](#)

Atentamente / Kind Regards,



Somos **VILASECA**

José David Ronquillo E
Production Manager
Km. 24.5 Vía a Daule
Guayaquil - Ecuador
+593 99 3098620
www.semvra.com

 **Medardo Cabrera** lun, 24 jul, 13:42 (hace 22 horas) ☆ ↶ ⋮
para Francisco, José, Kevin, Daniel, Guillermo, Gabriela, María, Diana, Liliana, Pedro, Milo, Sofía, mí, Alex ▾


Jose, buenas tardes

En la actualidad ya hay un punto habilitado entre el carrusel 1 y 2, hay otro punto eléctrico que queremos definir con tu equipo para la ubicación ya está lanzada la acometida solo necesitamos darle ubicación física.

Puedes realizar la reserva y pasarla por este medio para ir a retirar la hidrolavadora y hacerla ensamblar.

Es importante que designen al personal que va a ser responsable del uso de la hidrolavadora para darle la inducción necesaria. Sería importante además que revisen con [+Francisco Savioli](#) el formato de control de horas de trabajo de la hidrolavadora para el respectivo mantenimiento preventivo de las hidrolavadoras. Al ser un equipo nuevo después de las primeras **5 horas** de trabajo necesitamos realizar el cambio de aceite de la bomba.

Saludos Cordiales.



Medardo Cabrera Quimiz.
Ingeniero de Mantenimiento

 **José Ronquillo** lun, 24 jul, 23:23 (hace 12 horas) ☆ ↶ ⋮
para Merly, Ronald, Medardo, Francisco, Kevin, Daniel, Guillermo, Gabriela, María, Diana, Liliana, Pedro, Milo, Sofía, mí, Alex ▾

Hola Medardo,

El día Jueves agendé recorrido para definición de Puntos,

Reviso proceso/responsables con los Supervisores y les comunicaré fecha de arranque.

[@Merly Zambrano](#) por favor su ayuda con la reserva para sacar Ambos equipos de Bodega.

Atentamente / Kind Regards,



Somos **VILASECA**

José David Ronquillo E
Production Manager
Km. 24.5 Vía a Daule
Guayaquil - Ecuador
+593 99 3098620
www.semvra.com

Apéndice F

Evidencia de reunión con el cliente y correo de aprobación de la Presentación 3 por parte del tutor de la empresa.



Kevin Sisalima

21:07 (hace 1 hora)



Buenas tardes Xavier Adjunto presentación 3 para su respectiva revisión. Estoy atento a sus comentarios. Muchas gracias



Xavier Bastidas

22:29 (hace 24 minutos)



para mí, Guillermo, Sofía ▾

Hola Kevin,

De acuerdo a lo revisado en la reunión de hoy y a los avances etapa queda aprobada, agradezco avanzar con la presentación en la espol.

Saludos,

Xavier.Bastidas239@gmail.com



--

Saludos/Best Regards,

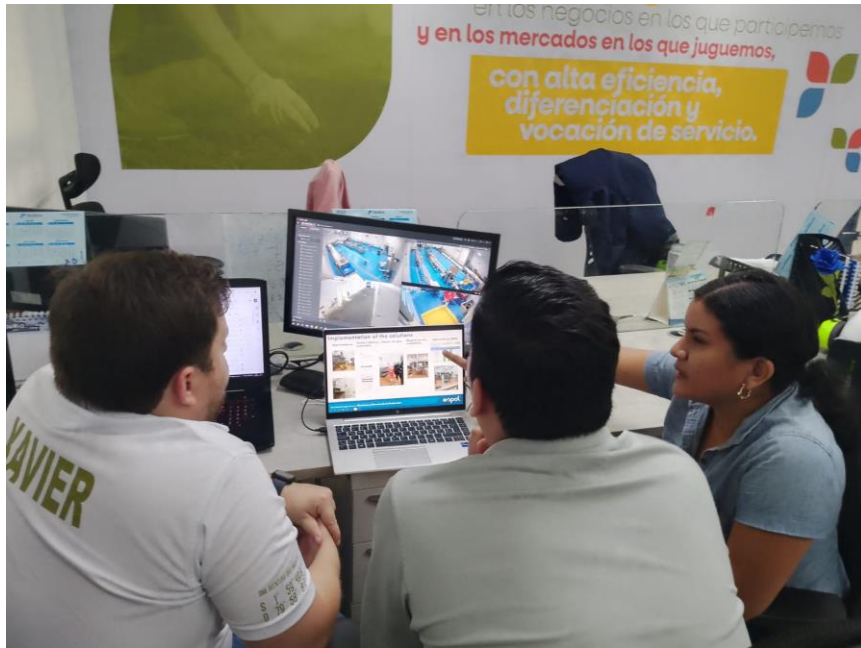


Xavier Bastidas
Jefe de Producción

Km. 24.5 Vía a Daule

Apéndice G

Evidencia de reunión y correo de aprobación de la Presentación 4 por parte del tutor de la empresa.



Aprobación última presentación Recibidos x



Kevin Sisalima

10:23 (hace 12 horas)



Buenos días estimado Xavier Adjunto encontrará nuestra última presentación para su respectiva revisión y aprobación de la misma. Mu...



Xavier Bastidas

22:48 (hace 13 minutos)



para mí ▾

Hola Kevin,

El proyecto cumple satisfactoriamente los objetivo de la organización, agradezco avanzar con la presentación de la próxima etapa en la universidad m

Saludos,

Xb

