

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Incremento de la productividad de paletas de banano para una empresa
de productos congelados

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:
Ingenieros industriales

Presentado por:

Xiomara Milena Zapata Fiallos

Anthony Javier García Alburqueque

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va para todas las personas que directa o indirectamente fueron partícipes en la elaboración de este trabajo, en especial a nuestra tutora Ingrid Adanaqué, que estuvo siempre brindándonos apoyo, y consejos, predispuesta a ayudarnos en todo momento; así mismo para las personas que no se encuentran físicamente a nuestro alrededor, pero siempre hicieron notar su cariño a la distancia.

Anthony García Alburqueque.

DEDICATORIA

Este proyecto quiero dedicarlo a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

A mi padre, que hizo hasta lo imposible por verme feliz y darme una vida llena de bonitos recuerdos.

A mi madre, mi Elenita, el rayo de luz que saca una sonrisa en mis días más oscuros.

A mi hermana y mi hermosa familia, que desde la distancia me demuestran su apoyo y cálido cariño.

A Xavier B. que siempre nos apoyó con paciencia durante el desarrollo del proyecto.

A todos los amigos que han hecho parte de este proceso, con sus risas y alegría.

Xiomara Zapata Fiallos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestros padres y personas incondicionales que estuvieron presentes en el desarrollo del proyecto, por su apoyo y consejos constantes.

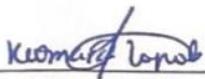
A nuestra tutora académica por su guía y valiosa colaboración.

A la empresa por darnos la apertura de levantar información y llevar a cabo el proyecto.

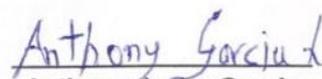
Anthony García & Xiomara
Zapata

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Xiomara Milena Zapata Fiallos y Anthony Javier García Alburqueque 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”



Xiomara Milena
Zapata Fiallos



Anthony Javier García
Alburqueque

EVALUADORES

Sofía López I. MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA

Ingrid Adanaqué B. MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La mano de obra, referente a las horas y el número de personas requeridas para realizar un trabajo, representa uno de los recursos con mayor peso en el costo de manufactura de productos. En este contexto, uno de los indicadores de gestión más utilizados por las empresas para medir la mano de obra y la cantidad obtenida de producto es la productividad.

El presente proyecto se desarrolló en una empresa productora de alimentos congelados, con enfoque en su línea de paletas de banano, la cual presenta un proceso manual con baja productividad respecto a la capacidad de la maquinaria.

Actualmente la línea presenta una productividad de 9 kilogramos/hora-hombre, mientras que la capacidad de congelación del proceso es 13.33 kilogramos/hora-hombre, con una plantilla de 60 operadores.

Mediante la herramienta DMAIC se realizó la medición y análisis de cada estación de trabajo a fin de identificar las actividades que generan baja productividad y sus respectivos detonantes. A partir de dicho análisis se obtuvo que las causas raíz del problema radican en la falta de estandarización de cada puesto de trabajo y el bajo aprovechamiento de la fruta en el proceso. Posteriormente, se procedió a proponer y evaluar soluciones que permitan atacar las causas raíz y generar impacto en la productividad con el menor uso de recursos posible. Luego de la implementación de soluciones, se evidenció un incremento de la productividad de 9 kg/hH a 12.24 kg/hH, sobrepasando el objetivo planteado de 12.03 kg/h.

Palabras Clave: Mano de obra, Productividad, Estandarización, DMAIC

ABSTRACT

The manpower, referring to the hours and number of people required to perform a job, represents one of the resources with the greatest weight in the cost of manufacturing products. In this context, one of the management indicators most used by companies to measure labor and the amount of product obtained is productivity.

This project was developed in a company dedicated to the production of frozen foods, focusing on its banana on sticks line, which presents a manual process with low productivity compared to the capacity of the machinery.

The line currently has a productivity of 9 kilograms/man-hour, while the freezing capacity of the process is 13.33 kilograms/man-hour, with a staff of 60 operators.

Using the DMAIC tool, the measurement and analysis of each workstation was carried out in order to identify the activities that generate low productivity and their respective triggers. From this analysis it was obtained that the root causes of the problem lie in the lack of standardization of each job and the low use of the fruit in the process. Subsequently, we proceeded to propose and evaluate solutions that allow attacking the root causes and generating an impact on productivity with the least possible use of resources. After the implementation of solutions, there was an increase in productivity from 9 kg/h to 12.24 kg/h, exceeding the stated objective of 12.03 kg/h.

Keywords: Manpower, Productivity, Standardization, DMAIC

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE	I
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción.....	1
1.1 Situación actual	2
1.2 Requerimientos del cliente	3
1.3 Definición de la variable	5
1.4 Descripción del problema	6
1.5 Alcance del proyecto	8
1.6 Restricciones del proyecto	9
1.7 Entregables del proyecto.....	9
1.8 Equipo de trabajo	10
1.9 Justificación del problema	10
1.9.1 Justificación económica	10
1.9.2 Justificación ambiental.....	10
1.9.3 Justificación social	10
1.10 Establecimiento del objetivo	11
1.11 Objetivos	12
1.11.1 Objetivo General.....	12
1.11.2 Objetivos Específicos.....	12
1.11.3 Plan de Actividades	12

1.12	Marco teórico.....	13
1.12.1	SIPOC.....	13
1.12.2	Voice Of Customer (VOC)	13
1.12.3	DMAIC	14
1.12.4	CTQ	14
1.12.5	Productividad	14
1.12.6	Eficiencia	15
1.12.7	Eficacia	15
1.12.8	Diagrama de Gantt.....	15
1.12.9	Herramienta estadística ANOVA.....	15
1.12.10	Herramienta RULA.....	17
CAPÍTULO 2.....		19
2	Metodología.....	19
2.1	Medición	19
2.1.1	OTIDA.....	19
2.1.2	Descripción del proceso.....	22
2.1.3	Plan de Recolección de Datos.....	23
2.1.4	Plan de Validación de Datos.....	25
2.1.5	. Validación de variable: Kg producidos por hora por estación de trabajo .	26
2.1.6	Muestreo	31
2.1.7	Estudio de variable respuesta.....	32
2.1.8	Prueba de normalidad de variable respuesta	32
2.1.9	Gráficas de control por estación de trabajo	35
2.1.10	Tasas de producción por puesto de trabajo	37
2.2	Problema enfocado	39
2.3	Análisis	39
2.3.1	Lluvia de Ideas.....	40

2.3.2	Diagrama Ishikawa.	41
2.3.3	Matriz Causa Efecto.....	42
2.3.4	Plan de Verificación de Causas	44
2.3.5	Análisis de los 5 Por qué	57
2.3.6	Potenciales Causas Raíz.....	58
2.3.7	Elaboración de Soluciones	59
2.3.8	Matriz Esfuerzo – Impacto.	60
2.3.9	Plan de Implementación de soluciones.....	62
2.3.10	Implementación de soluciones.....	63
CAPÍTULO 3.....		93
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	93
3.1	Soluciones.....	93
3.1.1	Resultados de Solución 1: Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo.....	93
3.1.2	Solución 2: Redistribución de mesas y estandarización de responsabilidades	93
	93	
3.1.3	Solución 4: Semi automatización de selección de fruta.	93
3.1.4	Solución 5: Capacitación para actividad de maquillado de fruta.....	94
3.2	Plan de Control.....	94
3.3	Resultados de indicadores	95
3.3.1	Justificación económica	95
3.3.2	Justificación ambiental.....	96
3.3.3	Justificación social	96
CAPÍTULO 4.....		97
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1	Conclusiones.....	97
4.2	Recomendaciones.....	97
5	Bibliografía	99

APÉNDICES.....101

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

CTQ Critical to quality

SIPOC Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers

DMAIC Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

VOC Voice of Customer

RULA Rapid Upper Limb Assessment

SIMBOLOGÍA

h	Horas
t	Tonelada
hH	Horas hombre
kg	Kilogramos
min	Minutos
AV	Actividades que agregan valor
NAV	Actividades que no agregan valor
NAVN	Actividades que no agregan valor, pero son necesarias

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 CTQ Tree	4
Figura 1.2 Productividad histórica de septiembre a octubre del año 2022	7
Figura 1.3 Layout de la empresa de alimentos congelados Área de banano	8
Figura 1.4 SIPOC del proceso productivo de banano paleta	9
Figura 1.5 Plan de actividades	13
Figura 2.1 Resumen OTIDA	21
Figura 2.2 Intervalo de kilogramos producidos	27
Figura 2.3 Intervalo de variable Cantidad de personas en línea	28
Figura 2.4 Intervalos de grados Brix del banano	29
Figura 2.5 Intervalos de Peso de paleta de banano	30
Figura 2.6 Prueba de Normalidad. Datos históricos de la variable Productividad	33
Figura 2.7 Análisis de Capacidad. Productividad Data Histórica	34
Figura 2.8 Gráfica de control de estación Pelado	35
Figura 2.9 Gráfica de control de estación Armado de bandejas	36
Figura 2.10 Gráfica de control de estación Colocación de palitos	36
Figura 2.11 Gráfica de control de estación Alimentación de túnel	37
Figura 2.12 Lluvia de ideas. Ingeniero de procesos, jefe de producción y analista de calidad	40
Figura 2.13 Lluvia de ideas. Coordinadores de producción	40
Figura 2.14 Lluvia de Ideas de estudiantes	41
Figura 2.15 Diagrama Ishikawa	41
Figura 2.16 Diagrama de Pareto de causas potenciales	43
Figura 2.17 Diferencia entre Procesos Normales y Procesos con variación de actividades	47
Figura 2.18 Matriz de Número de personas en puesto de Colocación de vs Productividad obtenida en turno	48
Figura 2.19 Correlación entre variable Grados Brix de fruta y Productividad	51
Figura 2.20 ANOVA entre tasa de producción de persona con baja habilidad y mediana habilidad	52
Figura 2.21 ANOVA entre tasa de producción de persona con mediana habilidad y alta habilidad	54

Figura 2.22 Lluvia de ideas de soluciones por causa raíz	59
Figura 2.23 Matriz Impacto-Esfuerzo de soluciones propuestas	60
Figura 2.24 Disposición de recursos físicos en el escenario actual de la línea de producción	66
Figura 2.25 Distribución actual de la línea de paletas de banano	67
Figura 2.26 Representación gráfica de layout propuesto	70
Figura 2.27 Distribución propuesta de la línea de paletas de banano	71
Figura 2.28 Trayectoria actual de transporte manual del producto por caminata del operador	72
Figura 2.29 Trayectoria de transporte propuesto del producto por caminata del operador	73
Figura 2.30 Trayectoria actual del producto en el proceso	73
Figura 2.31 Trayectoria propuesta del producto en el proceso	74
Figura 2.32 Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario actual	75
Figura 2.33 Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario propuesto	76
Figura 2.34 Diagrama bimanual de actividad de colocación de palitos en el escenario actual	77
Figura 2.35 Diagrama bimanual de actividad de colocación de palitos en el escenario propuesto	78
Figura 2.36 Resultados del simulador de balanceo de línea para el escenario propuesto estandarizado	79
Figura 2.37 Moldes Individuales en Cadena	81
Figura 2.38 Modelo actual de bandeja para paletas de banano	81
Figura 2.39 Modelo propuesto de bandeja para paletas de banano	82
Figura 2.41 Simulación de la línea Automatizada	83
Figura 2.42 Tasas de Rendimientos por proceso	84
Figura 2.43 Actividad de selección de fruta a la entrada del proceso.....	85
Figura 2.44 Estructura de traspaso de producto	86
Figura 2.45 Actividad de selección de fruta en la banda del carrusel de pelado	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Hallazgos de requerimientos del cliente	3
Tabla 1.2 Matriz de calificación de métricas	5
Tabla 1.3 Puntuación para matriz de calificación de métricas	5
Tabla 1.4 Clientes clave del proceso	5
Tabla 2.1 Diagrama Otida	20
Tabla 2.2 Resumen de valor de actividades OTIDA	21
Tabla 2.3 Especificaciones técnicas definidas por el cliente	21
Tabla 2.4 Plan de recolección de datos	24
Tabla 2.5 Resumen de plan de recolección de datos	25
Tabla 2.6 Resumen de plan de Validación de datos	25
Tabla 2.7 Resultados de análisis de varianza de kilogramos producidos	27
Tabla 2.8 Resultados de análisis de varianza de Cantidad de personas en línea.....	28
Tabla 2.9 Resultados de análisis de varianza de grados Brix del banano	29
Tabla 2.10 Resultados de análisis de varianza de Peso de paleta de banano	30
Tabla 2.11 Tamaño de Muestra Preliminar	31
Tabla 2.12 Resultados de muestreo de variable "Tasas de producción por puestos de trabajo"	32
Tabla 2.13 Interpretación de valor Cp para análisis de capacidad	35
Tabla 2.14 Cantidad de personal por habilidad por puesto de trabajo	38
Tabla 2.15 Promedios ponderados por tasa de producción	38
Tabla 2.16 Tasas de producción por puesto de trabajo	39
Tabla 2.17 Asignación de puntaje para causas	42
Tabla 2.18 Clientes clave entrevistados	42
Tabla 2.19 Matriz Causa-Efecto	42
Tabla 2.20 Causas Potenciales prioritarias	44
Tabla 2.21 Plan de Verificación de Causas	44
Tabla 2.22 Tasa de producción de armado de bandejas: Proceso con variaciones	45
Tabla 2.23 Tasa de producción de armado de bandejas: Proceso sin variaciones.....	46
Tabla 2.24 Resultados de análisis de medias entre tasas de producción de un proceso normal y un proceso con variación de actividades	47

Tabla 2.25 Resultado de Prueba de Correlación de variables Número de personas y Productividad	48
Tabla 2.26 Actividades del proceso relacionadas con las condiciones de las mesas de trabajo	49
Tabla 2.27 Resumen de actividades	50
Tabla 2.28 Resultado de Prueba de Correlación de variables Grados Brix de la fruta y Productividad	51
Tabla 2.29 Resultados de análisis de medias de tasas de producción entre personas con baja habilidad y mediana habilidad	53
Tabla 2.30 Resultados de análisis de medias de tasas de producción entre personas con media habilidad y alta habilidad	54
Tabla 2.31 Actividades relacionadas con manipulación adicional del producto	55
Tabla 2.32 Resumen de actividades de manipulación excesiva de la fruta	56
Tabla 2.33 Resumen de validación de causas	56
Tabla 2.34 Metodología 5 Por qué Fuente	57
Tabla 2.35 Soluciones seleccionadas para desarrollo	61
Tabla 2.36 Plan de implementación de soluciones	62
Tabla 2.37 Simulador digital para balanceo de línea	65
Tabla 2.38 Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario actual	68
Tabla 2.39 Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario propuesto	69
Tabla 2.40 Beneficios económicos de la Solución 1	79
Tabla 2.41 Indicadores de Proyecto de automatización	84
Tabla 2.42 Planificación de la demanda semanal actual de banano	87
Tabla 2.43 Planificación estimada de la demanda semanal de banano con incremento de rendimiento	88
Tabla 2.44 Resumen de ahorro anual por implementación de solución	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1.1)	6
Ecuación (1.2)	6
Ecuación (1.3)	6
Ecuación (1.4)	10
Ecuación (1.5)	10
Ecuación (1.6)	10
Ecuación (1.7)	11
Ecuación (1.8)	11
Ecuación (1.9)	11
Ecuación (1.10)	11
Ecuación (2.1)	31
Ecuación (2.2)	38

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

En un mercado competitivo y en constante cambio, las empresas buscan nuevas estrategias para rentabilizar sus actividades ofreciendo productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes en términos de tiempo, cantidad y calidad adecuados (Mishra & Sharma, 2014).

Independientemente de su núcleo comercial, el enfoque de las industrias es obtener el máximo provecho del uso de sus recursos. Por esta razón, a lo largo de los años se han desarrollado indicadores para cuantificar su uso eficiente. Utilizando el ejemplo de los proyectos de construcción industrial, se encontró que en los últimos 20 años se han producido pérdidas de tiempo productivo, que representan entre un 30% y un 40% adicional del costo de la consultoría de proyectos, lo que ha revelado la influencia de factores tales como sistemas de información inadecuados, procesos ineficientes y errores en la gestión administrativa (Picard, 2000).

Una de las formas más populares en la fabricación para obtener visibilidad sobre el uso óptimo de los recursos en la industria de bienes y servicios, es la cuantificación de uno de los índices de eficiencia con mayor impacto en costos: la productividad.

Según Niebel y Andris, la productividad es el resultado invertido en una hora de trabajo, y el uso inteligente de métodos, el diseño del trabajo y la estandarización de procesos juegan un papel esencial para aumentar significativamente la productividad (Niebel & Andris, 2009).

En una empresa de manufactura, la productividad se relaciona directamente con el área de producción, ya que influye en las actividades, la secuencia de procesos, las horas de trabajo y el personal operativo. No obstante, una mayor productividad tiene beneficios en toda la cadena de valor, incluyendo la reducción de costos, la mejora en la calidad del producto y la disminución del tiempo de ciclo. Por lo tanto, el desarrollo y ejecución de

planes para mejorar la productividad requiere el apoyo colectivo y la coordinación de todos los departamentos, dado que “la colaboración se considera un pilar de las mejoras de eficiencia, ya que permite la integración y automatización de procesos” (Mehrjerdi, 2009, págs. 52-60).

La metodología DMAIC es una de las herramientas más utilizadas por las empresas a nivel mundial para mejorar la productividad y otros índices de eficiencia. Su enfoque se centra en medir la desviación de un proceso con respecto a un "proceso perfecto" y en identificar las características que otorgan variabilidad al producto. Su objetivo principal es acercarse lo más posible a un sistema con "cero defectos" (Majumdar, 2014).

La metodología DMAIC se ha utilizado, desde su creación, como una herramienta general para la resolución de problemas, cuya estructura permite mejorar o rediseñar los procesos; por ello, DMAIC facilita a las empresas el desarrollo de proyectos a través de fases denominadas Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control. (McAdam & Lafferty, 2004).

La disponibilidad de información actualizada es un aspecto crucial a considerar al implementar herramientas de mejora, especialmente en la etapa de Medición de DMAIC. Según un estudio sobre la importancia de las mediciones y los índices de desempeño en empresas industriales, aquellas que realizan mediciones son aproximadamente tres veces más productivas que las que no lo hacen. Esto se debe a que la información obtenida permite el análisis de las características de sus procesos y la identificación de alternativas para aumentar la rentabilidad (Miranda & Toirac, 2010).

1.1 Situación actual

El presente proyecto nace a partir de la necesidad de una empresa de productos congelados de mejorar su línea de banano en paletas, la línea de producción fue instalada en el mes de abril del 2022 y lleva operando de forma continua hasta la actualidad, es decir, durante 6 meses. Previo a la instalación de una nueva línea, la empresa proyectó un nivel de productividad en función de la capacidad del proceso y del número de operadores disponibles, de tal manera que se pudiera

satisfacer la demanda de productos en el menor tiempo posible y se cumplieran las especificaciones de calidad establecidas por el cliente; sin embargo, en el escenario actual, la productividad proyectada no ha sido alcanzada.

A partir del concepto del índice de productividad y del uso reconocido de la metodología DMAIC para la mejora de procesos, se introduce a la herramienta DMAIC como un instrumento para incrementar la productividad en la empresa de productos congelados.

1.2 Requerimientos del cliente

Se utilizó la herramienta "Voz del cliente" (VOC) para establecer los requisitos del cliente en el proceso de banana paleta. A través de entrevistas con el personal administrativo y gerencial, se identificaron los siguientes hallazgos con respecto a las necesidades en el proceso.

Tabla 1.1 Hallazgos de requerimientos del cliente [Fuente: Fabricación propia]

Segmento	Hallazgos
Personal administrativo y gerencial de la empresa de alimentos congelados	La línea de banana paleta debe cumplir con las metas de producción.
	Los operadores deben estar mejor distribuidos en la línea.
	La dotación de personal debe ser la mínima posible siempre y cuando cumpla con la producción planificada.
	El producto terminado debe contar con la menor cantidad de defectos posibles.
	Los costos por hora hombre deben reducirse
	El exceso de manipulación de la fruta durante el proceso eleva la cantidad de bacterias coliformes.
	Producir las órdenes al menor costo unitario posible.
	Obtener producto terminado en menor tiempo.

A partir de los requerimientos encontrados, se clasificó los hallazgos de acuerdo con su área de afinidad:

Calidad

- El producto terminado debe contar con la menor cantidad de defectos posibles.
- El exceso de manipulación de la fruta eleva la cantidad de bacterias coliformes.

Costo

- Se debe producir las órdenes al menor costo unitario posible
- Los costos de mano de obra deben reducirse

Producción

- La línea de paletas de banano debe cumplir con las metas de producción
- Se debe mejorar la distribución de operadores en la línea
- Se desea obtener el producto terminado en menor tiempo
- La dotación del personal debe ser la mínima posible siempre y cuando cumpla con la producción planificada.

Posteriormente, a fin de determinar las necesidades del cliente de forma cuantitativa y cualitativa se estableció un árbol crítico de la calidad o también conocido como CTQ Tree, de esta forma se visualizan los requerimientos del cliente de manera medible con respecto a la información accesible para la empresa.

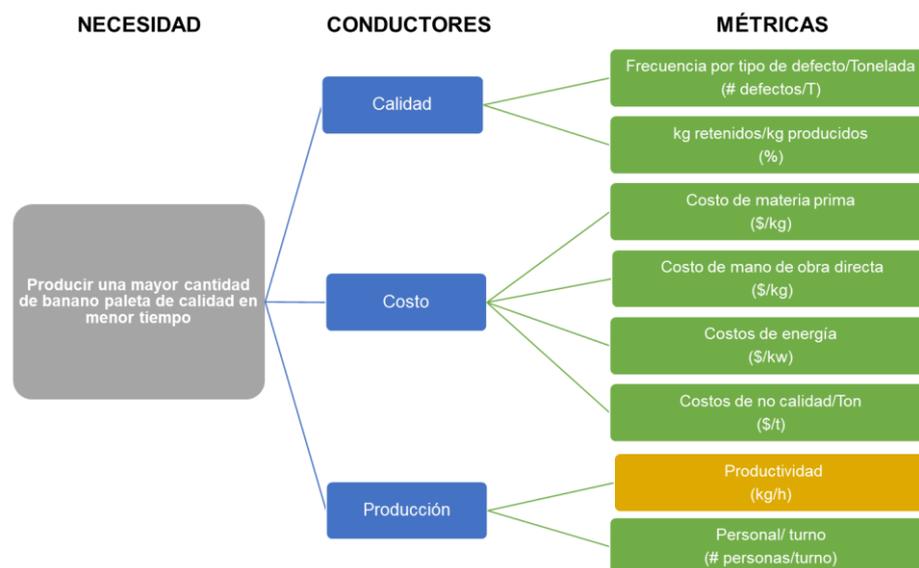


Figura 1.1 CTQ Tree [Fuente: Fabricación propia]

1.3 Definición de la variable

En función del CTQ Tree (Figura 1.1) o Árbol de la calidad se realizó una matriz de calificación de métricas, para determinar, de acuerdo con el criterio de los clientes clave del proceso, la medida que representa de mejor manera las necesidades de la empresa.

Tabla 1.2 Matriz de calificación de métricas [Fuente: Fabricación propia]

Métricas	P1	P2	P3	P4	P5	Puntuación Total
Frecuencia por tipo de defecto/Tonelada	1	3	1	1	1	7
kg retenidos/kg producidos	3	1	1	3	1	9
Costo de materia prima	1	1	1	1	3	7
Costo de mano de obra directa	3	3	1	1	1	9
Costos de energía	3	1	1	1	1	7
Costos de no calidad por tonelada	3	1	1	3	3	11
Productividad	9	9	9	3	9	39
Personal/ turno	3	9	9	3	3	27

Tabla 1.3 Puntuación para matriz de calificación de métricas [Fuente: Fabricación propia]

Calificación	Descripción
0	No representativo
1	Poco representativo
3	Medio representativo
9	Muy representativo

Tabla 1.4 Clientes clave del proceso [Fuente: Fabricación propia]

Asignación	Entrevistado
P1	Jefe de producción
P2	Jefe de procesos
P3	Coordinador de calidad
P4	Supervisor de línea Día
P5	Supervisor de línea Noche

De acuerdo con la Matriz de calificación de métricas (Tabla 1.2), se obtuvo que la métrica Productividad, en unidad kilogramos por hora, es la medida con mayor

representación de necesidades para los clientes clave entrevistados. Por lo tanto, la variable de respuesta del proyecto se mide con respecto a la productividad, teniendo como objetivo la maximización a través del análisis de sus variables independientes.

$$Y = \text{Max}(\text{kilogramos producidos}, \text{horas de mano de obra}) \quad (1.1)$$

La productividad se refiere a la eficiencia del sistema en la producción de bienes y servicios, tomando en cuenta los recursos utilizados y las actividades que tienen un valor en el mercado. (Rodríguez & Gomez Bravo, 1991). De acuerdo con otro concepto, la productividad se expresa como el cociente entre los bienes producidos y la mano de obra utilizada para su fabricación (Carro Paz & González Gómez, 2017).

La empresa de estudio maneja los kilogramos producidos por hora como unidad estándar de producción y la mano de obra como el número de personas empleadas con sus respectivas horas de trabajo.

$$\text{Productividad} = (\text{kilogramos producidos}) / (\text{horas de mano de obra}) \quad (1.2)$$

$$\text{Horas de mano de obra} = \text{horas trabajadas} * \# \text{ de personas} \quad (1.3)$$

1.4 Descripción del problema

En el mes de abril del 2022, una empresa de productos congelados ubicado en la vía Daule de la provincia del Guayas, implementó una línea de paletas de banano congelado mediante IQF (Individual Quick Freezing). La capacidad del túnel de congelación permite una producción de 800 kg/h, de acuerdo con las características físicas del producto y de la maquinaria; no obstante, desde el mes de septiembre hasta la actualidad, se ha obtenido una producción promedio de 540 kg/h con una mano de obra de 60 personas. Se ha registrado una productividad de 9 kg/hH, cuando la productividad proyectada de acuerdo con la capacidad de congelación es de 13,33 kg/hH.

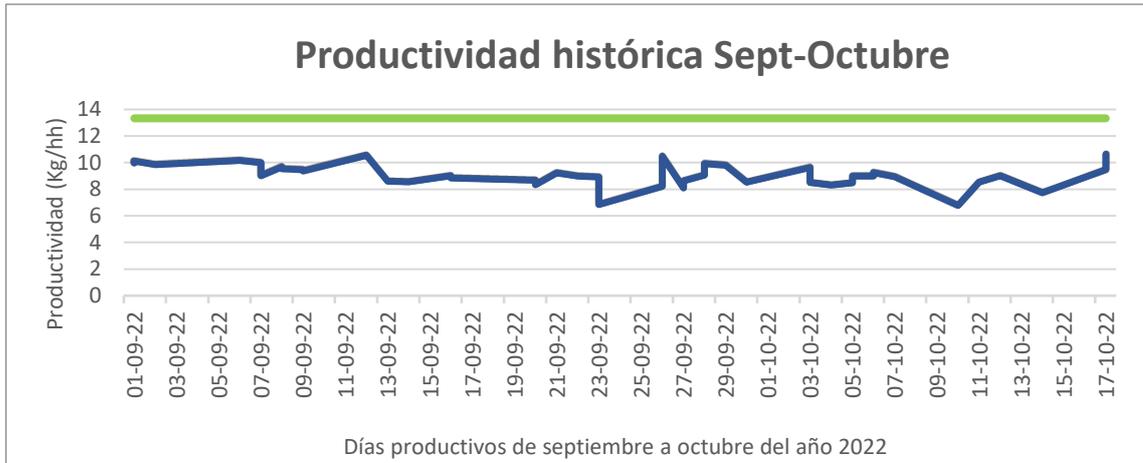


Figura 1.2 Productividad histórica de septiembre a octubre del año 2022 [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con La Productividad histórica de septiembre a octubre del año (Figura 1.2), la productividad en los dos últimos meses se ha mantenido por debajo de la productividad proyectada, por lo que se considera necesario el análisis de las actuales condiciones de la línea de producción para lograr un incremento en su capacidad.

La empresa ha planificado un aumento en la demanda de otros productos de la familia de banano para el año 2023, por lo que se requiere un incremento en la productividad de la línea de paletas de banano para reducir el tiempo de utilización del túnel, aprovechar la capacidad de congelación y liberar el área para la producción de la nueva demanda de productos vecinos.

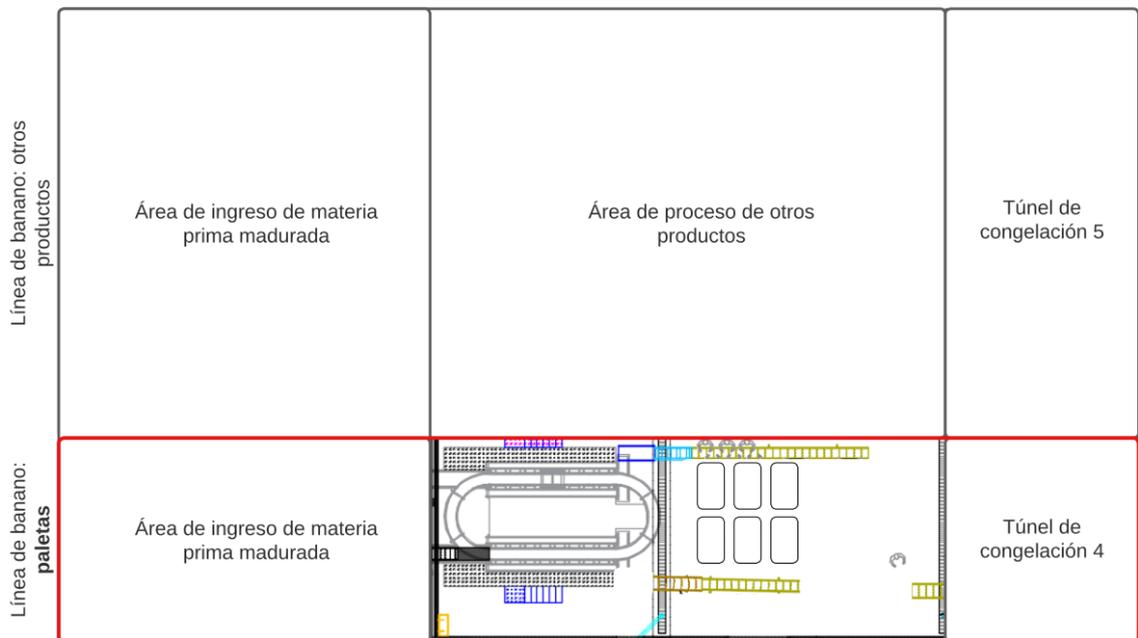


Figura 1.3 Layout de la empresa de alimentos congelados Área de banano

[Fuente: Fabricación propia]

Mediante el uso de la herramienta 5W se obtuvo lo siguiente:

- ¿Qué?
Una empresa de productos congelados presenta baja productividad
- ¿Cuándo?
Desde septiembre del 2022
- ¿Dónde?
En la línea de banano paleta
- ¿Qué tanto?
Durante este período el promedio de productividad es de 9 kg/hora-hombre
- ¿Cómo lo sé?
La productividad teórica de la línea es de 13,33 kg/hora-hombre

1.5 Alcance del proyecto

Para comenzar a estudiar el proceso de producción de banano en paleta, se elaboró un diagrama SIPOC que resume los proveedores, insumos, procesos, productos y clientes involucrados en la producción

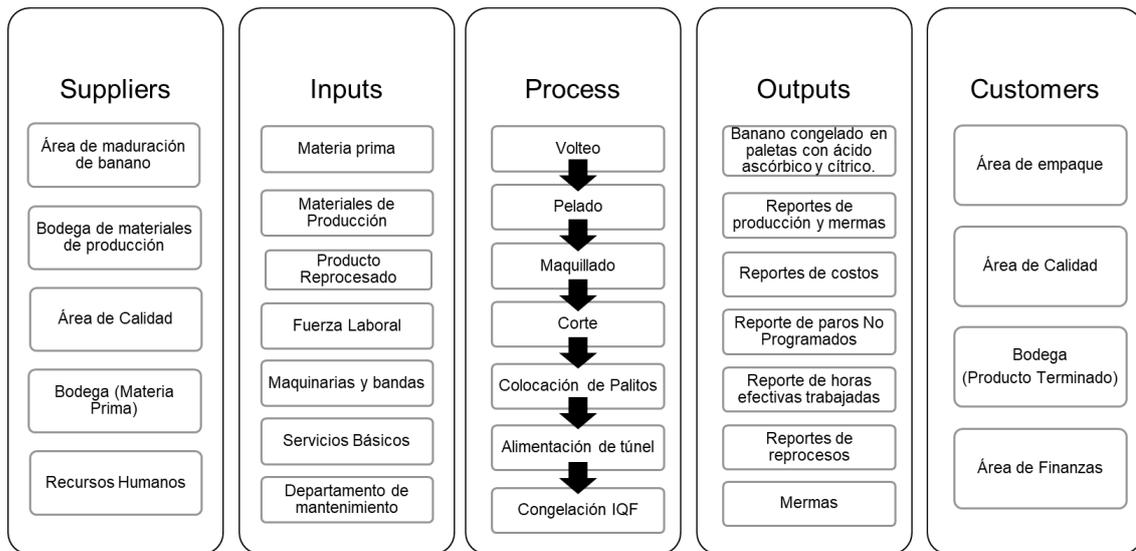


Figura 1.4 SIPOC del proceso productivo de banana paleta [Fuente: Fabricación propia]

1.6 Restricciones del proyecto

Para el desarrollo del proyecto es necesario considerar las siguientes restricciones del proceso:

- **Tiempo de producción:** la producción de la línea depende del ingreso de fruta a la planta, y esta a su vez depende de la temporada del año en la que se encuentre; el proyecto se desarrolla en la época de baja recepción de fruta, por lo que la jornada laboral se reduce a un único turno de 9,5 horas.
- **Calidad de materia prima:** la calidad de materia prima recibida en la temporada del período de estudio es más baja de lo habitual, por lo que la fruta tiene un rendimiento más bajo que otros trimestres del año.

1.7 Entregables del proyecto

- Análisis de Árbol crítico de la calidad (CTQ Tree)
- Identificación de causas raíz del problema.
- Prototipado de propuestas de mejora
- Establecimiento del plan de control para mejoras propuestas.
- Evaluación de resultados del proyecto

1.8 Equipo de trabajo

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con un equipo de trabajo conformado por: el jefe de producción de banano, responsable de coordinar la actividad productiva de la línea; el ingeniero de proyectos, quien lidera y brinda acompañamiento en el desarrollo de proyectos; el ingeniero de procesos, encargado de garantizar el flujo de operaciones en la planta, y los supervisores de línea, quienes monitorean las actividades operativas.

1.9 Justificación del problema

1.9.1 Justificación económica

Al incrementar la productividad de la línea de banano paleta se pueden reducir los costos totales por kilogramos, para lo cual se desarrollará un indicador que permite evaluar el impacto económico con respecto a la productividad

$$Productividad = \frac{\text{kilogramos producidos}}{\text{horas de mano de obra}} \quad (1.4)$$

$$Mano de obra = \text{personas} * \text{horas de producción} \quad (1.5)$$

1.9.2 Justificación ambiental

El impacto ambiental del proyecto se puede ver reflejado en la reducción de horas máquina necesarias para producir, lo que a su vez está asociado a la disminución en el consumo de kilowatts por hora, es decir, un menor consumo energético al mes.

$$kwh = \text{tasa consumo energético} * \text{horas máquina} \quad (1.6)$$

1.9.3 Justificación social

El proyecto plantea el análisis del actual proceso productivo, lo que conlleva el estudio de cada puesto de trabajo, y la evaluación de las condiciones ergonómicas para el desarrollo de las actividades del personal. A partir de este objetivo, se aborda la evaluación ergonómica del proceso mediante la herramienta RULA, la

cual estudia la exposición a riesgos por posturas inadecuadas y permite comparar el actual escenario de trabajo con escenarios propuestos.

$$\text{Indicador ergonómico} = \text{índice de riesgo de evaluación ergonómica} \quad (1.7)$$

1.10 Establecimiento del objetivo

De acuerdo con la situación mencionada en el apartado 1.4 el escenario actual de la línea cuenta con 60 operadores, donde el cuello de botella del proceso es el congelador IQF, el cual ha registrado un promedio histórico de producción del congelador de 540 kg/h, cuando su capacidad teórica es de 800 kg/h.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{kilogramos producidos}}{\text{mano de obra}} \quad (1.8)$$

$$\text{Productividad teórica} = \frac{800 \text{ [kg]}}{1 \text{ [h]} * 60 \text{ [personas]}} = 13,33 \text{ kg/hH}$$

$$\text{Productividad histórica} = \frac{540 \text{ [kg]}}{1 \text{ [h]} * 60 \text{ [personas]}} = 9 \text{ kg/hH}$$

A partir de la Ecuación (1.4) se obtuvo el GAP o diferencia entre la productividad histórica la productividad teórica de la línea, de la cual se plantea alcanzar un 70% como objetivo del proyecto DMAIC.

$$\text{GAP} = |\text{Productividad teórica} - \text{Productividad promedio}| \quad (1.9)$$

$$\text{GAP} = |13,33 - 9|$$

$$\text{GAP} = 4,33$$

$$\text{Cobertura del GAP} = 4,33 * 70\% = 3,03 \text{ kg/hH}$$

Por lo tanto, el objetivo del proyecto es incrementar la productividad en 3,03 puntos de productividad.

$$\text{Productividad objetivo} = |\text{Productividad promedio} + \text{Cobertura del GAP}| \quad (1.10)$$

$$\text{Productividad objetivo} = 9 + 3,03 = 12,03 \text{ kg/h}$$

1.11 Objetivos

1.11.1 Objetivo General

Incrementar la productividad de la línea de banano en paleta de una empresa de alimentos congelados de 9 kg/hH a 12,03 kg/hH, considerando que la capacidad de congelación permite una productividad de 13,33 kg/hH con la dotación del personal actual; para reducir el tiempo de proceso y disminuir los costos de producción en un periodo de 4 meses.

1.11.2 Objetivos Específicos

1. Levantar del proceso actual de producción de la línea.
2. Identificar causas raíz de variaciones en el proceso.
3. Generar propuestas de mejora de la línea que disminuyan las variaciones del proceso.
4. Realizar un análisis financiero para la selección de la propuesta de mejora con mayores beneficios económicos para la organización.

1.11.3 Plan de Actividades

A continuación, se adjunta el plan de actividades presentado para el desarrollo del proyecto mediante un diagrama de Gantt:

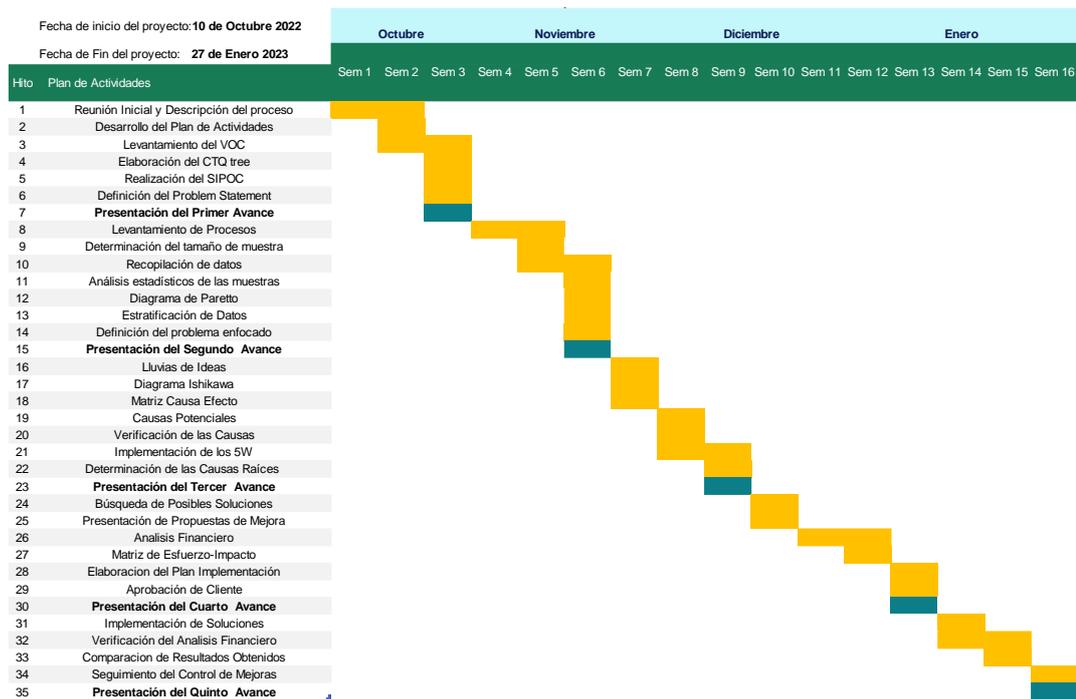


Figura 1.5 Plan de actividades [Fuente: Fabricación propia]

1.12 Marco teórico

Las definiciones y herramientas aplicables dentro del proyecto se detallan en los siguientes puntos:

1.12.1 SIPOC

La herramienta SIPOC presenta versatilidad en el desarrollo de proyectos, permitiendo que el usuario diagrame y delimite el flujo de materiales e información de una operación haciendo énfasis en los proveedores (Suppliers), entradas (Inputs), procesos (Process), salidas (Outputs) y clientes (Customers) involucrados (Ballou, 2004).

1.12.2 Voice Of Customer (VOC)

La técnica VOC (Voz del Cliente) tiene como objetivo identificar y recopilar las necesidades que un cliente desea recibir en un producto o servicio, expresadas en su propio lenguaje, para luego transformarlas en características cuantificables y precisas que contribuyan a mejorar los procesos (Coppenhaver, 2018).

1.12.3 DMAIC

La metodología DMAIC es una herramienta utilizada en el campo de gestión de procesos y mejora continua. Se utiliza para identificar y resolver problemas de manera sistemática, mediante el seguimiento de los cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Salado, 2015) .

1.12.4 CTQ

El CTQ o crítico de la calidad es un atributo o característica de un producto o servicio que es importante para el cliente y que tiene un impacto directo en su satisfacción. Es esencial conocer las expectativas y necesidades de los clientes, ya sean internos o externos, para poder determinar los CTQ (Arévalo, 2014). Existen varias maneras de determinar los CTQ, algunas de ellas son:

- Metas del negocio
- Entrevistas
- Encuestas
- Quejas
- Datos de Benchmarking
- Discusiones ejecutivas
- Discusiones de trabajo específico
- Matriz de Causa Efecto
- QFD
- Tendencias del mercado futuras

1.12.5 Productividad

Burgos define la productividad desde el punto de vista económico como la relación que existe entre los productos o bienes obtenidos y la cuantificación que se obtiene de los recursos utilizados para lograr alcanzar las metas definidas con anterioridad (Burgos, 1999).

Dentro del ámbito industrial, la productividad se considera un indicador esencial para evaluar el rendimiento en términos de tiempo, materiales y mano de obra. Esto permite determinar la capacidad de producción y los costos asociados que

indican la capacidad productiva de la línea y la eficiencia en la utilización de los recursos.

1.12.6 Eficiencia

La eficiencia consiste en utilizar los recursos disponibles de manera efectiva para lograr un objetivo específico. Se puede medir mediante la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos. Es importante tener en cuenta que la eficiencia no garantiza necesariamente el logro de resultados ideales u óptimos, sino solo el uso efectivo de los recursos disponibles. (Fernández-Ríos, Sánchez, 1997).

1.12.7 Eficacia

La eficacia se mide por la capacidad de una organización para alcanzar los resultados previstos. Se diferencia de la eficiencia en que ésta se refiere a la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos, mientras que la eficacia se refiere a si se han alcanzado los resultados esperados, independientemente de si se han utilizado o no los recursos de manera eficiente. (Fernández-Ríos, Sánchez, 1997).

1.12.8 Diagrama de Gantt

Los gráficos de barras o diagramas de Gantt fueron desarrollados por Henry L. Gantt para planificar y visualizar la duración, fechas de inicio y finalización, y tiempo total necesario para realizar una actividad. También permite seguir el progreso de cada actividad. El gráfico de Gantt consiste en un sistema de coordenadas con eje horizontal siendo la escala de tiempo y eje vertical las actividades con medidas tomadas en relación con la escala del eje horizontal.

1.12.9 Herramienta estadística ANOVA

ANOVA o Análisis de Varianzas, es una técnica que se utiliza para evaluar si existen diferencias significativas entre las medias de más de dos grupos, mediante

el cálculo de las varianzas entre ellas, con el objetivo de determinar si hay alguna diferencia entre los valores promedio de los grupos. Es una herramienta valiosa para investigar diferencias entre grupos de datos (Kim, 2014).

El ANOVA de una vía, también conocido como ANOVA de un factor, se utiliza cuando hay una sola variable independiente para clasificar a los sujetos en dos o más niveles. El método se basa en dos tipos de hipótesis: la hipótesis nula, que plantea que las medias de las K poblaciones son iguales, y la hipótesis alternativa, que propone que al menos una de las poblaciones tiene un valor esperado diferente. Este contraste es crucial en el análisis de resultados experimentales, ya que permite comparar los resultados de diferentes tratamientos o factores en relación con la variable dependiente o de interés (Dagnino, 2014).

Para el método ANOVA es esencial el conocimiento de la siguiente terminología:

- Variable dependiente: El factor que se mide y se espera que sea influenciado por las variables independientes. También se conoce como variable de respuesta o variable de resultado.
- Variables independientes: Aquellos factores que se miden tienen el potencial de afectar a la variable dependiente.
- Hipótesis nula (H_0): Ocurre cuando no hay diferencia entre los grupos o promedios. Dependiendo del resultado del ANOVA, se aceptará o rechazará la hipótesis nula.
- Hipótesis alternativa (H_1): Se plantea cuando se cree que hay una diferencia entre los grupos y promedios.
- Prueba F: La prueba F se llama así en honor al científico inglés Ronald Fisher y su estadística de prueba F es un cociente de dos varianzas, que es una medida de dispersión de los datos con respecto a la media. Valores más altos de la estadística F representan una mayor dispersión en los datos.

Para determinar si las medias de los grupos son iguales, se incluyen las varianzas correctas en la relación F. En un ANOVA de un solo factor, F es una proporción de variación entre las medias de las muestras y variación dentro de las muestras.

- Estadística F: es el estadístico para las pruebas F. En general, es un cociente de dos cantidades que se espera que sean aproximadamente iguales bajo la hipótesis nula, produciendo una estadística F de aproximadamente 1 (Berlanga Silvent & Rubio Hurtado, 2012)
- Valor P: partiendo del supuesto de que la hipótesis nula es verdadera, se usa el valor P para determinar si la prueba estadística es probable o no que sea cierta. Si el valor P es menor a 0,05, se considera poco probable que la hipótesis nula sea cierta, por lo tanto, se rechaza y se adopta la alternativa. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de cometer un error de tipo 1, referente a rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera. Por otro lado, si el valor P es mayor a 0,05, no se afirma que la hipótesis nula sea verdadera, ya que puede ser que la diferencia sea real pero el estudio no tenga la capacidad para detectarla, lo que se conoce como un error de tipo 2. Es importante tener en cuenta que nunca se puede afirmar que la hipótesis nula sea cierta, únicamente que no se rechaza (Molina Arias, 2017).

La prueba ANOVA utiliza la estadística F para evaluar estadísticamente la igualdad de las medias.

La relación de variabilidad entre los grupos y variabilidad dentro de los grupos sigue una distribución F cuando la hipótesis nula es verdadera. Como la distribución F asume que la hipótesis nula es verdadera, se puede comparar el valor F del estudio con la distribución F para determinar la consistencia de los resultados con la hipótesis nula y calcular las probabilidades.

1.12.10 Herramienta RULA

RULA es el acrónimo de Rapid Upper Limb Assessment o Valoración Rápida de los Miembros Superiores, es una herramienta de análisis ergonómico que evalúa la exposición de las personas a posturas, fuerzas y actividad muscular que pueden contribuir a la aparición de desórdenes musculoesqueléticos de extremidad superior.

El método se basa en la observación y puntos de las posiciones de los segmentos corporales, y se puntúa de manera más alta a medida que las posturas están más desviadas de la posición natural.

En la evaluación de la postura utilizando RULA, se calculan inicialmente puntos separados para el brazo, antebrazo y muñeca (grupo A) y para el tronco, cuello y piernas (grupo B). Luego, estos puntos se combinan para obtener la puntuación final de la postura. Además, se otorgan puntos adicionales a las posturas en función de las fuerzas o cargas manipuladas y de la ocurrencia de actividad muscular estática o repetitiva.

Después de combinar los puntos y otorgar puntos adicionales, la puntuación final en RULA se interpreta en cuatro niveles diferentes, cada uno con sus correspondientes acciones recomendadas. Una puntuación de 1 o 2 indica que la postura es aceptable si no se mantiene o repite durante largos períodos de tiempo, mientras que una puntuación de 7 indica que se requieren investigaciones y cambios inmediatos. Los niveles intermedios proporcionan recomendaciones para la monitorización regular y la implementación de mejoras (McAtamney & Corlett, 1993).

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se aplicó la metodología DMAIC, la cual contempla cinco etapas: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control.

2.1 Medición

Una vez establecida la etapa de definición, donde se determinan los objetivos del proyecto, se procede con siguiente etapa del proceso: la medición.

Las mediciones detallan las actividades establecidas para la correcta toma de datos. Un diagrama de proceso que muestra las operaciones específicas realizadas en la producción de bananos congelados en tarimas como una de las primeras actividades

2.1.1 OTIDA

El diagrama OTIDA detalla mediante el levantamiento del proceso actual realizado por los estudiantes, donde se verifican las actividades específicas por puesto de trabajo, su tipo de actividad referente a Operación, Transporte, Inspección, Espera y Archivo; y su condición de agregar valor para el cliente.

Tabla 2.1 Diagrama Otida [Fuente: Fabricación propia]

PROCESO				O	T	I	D	A	
N	Actividad	Sub actividades	Agrega valor	Actividad fábrica oculta	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento o Archivo
1	Volteo de fruta	Voltear bins de fruta en tinas	NAV		●				
2		Desinfectar fruta	AV		●				
3		Transportar fruta en banda	NAV			→			
4	Pelado	Pelar la fruta	AV		●				
5		Transportar fruta pelada	NAV			→			
6	Corte y armado	Empujar fruta manualmente en la banda	NAV	X		→			
7		Recoger fruta de la banda en un balde	NAV	X	●				
8		Alimentar la mesa con un balde con fruta	NAV	X	●				
9		Maquillar la fruta	AV		●				
10		Tomar una bandeja	NAV		●				
11		Colocar la fruta en la bandeja	NAV		●				
12		Cortar la fruta sobrante en la bandeja	AV		●				
13		Limpiar mesa de residuos de fruta							
14		Acumular bandejas llenas	NAV						▼
15		Sumergir las bandejas con producto en ácido	AV		●				
16	Colocar las bandejas en un extremo de la mesa	NAV		●					
17	Colocación de palitos	Tomar bandejas	NAV		●				
18		Tomar un puñado de palitos	NAV		●				
19		Colocar palitos en bananos en bandeja	AV		●				
20		Colocar la bandeja en un extremo de la mesa	NAV		●				
21	Alimentación de tunel	Acumular bandejas llenas	NAV						▼
22		Llevar las bandejas a la banda	NAV			→			
23		Voltear las bandejas en la banda	AV		●				
24		Lavar las bandejas vacías	AV		●				
25		Llevar las bandejas vacías a la mesa	NAV						
26		Maquillar banano en paleta	NAV	X	●				
27		Recolocar palito	NAV	X	●				
28		Seleccionar producto no conforme	NAVN		●				
29		Dispersar el producto en la banda	NAV		●				

Actividades	Simbología
Operación	●
Transporte	→
Inspección	■
Espera	◐
Almacenamiento	▼

Figura 2.1 Resumen OTIDA [Fuente: Fabricación propia]

Tabla 2.2 Resumen de valor de actividades OTIDA [Fuente: Fabricación propia]

Resumen de actividades	Cantidad	Porcentaje
Total de actividades	29	100%
Actividades que agregan valor	8	27,59%
Actividades que no agregan valor	20	68,97%
Actividades no agregan valor, pero son necesarias	1	3,45%

Como resultado se obtuvo que el 28.57% de actividades del proceso de fabricación de banano paletas le agrega valor al cliente, el 67.86% corresponden a actividades que no agregan valor y el 3.57% a actividades que no agregan valor, pero son necesarias.

Por otro lado, se identificaron las actividades de fábrica oculta, referentes a actividades que no forman parte del proceso definido y son fuentes potenciales de desperdicio, las cuales representan el 18% de las actividades.

Posterior a la descripción del diagrama OTIDA (Tabla 2.1), se determinó que las actividades que agregan valor al cliente, es decir, aquellas que le otorgan características físicas, químicas u organolépticas al producto y por las que el cliente está dispuesto a pagar son: desinfección, pelado, maquillado, corte, colocación de palitos y limpieza de bandejas. A continuación, se detallan las respectivas especificaciones técnicas definidas por el cliente:

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas definidas por el cliente [Fuente: Fabricación propia]

N	Actividad	Valor para el cliente	Parámetros físicos	Parámetros biológicos	Especificación
2	Desinfección de fruta con cáscara	Nivel de coliformes dentro de especificaciones		x	<100 ufc/g
4	Pelar la fruta	Producto sin cáscara y piel	x		Ausencia

9	Maquillar la fruta	Producto sin defectos	x		Bajo porcentaje de manchas, grumos, y piezas pegadas
12	Cortar la fruta sobrante en la bandeja	Altura de banano adecuada	x		10 cm
15	Sumergir las bandejas con producto en ácido	Banano con ácido ascórbico y ácido cítrico	x		Acorde concentración de ácido
19	Colocar palitos en los bananos de la bandeja	Bananos cortados con un palito por unidad	x		Banano en mitades con palito
24	Lavar las bandejas vacías	Nivel de coliformes dentro de especificaciones		x	<100 ufc/g

2.1.2 Descripción del proceso

De acuerdo con el diagrama OTIDA Tabla 2.1, el proceso consta de cinco etapas principales:

- Volteo: referente a la actividad que alimenta el proceso de la línea de banano, consiste en el movimiento, volteo y descarga de bins de fruta madurada, mediante un montacargas hacia las tinas de desinfección; allí reciben un lavado y son trasladadas en una banda transportadora hacia los carruseles de pelado.
- Pelado: el banano con cáscara se transporta en un carrusel conformado por dos bandas, alrededor del cual los operadores se ubican para la selección de fruta, pelado de cáscara y desecho de desperdicios. La fruta pelada es colocada en una banda exclusiva que se encuentra paralela a las bandas del carrusel.
- Corte y Armado: consiste en la selección y la preparación de fruta pelada para el armado de bandejas. La fruta escogida recibe maquillaje de manchas y puntas y es posteriormente colocada en bandejas de acero de quince bananos de capacidad. Una vez llenada la bandeja, recibe un corte

transversal con cuchillo y es finalmente sumergida de forma manual en tinas de ácido cítrico y ascórbico.

- Colocación de Palitos: El operador toma la bandeja con producto y la lleva hasta un extremo de la mesa, coloca manualmente un palito de madera en la mitad del del banano.
- Alimentación de Túnel: El operador espera a que se acumulen bandejas de bananos con palito para luego transportarlas hacia la banda de alimentación del congelador IQF (Individual Quick Freezing). La persona encargada voltea las bandejas con producto, deposita la fruta en la banda, retira las bandejas vacías y las sumerge en ácido peracético para su limpieza. Posteriormente, el banano ingresa a congelación y a su salida es esparcido y seleccionado para su envasado en cajas de 198 unidades.

2.1.3 Plan de Recolección de Datos.

El proceso de recolección de datos busca determinar información real y útil que permita direccionar el enfoque del problema, por lo cual se realizó el análisis de datos con respecto a las variables que explican y tienen relación con la variable respuesta definida: La productividad.

Las variables independientes establecidas como variables que tienen influencia sobre la variable respuesta son:

- Kilogramos producidos por hora
- Cantidad de personas por turno
- Grados Brix de la fruta en el mes
- Peso de la fruta en el mes

Tabla 2.4 Plan de recolección de datos [Fuente: Elaboración propia]

Datos				Operaciones y procedimientos						
X	Que?	Unidad de medida	Tipo de datos	Variable	Factores de estratificación	Fuente	Cuando?	Cómo?	Donde?	Quién?
X1	kilogramos producidos por hora	kg/h	Continuo	Kg producidos por turno	Qué? Kg producidos por turno Donde? En el túnel 4 del área de banano, en la línea de banano paleta Cuando? Desde el mes septiembre a octubre del 2022, durante el turno A y turno B	Tomado de los registros del área de producción	Measure Phase October-November 2022	Datos históricos	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
				kg producidos por estación de trabajo por minuto	Qué? Unidades peladas por minuto Donde? En la estación de trabajo de <i>Pelado de fruta</i> Quién? A. Best case: Operador más rápido B. Normal case: Operador promedio C. Worst case: Operador más lento Cuando? En el mes de octubre-noviembre	Muestreo de datos: Conteo de unidades peladas durante 1 minuto	Measure Phase October-November 2022	GEMBA (walk)	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
					Qué? Bananos armados por minuto Donde? En la estación de trabajo de <i>Corte y armado de bandeja</i> Quién? A. Best case: Operador más rápido B. Normal case: Operador promedio C. Worst case: Operador más lento Cuando? En el mes de octubre-noviembre	Muestreo de datos: Conteo de unidades colocadas en molde durante 1 minuto	Measure Phase October-November 2022	GEMBA (walk)	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
					Qué? Bananos colocados con palito por minuto Donde? En la estación de trabajo de <i>Colocación de Palitos</i> Quién? A. Best case: Operador más rápido B. Normal case: Operador promedio C. Worst case: Operador más lento Cuando? En el mes de octubre-noviembre	Muestreo de datos: Conteo de cuantos palitos son colocados en bananos en molde por 1 minuto	Measure Phase October-November 2022	GEMBA (walk)	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
					Qué? Bandejas volteadas en banda por minuto Donde? En la estación de trabajo de <i>Alimentación de túnel</i> Quién? Operador promedio Cuando? En el mes de octubre-noviembre	Muestreo de datos: Bandejas volteadas en banda durante un 1 minuto	Measure Phase October-November 2022	GEMBA (walk)	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
X2	Cantidad de personas por turno	personas / turno	Discreto	Cantidad de personas por turno	Qué? Número de personas empleadas por turno Donde? En el túnel 4 del área de banano, en la línea de banano paleta Cuando? Desde el mes septiembre a noviembre del 2022, durante el turno A y turno B	Registros de la data histórica de producción.	Measure Phase October-November 2022	Datos históricos	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
X3	Grados Brix de la fruta por turno	grados Brix/ mes	Continuo	Grados Brix promedio de la fruta por turno	Qué? Grados Brix promedio de la fruta en un turno Donde? En el carrusel de fruta que alimenta a línea 4 Quién? Personal de muestreo de calidad Cuando? En el mes de octubre-noviembre	Registros de la data histórica del Dpto. de Calidad	Measure Phase October-November 2022	Datos históricos	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)
X4	Peso de la fruta por turno	gramos/ turno	Continuo	Peso promedio de la fruta/ turno	Qué? Peso promedio de la fruta en un turno Donde? En el carrusel de fruta que alimenta a línea 4 Quién? Personal de muestreo de calidad Cuando? En el mes de Septiembre - Octubre	Registros de la data histórica del Dpto. de Calidad	Measure Phase October-November 2022	Datos históricos	Línea de producción túnel 4	Project Leaders (Anthony García/ Xiomara Zapata)

El plan de recolección de datos (Tabla 2.4) considera las variables independientes, la unidad de medida, el tipo de dato, los factores de estratificación para su correcta medición, la fuente, el período de tiempo, el método de recolección de datos, el departamento de la empresa que genera los datos y los responsables de la obtención de información de calidad.

Tomando en cuenta que el proceso de producción de banano en paleta es predominantemente manual, se considera el muestreo de la variable Kilogramos producidos por hora de acuerdo con su estratificación en habilidades de cada operador, por esta razón, se categorizó la toma de datos de la variable X1, en tres escenarios posibles:

- A. Operador con alta habilidad en el manejo de fruta, denominado como “Best Case”.
- B. Operador con mediana habilidad en el manejo de fruta, denominado como “Normal Case”.
- C. Operador con poca habilidad en el manejo de fruta, denominado como “Worst Case”.

El Plan de recolección de datos Tabla 2.5 se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2.5 Resumen de plan de recolección de datos [Fuente: Fabricación propia]

Variable	Descripción	Método	Muestra
X1	Registros de kilogramos producidos por turno	Data histórica	N/A
X1	kg producidos por estación de trabajo por minuto	Gemba	Sí
X2	Registro de personal	Data histórica	N/A
X3	Grados Brix/mes	Data histórica	N/A
X4	Peso	Data histórica	N/A

2.1.4 Plan de Validación de Datos.

Los datos obtenidos mediante el plan de recolección de datos deben ser validados en forma cuantitativa para determinar su confiabilidad y precisión, por lo que se utilizaron métodos estadísticos para comprobar su validez y ser utilizados en análisis posteriores. La Tabla 2.6 se detalla los métodos de validación por variable.

Tabla 2.6 Resumen de plan de Validación de datos [Fuente: Fabricación propia]

Variable	Datos	Descripción	Método	Muestra
X1	Kg producidos por hora por estación de trabajo	Se realizó la comparación de medias entre datos históricos y los datos observados de kilogramos horas por estación de trabajo	Gemba & Data histórica	N/A

X2	Cantidad de personas en línea	Se realiza la comparación de medias entre la cantidad de personas reportadas y las personas observadas en los turnos de trabajo	Gemba & Data histórica	N/A
X3	Grados Brix del banano	Se realiza la comparación de medias entre los datos de los grados Brix de la fruta registrados históricamente y los grados Brix analizados por los estudiantes en el laboratorio del departamento de Calidad de la empresa de estudio.	Gemba & Data histórica	N/A
X4	Peso de paleta de banano	Se realiza la comparación de medias del peso de banano registrado históricamente y el peso del banano obtenido por los estudiantes en el laboratorio del departamento de Calidad de la empresa de estudio.	Gemba & Data histórica	N/A

Se realizó una evaluación rigurosa para verificar la precisión de los datos recolectados, comparando los datos históricos proporcionados por la empresa con los datos observados en el lugar de trabajo (GEMBA). Se aplicó el método estadístico de ANOVA para analizar las similitudes en las medias de las variables evaluadas, con el objetivo de determinar la confiabilidad de los datos recolectados.

2.1.5 . Validación de variable: Kg producidos por hora por estación de trabajo

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

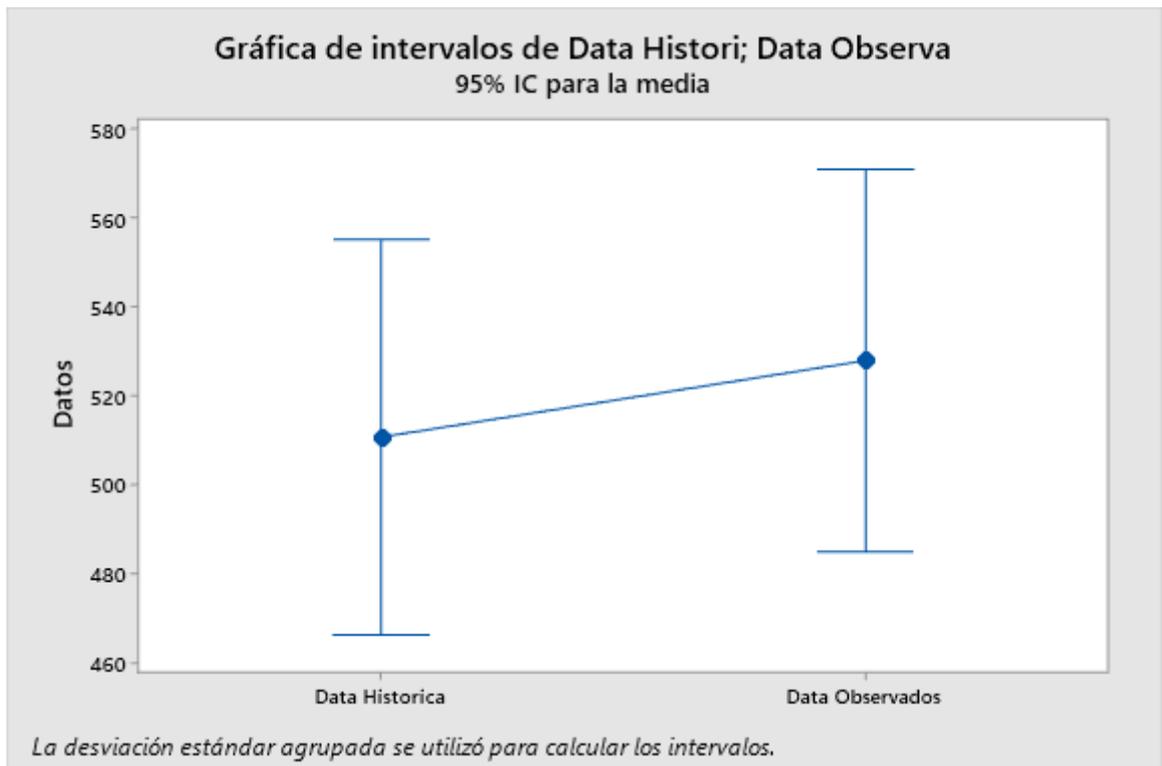


Figura 2.2 Intervalo de kilogramos producidos [Fuente: Fabricación propia]

Para el análisis de varianza ANOVA se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2.7 Resultados de análisis de varianza de kilogramos producidos [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	4580	4580	0.31	0.579
Error	60	884685	14745		
Total	61	889264			

Dado que el valor P obtenido es mayor a 0.05, no se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que los datos históricos reportados y los datos observados tienen medias iguales. Con esto se concluye que los datos otorgados por la empresa de estudio son confiables.

2.1.5.1 Validación de variable Cantidad de personas en línea

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

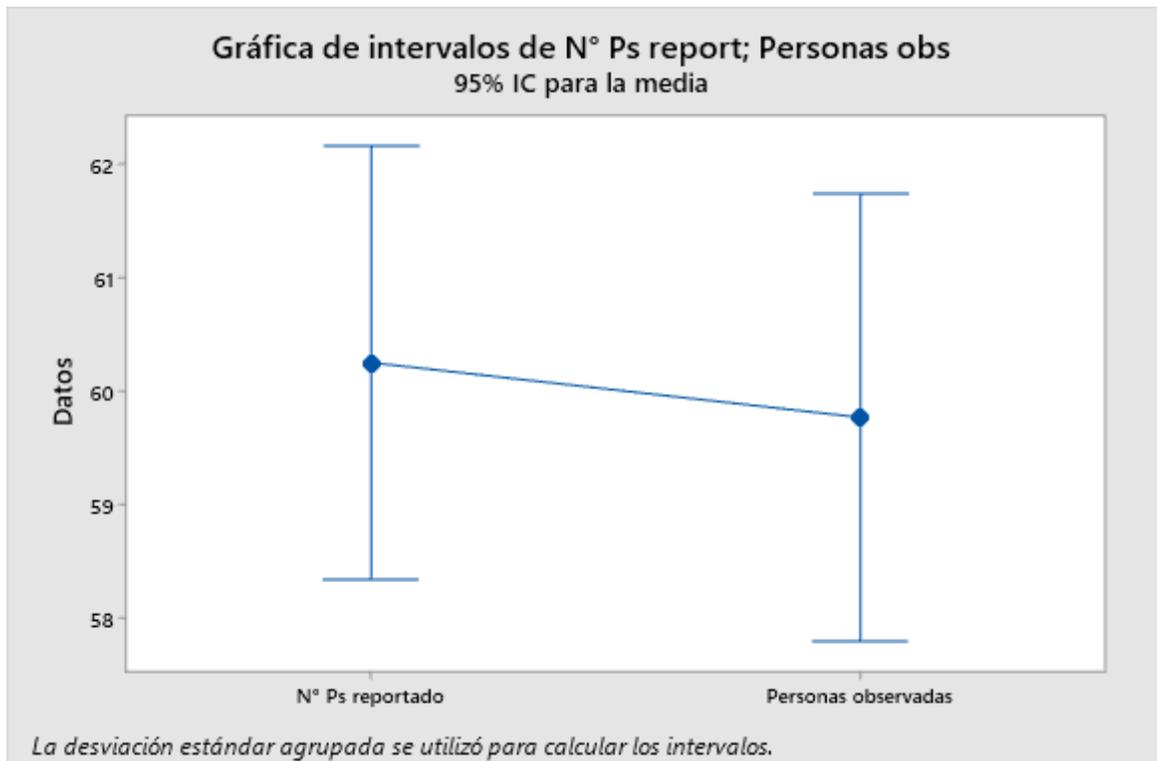


Figura 2.3 Intervalo de variable Cantidad de personas en línea [Fuente: Fabricación propia]

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2.8 Resultados de análisis de varianza de Cantidad de personas en línea [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	3.62	3.617	0.12	0.727
Error	60	1757.37	29.289		
Total	61	1760.98			

Dado que el valor P obtenido es mayor a 0.05, no se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que los datos históricos reportados y los datos observados tienen medias iguales. Con esto se concluye que los datos otorgados por la empresa de estudio son confiables.

2.1.5.2 Validación de variable Grados Brix del Banano

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H0: Todas las medias son iguales y H1: No todas las medias son iguales considerando un nivel de significancia de 0.05.

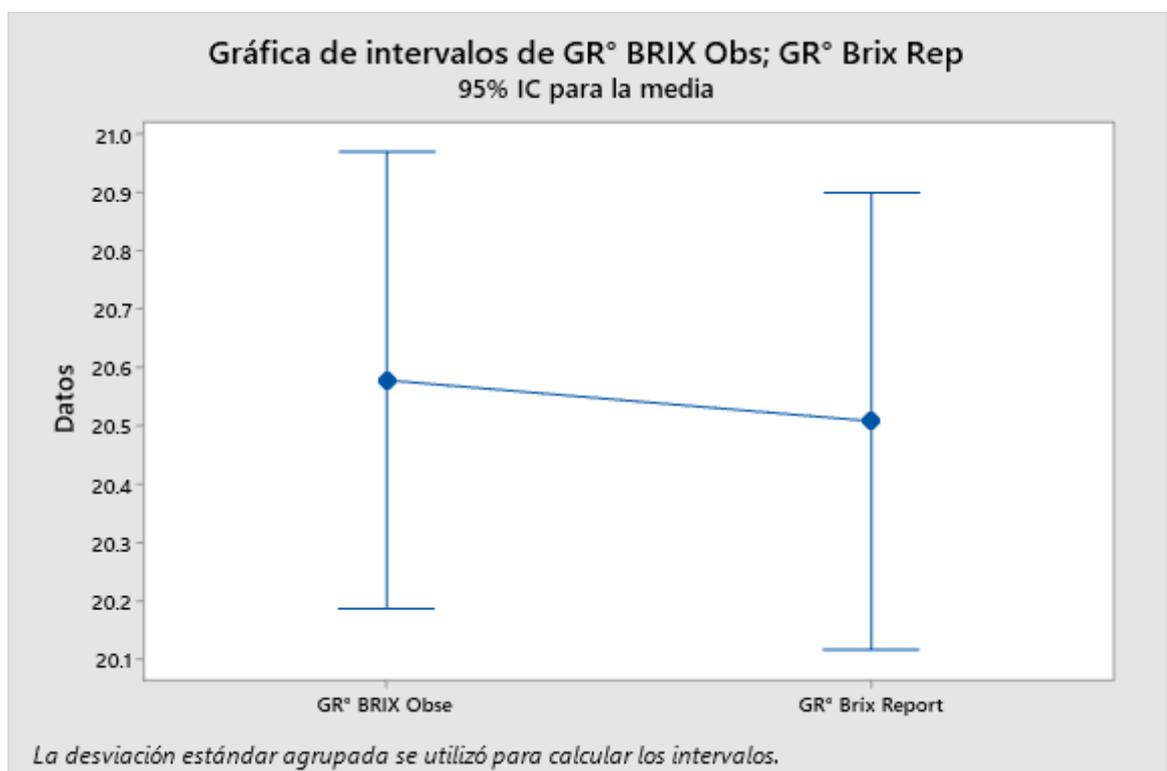


Figura 2.4 Intervalos de grados Brix del banano [Fuente: Fabricación propia]

Tabla 2.9 Resultados de análisis de varianza de grados Brix del banano [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.0735	0.07350	0.06	0.801
Error	58	66.4923	1.14642		
Total	59	66.5658			

Dado que el valor P obtenido es mayor a 0.05, no se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que los datos históricos reportados y los datos observados tienen medias iguales. Con esto se concluye que los datos otorgados por la empresa de estudio son confiables.

2.1.5.3 Validación de variable Peso de paleta de banano

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H0: Todas las medias son iguales y H1: No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

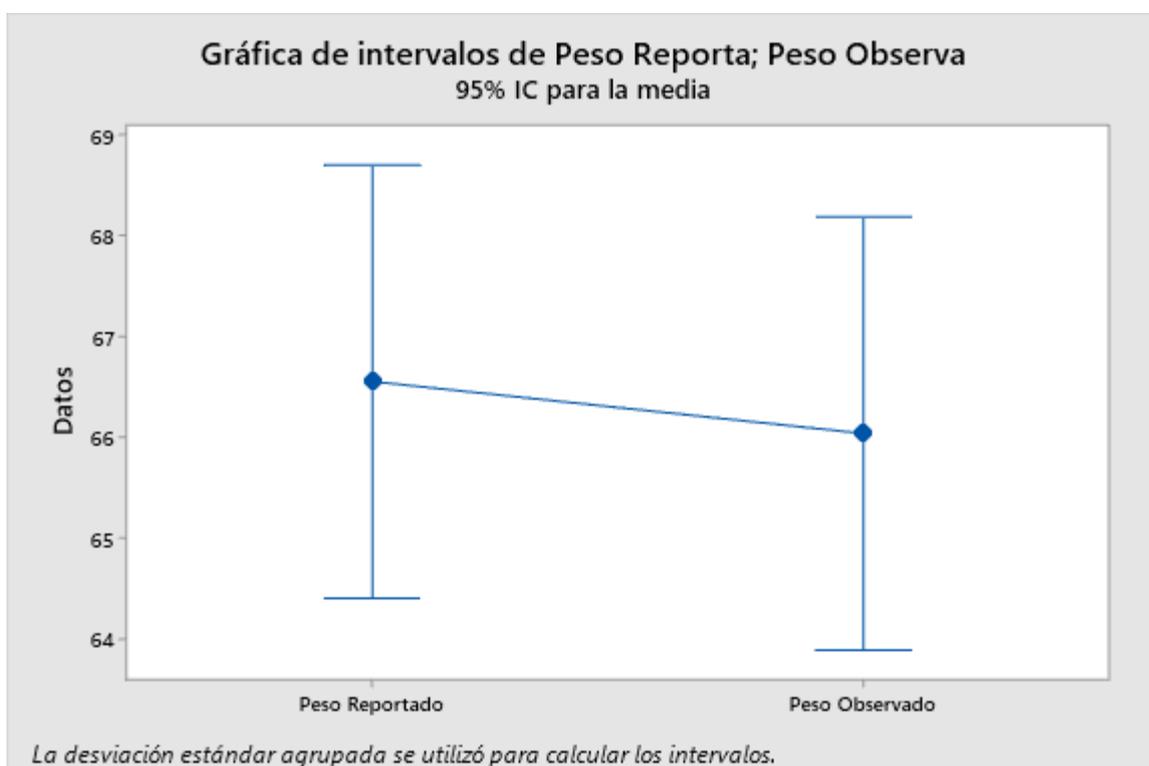


Figura 2.5 Intervalos de Peso de paleta de banano [Fuente: Fabricación propia]

Tabla 2.10 Resultados de análisis de varianza de Peso de paleta de banano [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	3.97	3.973	0.12	0.736
Error	58	2002.01	34.517		
Total	59	2005.98			

Dado que el valor P obtenido es mayor a 0.05, no se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que los datos históricos reportados y los datos observados tienen medias iguales. Con esto se concluye que los datos otorgados por la empresa de estudio son confiables.

2.1.6 Muestreo

2.1.6.1 El Tamaño de Muestra

Una vez validados los datos obtenidos por parte de la empresa, se procede a calcular el tamaño de muestra necesario para la evaluación de variables que no cuentan con información histórica, como es el caso de la variable Kg producidos por estación de trabajo por minuto; para lo cual, se calculó el tamaño de muestra requerido por cada puesto de trabajo, considerando una muestra preliminar de 30 datos por estación.

$$n = \left(\frac{2s}{d} \right)^2 \quad (2.1)$$

Tabla 2.11 Tamaño de Muestra Preliminar [Fuente: Fabricación propia]

Habilidad del operador	Pelado			Armado de bandejas			Colocador de palitos			Alimentador túnel
	Worst case	Normal case	Best case	Worst case	Normal case	Best case	Worst case	Normal case	Best case	Normal case
Unidad medición	Unidades/min			Unidades/min			Unidades/min			Bandejas/min
Promedio (unidades/min)	10,03	21,80	33,57	13,64	19,30	24,97	29,37	43,97	58,57	11,10
Desviación estándar	1,71	12,10	2,93	4,27	8,08	6,95	4,31	15,55	5,66	4,26
Coefficiente de variación	17%	56%	9%	31%	42%	28%	15%	35%	10%	38%
Tamaño de muestra requerido	34	356	9	114	203	90	25	145	11	171

La toma de datos se realizó de acuerdo con el tamaño de muestra requerido por estación de trabajo, tomando en cuenta el muestreo aleatorio durante la jornada laboral de 11:00 a 19:30.

Luego de haber recolectado la cantidad de datos necesaria para el muestreo, se obtuvo el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de cada grupo de datos por estación de trabajo y caso de habilidad del operador específico.

Tabla 2.12 Resultados de muestreo de variable "Tasas de producción por puestos de trabajo" [Fuente: Fabricación propia]

	Pelado			Armado de moldes			Colocación palitos			Alimentación túnel
Habilidad del operador	Worst	Normal	Best	Worst	Normal	Best	Worst	Normal	Best	Normal case
Unidad medición	Unidades/min			Unidades/min			Unidades/min			Bandejas/min
Promedio	12,3	22,2	32,8	10,3	18,1	22,6	11,5	32,3	50,7	12,7
Desviación estándar	2,5	6,7	3,7	3,7	5,4	8,3	3,8	10,3	9,8	5,2
Coeficiente de variación	20%	30%	11%	36%	30%	37%	33%	32%	19%	9%

2.1.7 Estudio de variable respuesta

De acuerdo con el análisis de la variable respuesta Productividad, para determinar la normalidad de los datos y posteriormente, su capacidad para cumplir con la meta propuesta de 12,03 kg/hH.

2.1.8 Prueba de normalidad de variable respuesta

La data histórica de la variable respuesta Productividad se sometió a la prueba de normalidad evaluando los meses de septiembre y octubre.



Figura 2.6 Prueba de Normalidad. Datos históricos de la variable Productividad
 [Fuente: Fabricación propia]

Mediante la aplicación de la prueba estadística de normalidad, se evaluó los datos de productividad de los datos históricos obtenidos en meses de septiembre y octubre del año 2022, a partir de la cual se obtuvo un valor P de 0.930, lo cual al ser un valor mayor a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis Nula. La data sigue una distribución normal.

2.1.8.1 Análisis de Capacidad variable respuesta

Una forma de evaluar si un proceso es capaz de cumplir con los requisitos del cliente es mediante un análisis de capacidad, el cual compara la variabilidad del proceso con la variabilidad permitida según los requisitos del cliente. Si el proceso está bajo control estadístico y su variabilidad es menor a la permitida, entonces se considera que el proceso es capaz (Otamendi & Díaz, 2011).

Para mejorar la capacidad de prever cuántos productos del proceso cumplirán con las especificaciones, se creó el índice Cp, conocido como Índice de Capacidad Potencial del Proceso. Este índice permite medir la variabilidad permitida del

proceso en relación con la variabilidad real del proceso (Hernández & Da Silva, 2016)

Se procede a realizar un análisis de capacidad con los datos históricos de la variable respuesta Productividad, a fin de evaluar si las actuales condiciones del proceso permiten alcanzar el objetivo planteado del proyecto.

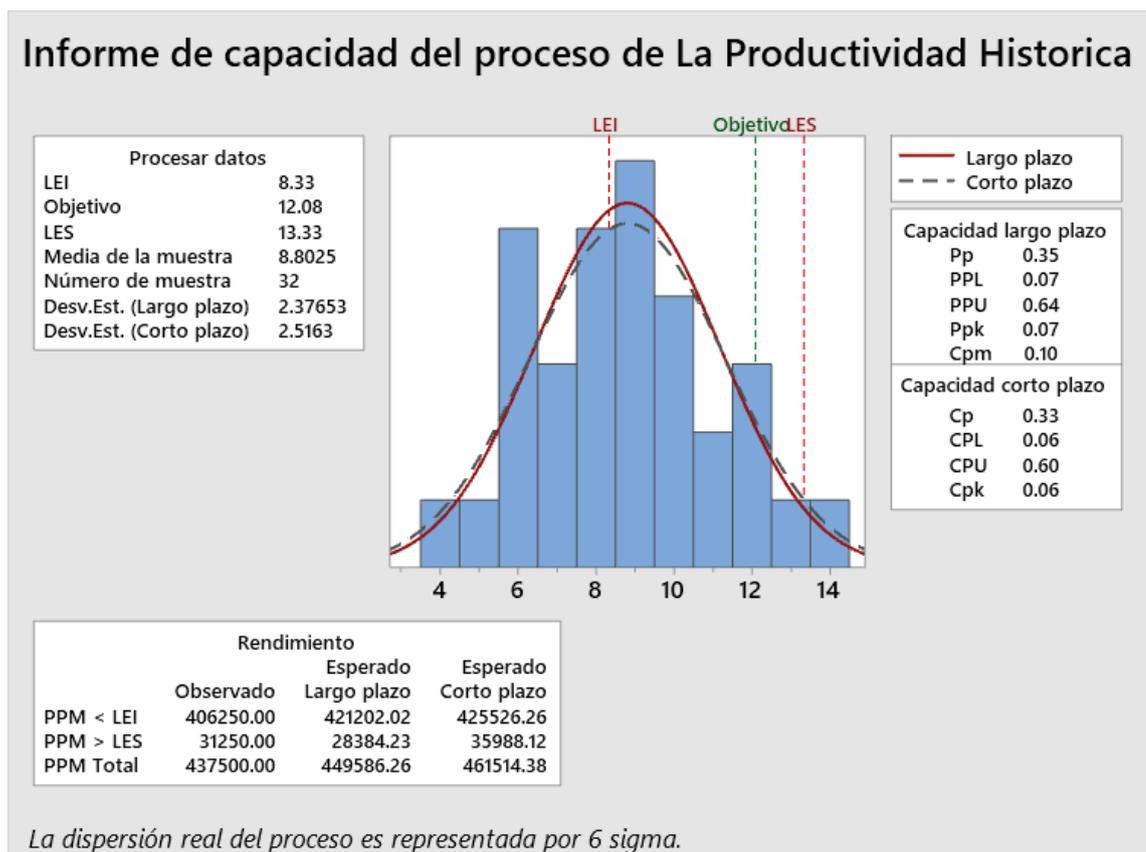


Figura 2.7 Análisis de Capacidad. Productividad Data Histórica [Fuente: Fabricación propia]

En base a los datos obtenidos mediante el análisis de capacidad, se procede con la siguiente categorización de los resultados, indicando los rangos del valor Cp que determina que tan capaz puede llegar a ser el proceso en base a los requisitos del cliente.

Tabla 2.13 Interpretación de valor Cp para análisis de capacidad [Fuente: Fabricación propia]

Valor Cp	Interpretación valor Cp
$Cp > 1.33$	Proceso Adecuado
$1 < Cp < 1.33$	Proceso Parcialmente Adecuado
$Cp < 1$	Proceso No Adecuado

A partir del Análisis de capacidad (Figura 2.7) se puede evidenciar un Cp menor a 1, lo que indica, de acuerdo con la Interpretación de valor (Cp Tabla 2.13), el actual proceso no es adecuado o para alcanzar el objetivo de 12,03 kg/hH.

2.1.9 Gráficas de control por estación de trabajo

Se realizó un análisis de control por cada estación de trabajo con el objetivo de visibilizar la estabilidad del cada proceso e identificar puntos fuera de control.

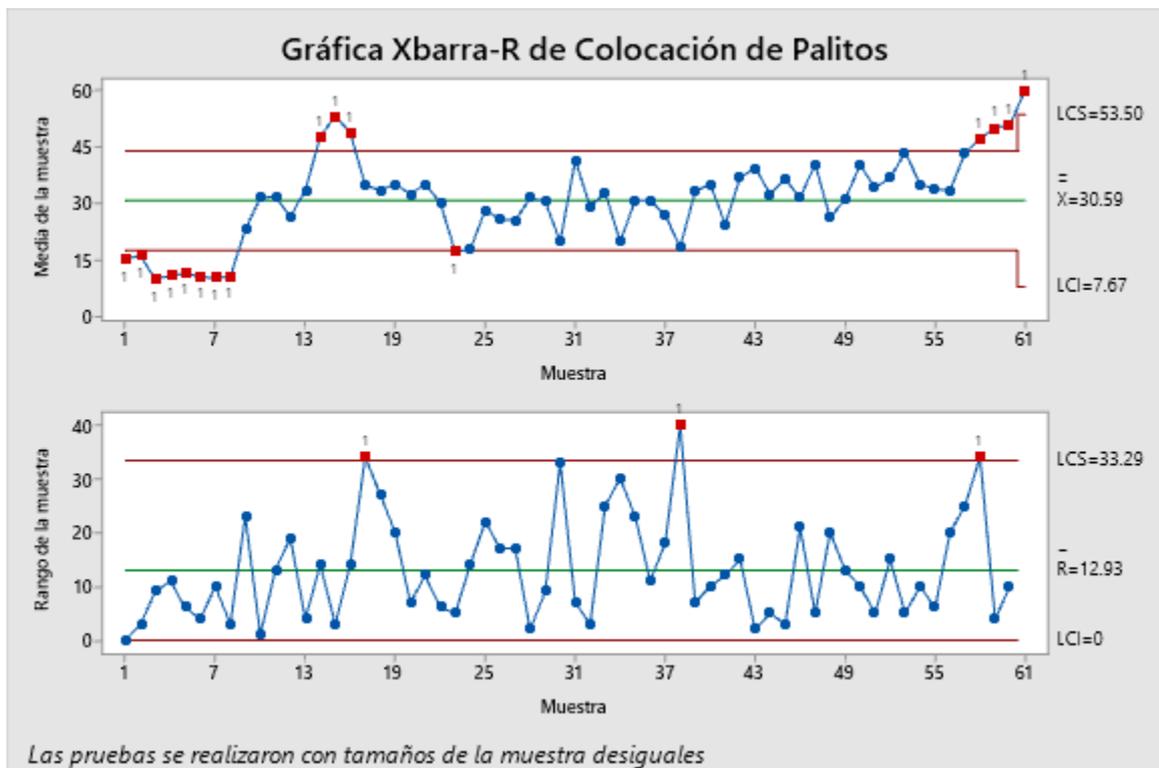


Figura 2.8 Gráfica de control de estación Pelado [Fuente: Fabricación propia]

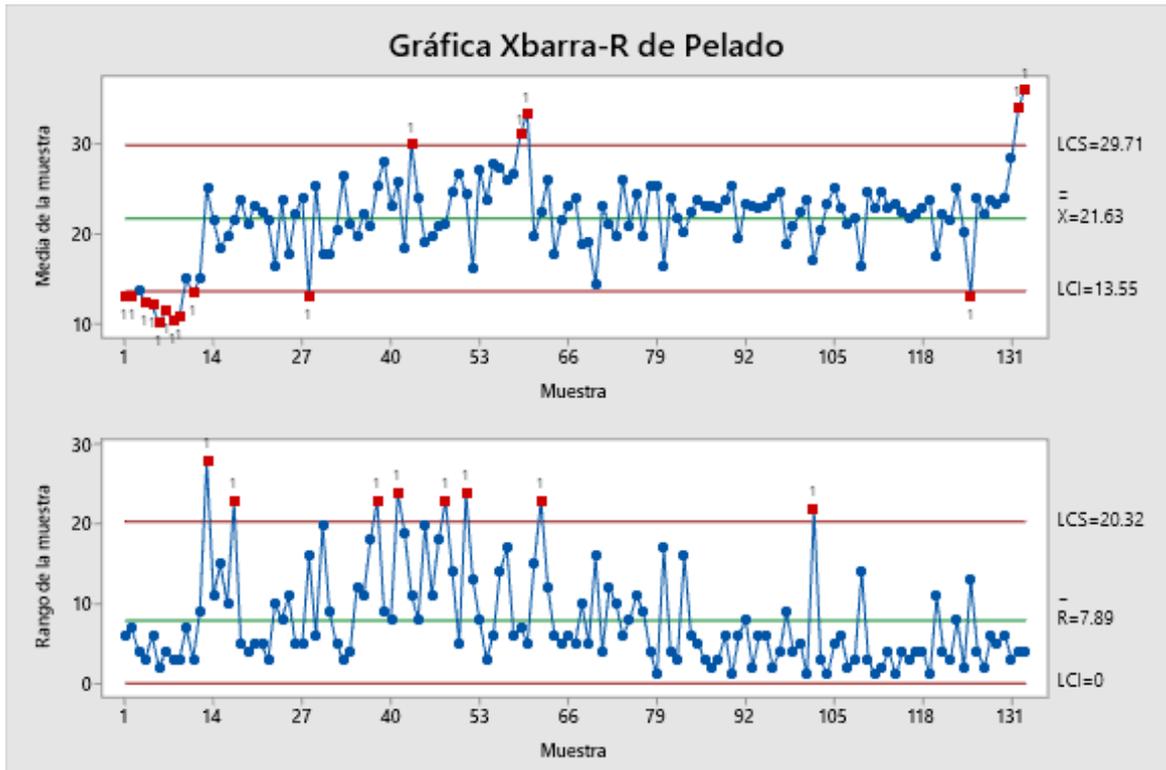


Figura 2.9 Gráfica de control de estación Armado de bandejas [Fuente: Fabricación propia]

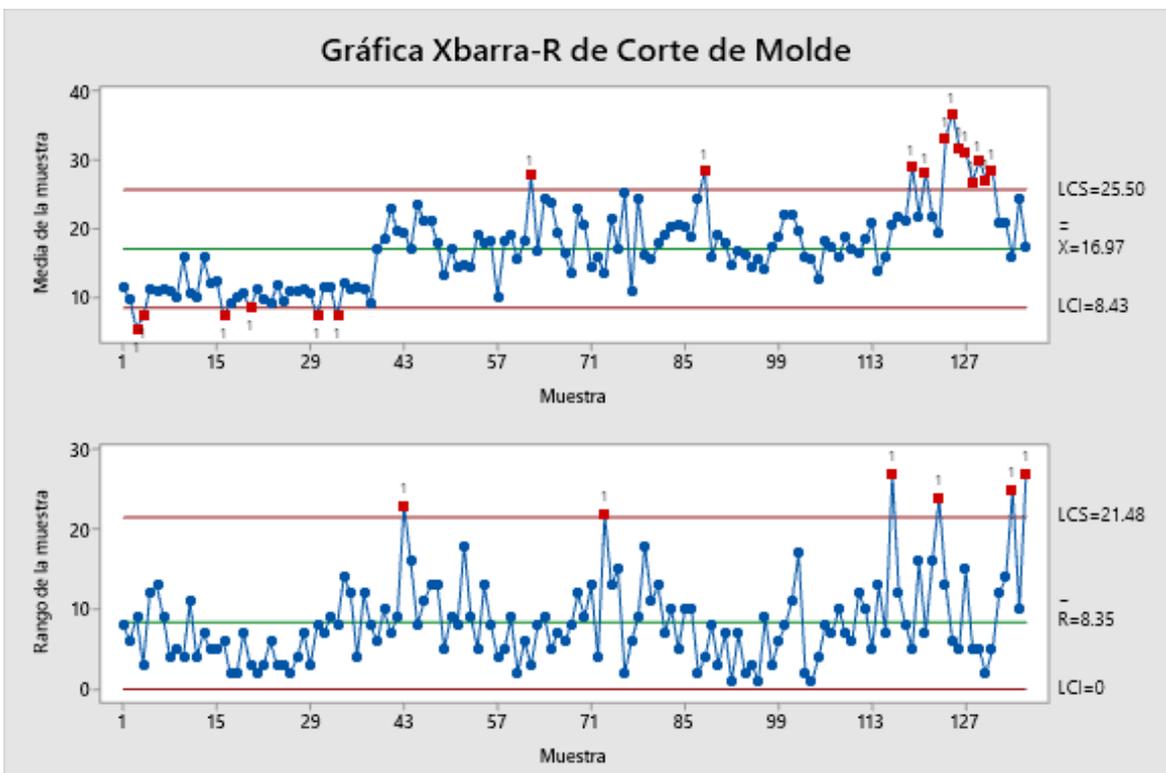


Figura 2.10 Gráfica de control de estación Colocación de palitos [Fuente: Fabricación propia]

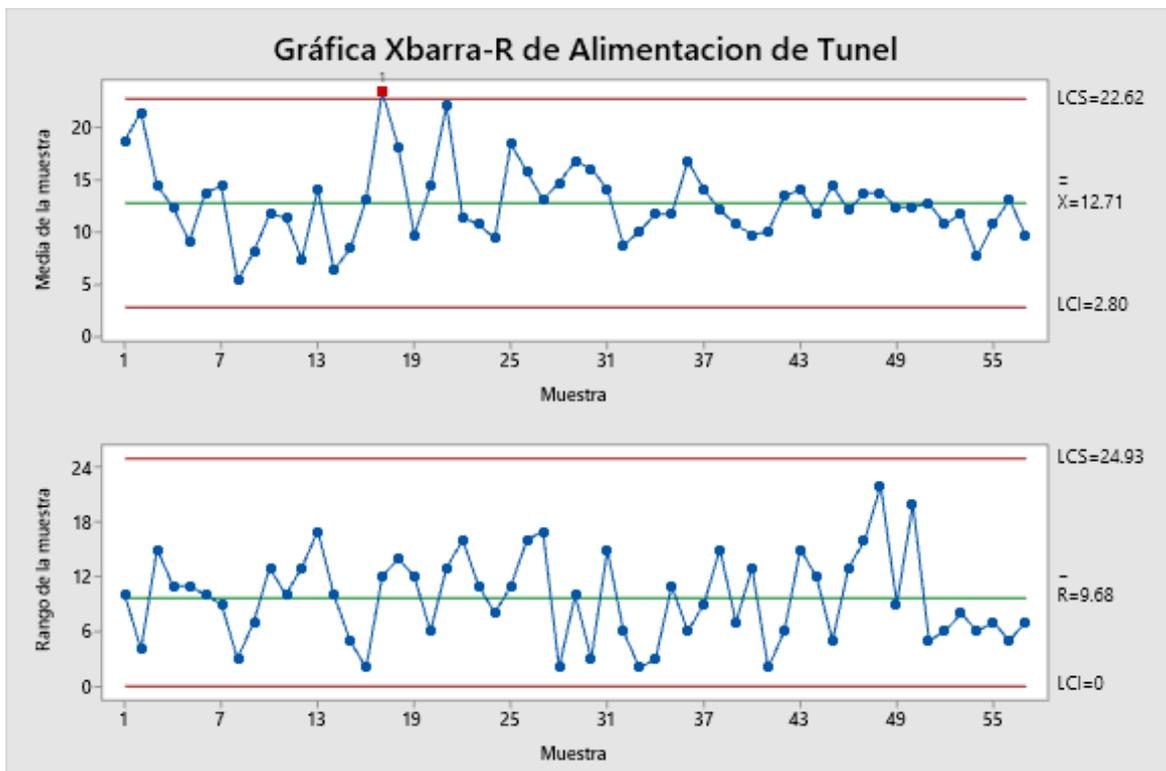


Figura 2.11 Gráfica de control de estación Alimentación de túnel [Fuente: Fabricación propia]

Evaluando las gráficas de control por estación de trabajo, se determina que las estaciones de trabajo con mayor cantidad de puntos fuera de control son: Colocación de palito y Armado de bandeja.

2.1.10 Tasas de producción por puesto de trabajo

Se procedió a analizar las tasas de producción por cada puesto de trabajo, de tal forma que se contraste la productividad actual y la productividad esperada por actividad de acuerdo con el objetivo propuesto.

Para determinar el promedio de las tasas de producción por estación de trabajo, se consideró el peso de cada categoría en la dotación de personal de la línea, es decir, el número de personas que pertenecen a cada categoría de habilidad en el desarrollo de su trabajo.

- **Best Case:** alta habilidad para manejo de fruta

- **Normal case:** mediana habilidad para manejo de fruta
- **Worst case:** poca habilidad para el manejo de fruta

Tomando como referencia la asignación de personal en un turno cotidiano de trabajo, se procedió a categorizar de forma cualitativa, junto al líder de línea, la habilidad de cada operador en la actividad que le corresponde.

Tabla 2.14 Cantidad de personal por habilidad por puesto de trabajo [Fuente: Fabricación propia]

Puesto de trabajo	Personas por puesto de trabajo de acuerdo con su habilidad		
	Worst case	Normal case	Best case
Pelado	8	3	0
Corte bandejas	6	8	2
Colocación palitos	2	3	2

Para la determinar las tasas de producción se obtuvo un promedio ponderado entre las tasas de producción por puesto de trabajo y por habilidad de los operadores, en relación con el número de operadores categorizado por nivel de habilidad.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (2.2)$$

Tabla 2.15 Promedios ponderados por tasa de producción [Fuente: Fabricación propia]

Puesto de trabajo	Sumatoria Worst case	Sumatoria Normal case	Sumatoria Best case	Promedios ponderados
Pelado	98,35	66,72	0,00	15,01
Corte bandejas	62,05	145,18	45,25	15,78
Colocación palitos	23,04	97,03	101,45	31,65

En la

Tabla 2.15 se observa los promedios ponderados de las tasas de producción por puesto de trabajo a ser considerados en el desarrollo de la etapa Análisis.

Para la conversión de unidades por minuto a kilogramos por hora, se consideró que cada unidad de banano paleta tiene un peso promedio de 61,36 gramos.

Tabla 2.16 Tasas de producción por puesto de trabajo [Fuente: Fabricación propia]

Parámetros	Unidad	Pelado	Corte en Molde	Colocación de Palitos
Dotación personal actual	Personas	11	19	7
Productividad	U/min/H	15,01	15,78	31,65
Kilogramos producidos por hora	Kg/h	427,86	777,16	574,20
Productividad esperada	Kg/hH	72,73	42,11	114,29
GAP productividad	Kg/hH	57,72	26,32	82,64

Evaluando el GAP de productividad observado en la Tabla 2.16, se evidencia que la mayor diferencia entre la productividad actual y la productividad esperada corresponde al puesto de trabajo de colocación de palitos.

Adicionalmente, las gráficas de control permiten constatar que el puesto de colocación de palitos cuenta con varios puntos fuera de control, afirmando, con mayor sustento estadístico, un enfoque del problema.

2.2 Problema enfocado

La estación de trabajo Colocación de palitos de una empresa de productos congelados presenta baja productividad desde septiembre del 2022 hasta la actualidad, dado que la estación tiene una productividad promedio de 82,64 kg/hH, cuando su valor esperado es de 114,29 kg/hH.

2.3 Análisis

A partir del problema enfocado, se realizó una lluvia de ideas para recolectar posibles causas que ocasionen la disminución de productividad en el puesto de trabajo de enfoque.

2.3.1 Lluvia de Ideas

Posterior a la recopilación de datos, se procedió a la elaboración de la herramienta Lluvia de ideas con respecto a las causas representativas del problema, para lo cual se realizaron reuniones de manera presencial con el equipo, de modo que se recolectan los distintos puntos de vista del jefe de procesos, jefe de proyectos, analista de calidad, coordinadores de producción y estudiantes.

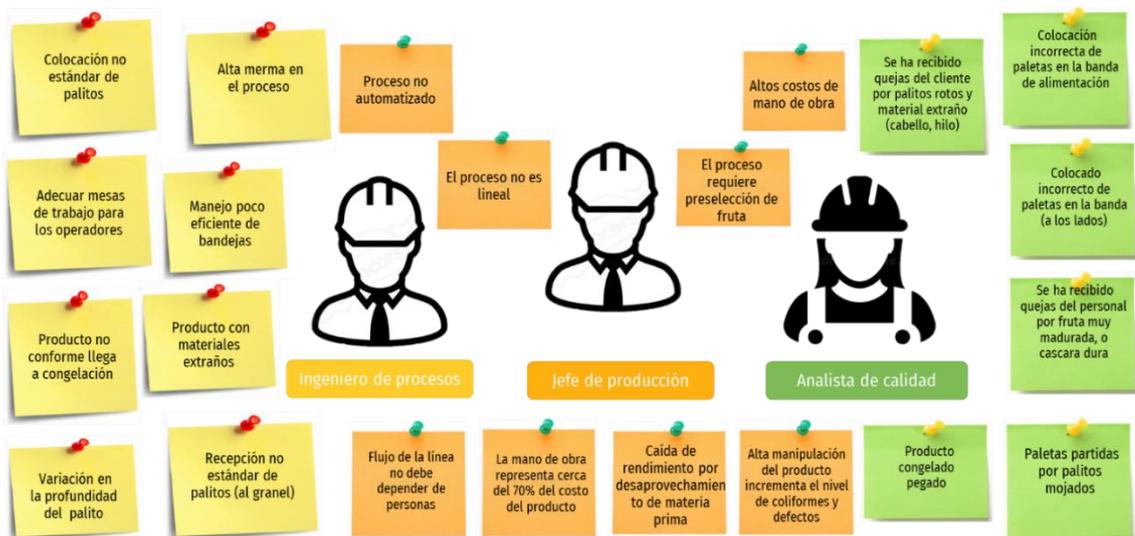


Figura 2.12 Lluvia de ideas. Ingeniero de procesos, jefe de producción y analista de calidad [Fuente: Fabricación propia]

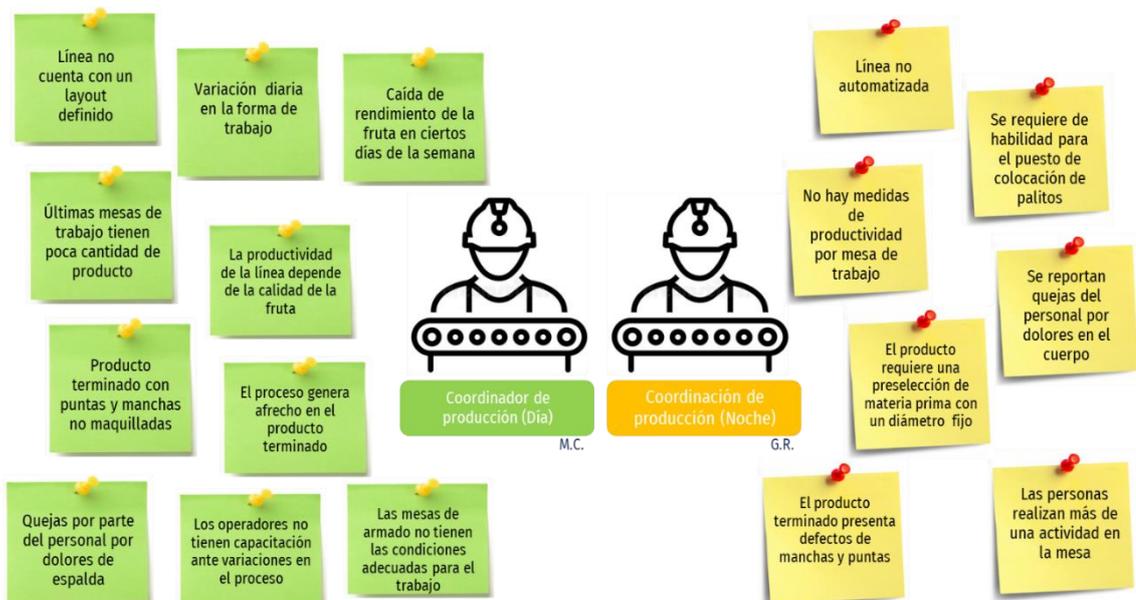


Figura 2.13 Lluvia de ideas. Coordinadores de producción [Fuente: Fabricación propia]



Figura 2.14 Lluvia de Ideas de estudiantes [Fuente: Fabricación propia]

Tras obtener retroalimentación a través de las lluvias de ideas, se realizó la segmentación de las causas principales mediante el diagrama Ishikawa, herramienta que categoriza las causas recolectadas de las lluvias de ideas de clientes clave, se categorizó los hallazgos por métodos de trabajo, medio ambiente, mano de obra, maquinaria y materiales los cuales son de vital importancia para el desarrollo del proceso.

2.3.2 Diagrama Ishikawa.



Figura 2.15 Diagrama Ishikawa [Fuente: Fabricación propia]

2.3.3 Matriz Causa Efecto

Luego de la representación gráfica del diagrama Ishikawa, se procedió a la elaboración de la matriz Causa- Efecto. La matriz Causa-Efecto califica la importancia de cada causa con respecto a su relación con el problema enfocado, a fin de identificar las causas con mayor impacto en la variable respuesta.

Tabla 2.17 Asignación de puntaje para causas [Fuente: Fabricación propia]

Asignación	Puntuación
0	No tiene influencia
1	Poca influencia
3	Mediana influencia
9	Alta influencia

Tabla 2.18 Clientes clave entrevistados [Fuente: Fabricación propia]

Asignación	Puntuación
P1	Jefe de producción
P2	Ingeniero de procesos
P3	Ingeniero de proyectos
P4	Supervisora de calidad
P5	Coordinador de producción Día
P6	Coordinador de producción Noche

Detallando esta tabla se puede calificar las distintas causas dependiendo su nivel de importancia.

Tabla 2.19 Matriz Causa-Efecto [Fuente: Fabricación propia]

	Posibles causas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
1	Línea no cuenta con un Layout definido	9	9	9	9	9	9	54
2	Asignación variable del personal por puesto de trabajo	9	9	9	9	3	9	48
5	Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo	9	9	9	3	3	9	42
9	Los operadores no cuentan con indicadores de calidad visibles en el proceso (grados Brix).	9	3	1	9	3	3	28
4	El flujo de línea depende de las personas	3	9	3	3	1	3	22

7	Alta manipulación del producto en el proceso	3	3	1	3	9	3	22
12	Colocación incorrecta de palitos	1	3	3	3	3	3	16
16	Caída de rendimiento de fruta en ciertos días de la semana	3	3	3	1	3	3	16
8	Manejo poco eficiente de bandejas	3	3	1	1	3	3	14
10	Colocado incorrecto de paletas en la banda	3	3	1	3	3	1	14
11	El proceso requiere preselección de fruta	3	3	3	1	3	1	14
15	No hay medidas de productividad por mesa de trabajo	3	1	1	3	3	1	12
13	Recepción no estándar de palitos (al granel)	3	1	3	1	1	1	10
3	Los operadores no tienen capacitación ante variaciones en el proceso	3	1	1	1	1	1	8
17	Falta de maduración en la materia prima	1	1	1	1	3	1	8
6	Frecuentes paros no programados	1	1	1	1	1	0	5

A partir de la Tabla 2.19, se seleccionó aquellas causas potenciales con mayor calificación, es decir, aquellas que tienen mayor relevancia en el impacto de la productividad de acuerdo con el criterio de los clientes clave.

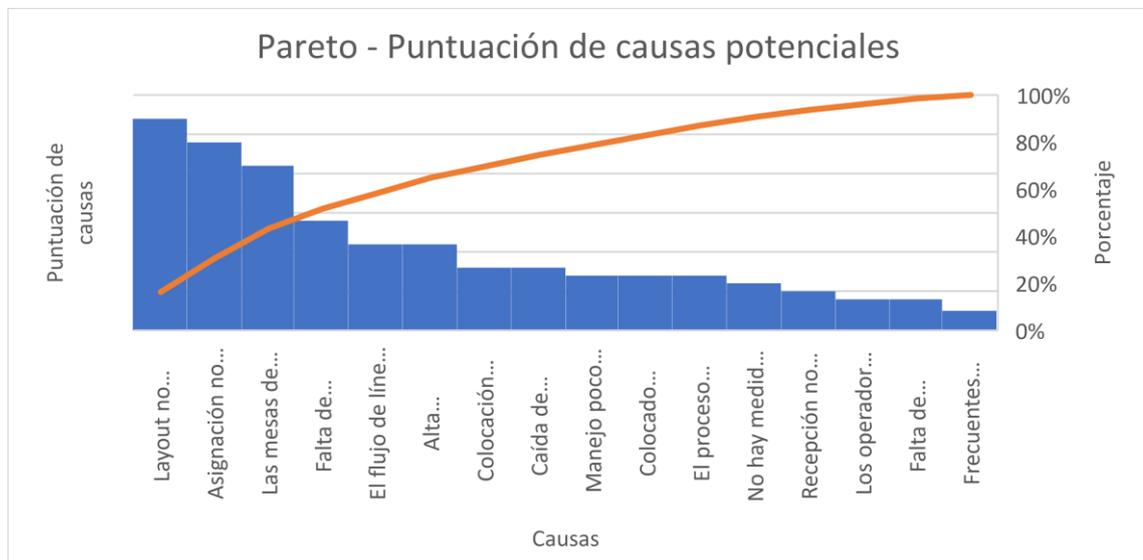


Figura 2.16 Diagrama de Pareto de causas potenciales [Fuente: Fabricación propia]

Según el Diagrama de Pareto de causas potenciales (Figura 2.16) se puede observar el diagrama de Pareto que presenta de manera porcentual aquellas causas con mayor impacto en el problema enfocado, las cuales se priorizan de acuerdo con el porcentaje obtenido y se enlistan a continuación:

Tabla 2.20 Causas Potenciales prioritarias [Fuente: Fabricación propia]

N	Posibles causas	Puntuación Total obtenida
1	Línea no cuenta con un layout definido	54
2	Asignación variable del personal por puesto de trabajo	48
5	Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo	42
9	Los operadores no cuentan con indicadores de calidad visibles en el proceso (grados Brix).	28
4	El flujo de línea depende de la habilidad de las personas	22
7	Alta manipulación del producto en el proceso	22

2.3.4 Plan de Verificación de Causas

Las causas potenciales obtenidas deben ser validadas para corroborar su significancia para el proyecto, por lo cual se elaboró un plan de verificación con sus respectivas teorías de impacto en relación con la variable de respuesta: Productividad.

Tabla 2.21 Plan de Verificación de Causas [Fuente: Fabricación propia]

N	Posibles causas	Teoría del impacto	¿Cómo verifico?
1	Línea no cuenta con un layout estandarizado	Entre mayor número de actividades que no pertenecen al proceso se realicen, menor será la productividad en el puesto de trabajo.	Análisis de medias entre la tasa de producción del proceso de colocación de palitos con variaciones de actividades y sin variaciones.
2	Asignación variable del personal por puesto de trabajo	La variación en la dotación de personal en el puesto de trabajo afecta a la productividad de la línea	Coefficiente de correlación entre el número de personas en el puesto de trabajo y la productividad obtenida
3	Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo	Las condiciones de las mesas generan actividades de no valor que disminuyen la productividad	Porcentaje de actividades NAV relacionadas a condiciones de la mesa sobre actividades NAV totales del proceso.

4	Los operadores no cuentan con indicadores visibles de calidad (Brix) en el proceso	A mayor grados Brix se disminuye la productividad de la línea	Análisis de índice de correlación entre la productividad obtenida y los grados Brix registrados de la fruta
5	El flujo de línea depende de la habilidad de las personas	La productividad está relacionada a la habilidad de los operadores	Diferencia de medias entre la productividad de los trabajadores con gran habilidad (Best Case), habilidad media (normal case) y poca habilidad (Worst case)
6	Excesiva manipulación del producto en el proceso	A mayor número de movimientos del material, la productividad disminuye	Porcentaje de actividades NAV sobre las actividades totales del proceso

Causa 1: Línea no cuenta con un layout estandarizado

Para la validación de la causa mencionada se realizó un Análisis de Varianza para determinar la relación entre las medias de las tasas de producción del proceso estándar y las medias de tasas de producción del proceso con variaciones en actividades.

Se considera como tasa de producción del proceso con actividades variables a aquellos datos reportados con observaciones de actividades adicionales a sus funciones, mientras que los procesos estándar consideran actividades únicamente relacionadas a sus funciones establecidas.

Tabla 2.22 Tasa de producción de armado de bandejas: Proceso con variaciones

[Fuente: Fabricación propia]

Tasas de producción		Variación de actividad
Bananos/min	kg/h	
7	26,96	Limpieza de mesa
6	23,11	Distribución de utensilios
2	7,7	Distribución de utensilios
3	11,56	Distribución de utensilios
6	23,11	Limpieza de mesa
9	34,67	Limpieza de mesa

3	11,56	Limpieza de mesa
2	7,7	Limpieza de mesa
5	19,26	Limpieza de mesa
8	30,82	Maquillado

Tabla 2.23 Tasa de producción de armado de bandejas: Proceso sin variaciones

[Fuente: Fabricación propia]

Armado de bandejas		
Tasas de producción		Variación de actividad
Bananos/min	kg/h	
12	46,22	Actividades sin variaciones
15	57,78	Actividades sin variaciones
11	42,37	Actividades sin variaciones
12	46,22	Actividades sin variaciones
11	42,37	Actividades sin variaciones
7	26,96	Actividades sin variaciones
15	57,78	Actividades sin variaciones
15	57,78	Actividades sin variaciones
15	57,78	Actividades sin variaciones
15	57,78	Actividades sin variaciones

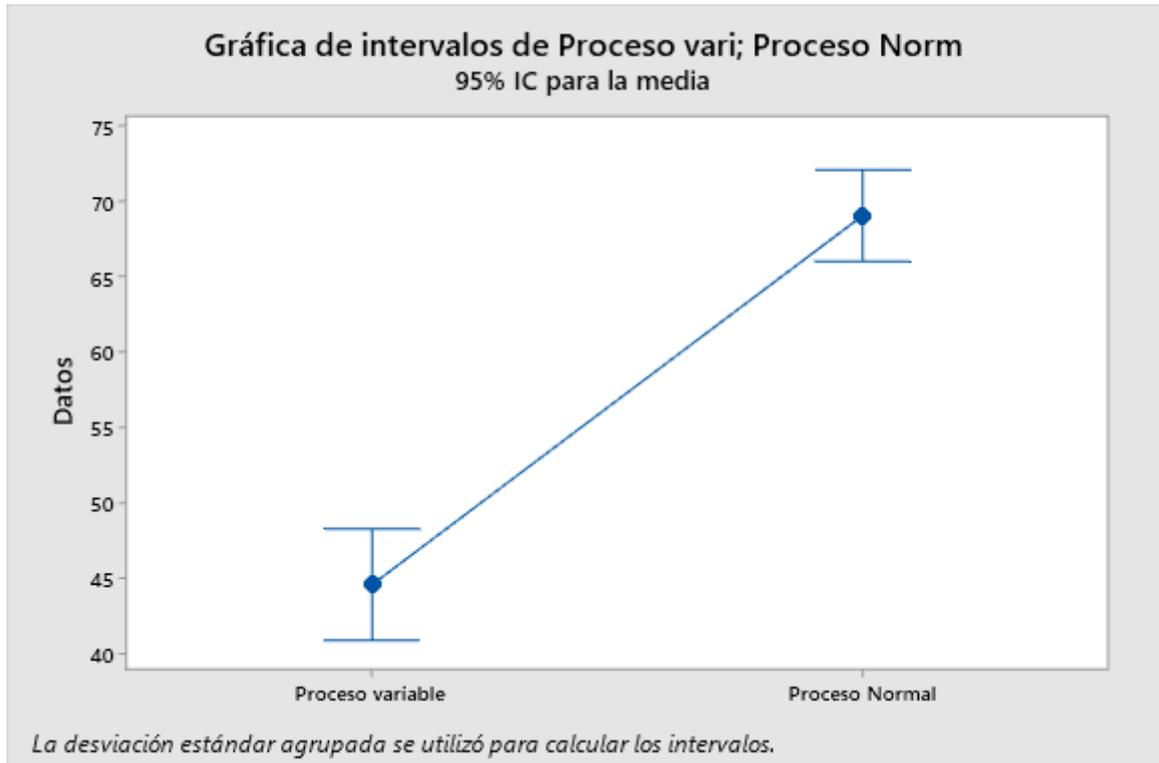


Figura 2.17 Diferencia entre Procesos Normales y Procesos con variación de actividades [Fuente: Fabricación propia]

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2.24 Resultados de análisis de medias entre tasas de producción de un proceso normal y un proceso con variación de actividades [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	44404	44403.6	101.26	0.000
Error	307	134626	438.5		
Total	308	179029			

Dado que el valor P obtenido es menor a 0.05, se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que hay una diferencia significativa entre las tasas de producción, obteniendo que el promedio de bananos por minuto en la estación de trabajo sin variaciones de actividades es de 17.9, mientras que el promedio de bananos por minuto con variaciones de

actividades es de 11.6 bananos por minuto, lo cual representa una diferencia del 35% en la productividad en el puesto de Colocación de palitos. De esta manera se concluye que actividades adicionales en un puesto de trabajo influye la productividad de la línea, por lo tanto, la causa es significativa.

Causa 2: Asignación variable del personal por puesto de trabajo

La teoría de impacto plantea que la variabilidad en la asignación de personal en la estación de palitos influye en la productividad del puesto de trabajo.

La causa potencial es analizada estadísticamente mediante la correlación entre los datos de la productividad obtenida en un turno y la cantidad de personas asignadas en la estación de Colocación de palitos.

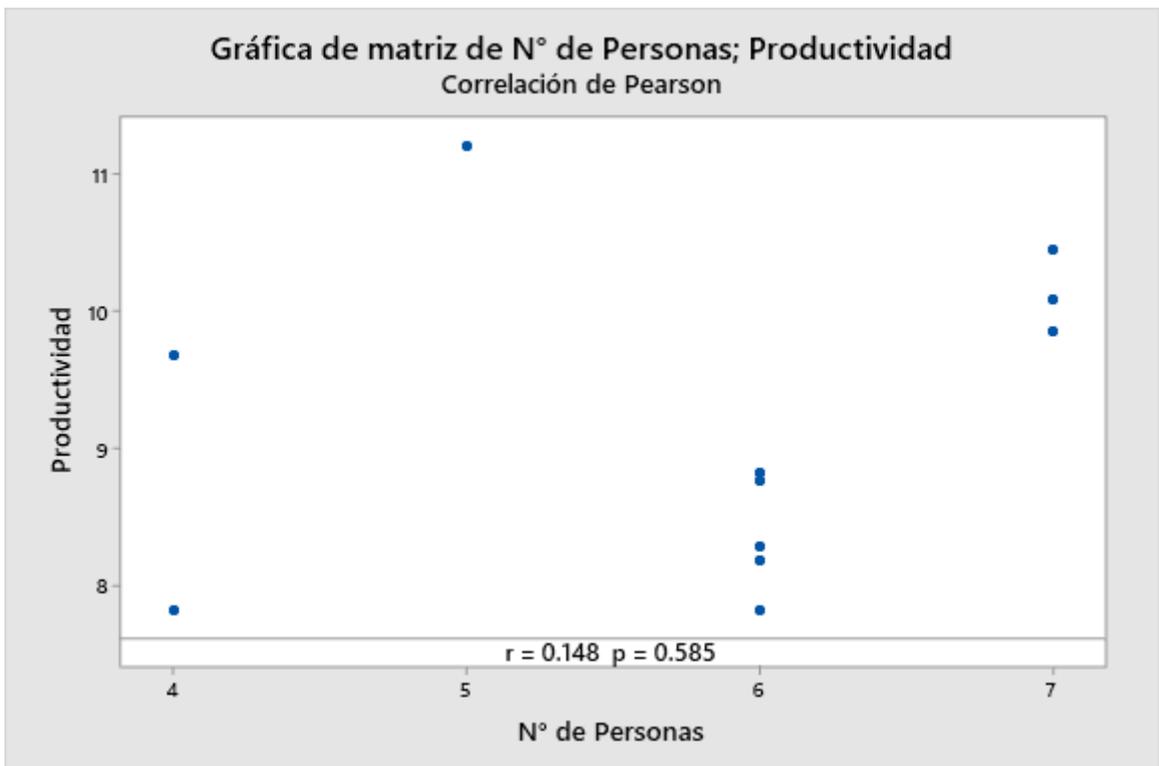


Figura 2.18 Matriz de Número de personas en puesto de Colocación de vs Productividad obtenida en turno [Fuente: Fabricación propia]

Posterior al cálculo de la correlación de las variables mencionadas, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 2.25 Resultado de Prueba de Correlación de variables Número de personas y Productividad [Fuente: Fabricación propia]

Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Productividad	Número de personas asignadas en puesto de Colocación de palitos	0.148	(-0.375; 0.600)	0.585

Dado que se obtuvo un valor de P mayor a 0.05, se puede concluir que No se rechaza la hipótesis nula, es decir, la correlación no es estadísticamente significativa. Además, se obtuvo un coeficiente de 14%, lo que indica una relación baja entre ambas variables; por lo tanto, se concluye que la cantidad de personas asignadas al puesto de colocación de palitos no representa una causa significativa en la variable respuesta.

Causa 3: Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo

La teoría de impacto plantea que las condiciones de las mesas generan actividades de no valor que disminuyen la productividad en el puesto de trabajo. A continuación, se detallan las actividades de No valor que se originan a partir de las condiciones actuales de las mesas, ya sea por distribución o diseño.

Tabla 2.26 Actividades del proceso relacionadas con las condiciones de las mesas de trabajo [Fuente: Fabricación propia]

N	Actividad	Subactividades	Agrega valor	Relacionado a condiciones de mesa
1	Volteo de fruta	Voltear bines de fruta en tinas	NAV	
2		Desinfectar fruta	AV	
3		Transportar fruta en banda	NAV	
4	Pelado	Pelar la fruta	AV	
5		Transportar fruta pelada	NAV	
6	Corte y armado	Empujar fruta manualmente en la banda	NAV	X
7		Recoger fruta de la banda en un balde	NAV	X
8		Alimentar la mesa con un balde con fruta	NAV	X
9		Maquillar la fruta	AV	
10		Tomar una bandeja	NAV	
11		Colocar la fruta en la bandeja	NAV	
12		Cortar la fruta sobrante en la bandeja	AV	

13		Limpiar mesa de residuos de fruta	NAV	X
14		Acumular bandejas llenas	NAV	X
15		Sumergir las bandejas con producto en ácido	AV	
16		Colocar las bandejas en un extremo de la mesa	NAV	
17	Colocación de palitos	Tomar bandejas	NAV	
18		Tomar un puñado de palitos	NAV	
19		Colocar palitos en bananos en bandeja	AV	
20		Colocar la bandeja en un extremo de la mesa	NAV	X
21	Alimentación de tunel	Acumular bandejas llenas	NAV	
22		Llevar las bandejas a la banda	NAV	
23		Voltear las bandejas en la banda	AV	
24		Lavar las bandejas vacías	AV	
25		Llevar las bandejas vacías a la mesa	NAV	X
26		Maquillar banano en paleta	NAV	
27		Recolocar palito	NAV	
28		Seleccionar producto no conforme	NAVN	
29		Dispersar el producto en la banda	NAV	

Tabla 2.27 Resumen de actividades [Fuente: Fabricación propia]

Actividades	Valor
Actividades totales	29
Actividades NAV	20
Actividades relacionadas a condiciones de mesa de trabajo	7
Porcentaje de actividades relacionadas a condiciones de mesa de trabajo sobre actividades totales	24,13%
Porcentaje de actividades relacionadas a condiciones de mesa de trabajo sobre actividades NAV	35,00%

En la Tabla 2.27 se detalla la cantidad de actividades relacionadas con las condiciones de las mesas de trabajo sobre la totalidad de las actividades que no agregan valor al proceso, a partir de donde se obtuvo que de 20 actividades que no agregan valor, 7 de ellas se generan debido a las condiciones de las mesas, es decir, el 35%. Esto permite concluir de forma cuantitativa que la causa es significativa.

Causa 4: Los operadores no cuentan con indicadores visibles de calidad de grados Brix de fruta en el proceso

La teoría de impacto plantea que a mayor grados Brix se disminuye la productividad de la línea, por lo cual, se analizó la correlación entre la variable Grados Brix de la fruta y la variable respuesta Productividad en un mismo período de tiempo, mediante un gráfico de correlación, donde se obtuvo la siguiente ilustración:

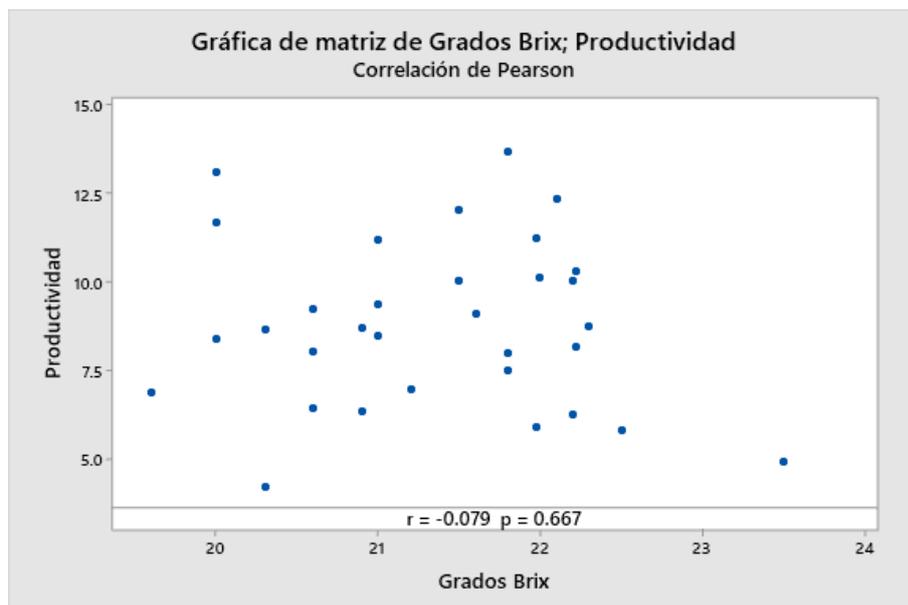


Figura 2.19 Correlación entre variable Grados Brix de fruta y Productividad [Fuente: Fabricación propia]

Tabla 2.28 Resultado de Prueba de Correlación de variables Grados Brix de la fruta y Productividad [Fuente: Fabricación propia]

Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
Productividad	Brix	-0.079	(-0.416; 0.277)	0.667

Dado que se obtuvo un valor de P mayor a 0.05, se puede concluir que No se rechaza la hipótesis nula, es decir, la correlación no es estadísticamente significativa; además se evidencia un coeficiente de relación de - 0.079 indicando una relación débil negativa, por lo que se concluye que la causa no es significativa para el estudio.

Causa 5: El flujo de línea depende de las personas.

Para la validación de esta causa, la teoría de impacto plantea que la productividad está relacionada a la habilidad de los operadores, para lo cual se categoriza a los operadores de la siguiente manera:

Habilidad de los operadores

- ✓ Best Case: alta habilidad para manejo de fruta
- ✓ Normal case: mediana habilidad para manejo de fruta
- ✓ Worst case: baja habilidad para el manejo de fruta

Se aplica la herramienta estadística ANOVA para demostrar si existe una diferencia significativa entre las tasas de producción de los operadores si tienen diferentes niveles de habilidad para manejar la fruta en su puesto de trabajo.

El primer paso es analizar la varianza de las medias entre la tasa de producción del puesto Colocación de palitos para una persona con baja habilidad “Worst case”, en contraste con una persona con mediana habilidad “Normal Case”.

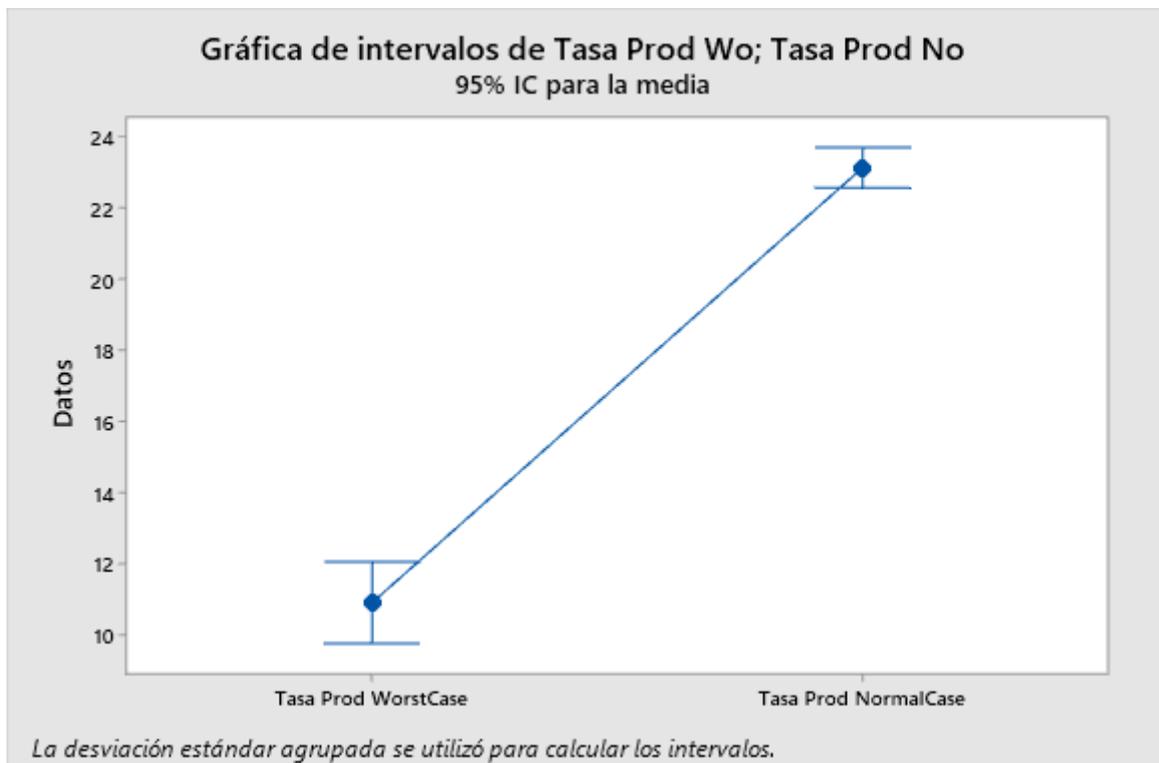


Figura 2.20 ANOVA entre tasa de producción de persona con baja habilidad y mediana habilidad [Fuente: Fabricación propia]

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H0: Todas las medias son iguales y H1: No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2.29 Resultados de análisis de medias de tasas de producción entre personas con baja habilidad y mediana habilidad [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	4448	4447.98	183.17	0.00
Error	315	7649	24.28		
Total	316	12097			

Dado que se obtuvo un valor de P menor a 0.05, se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que hay una diferencia significativa entre las tasas de producción de las personas con baja habilidad “Worst case” y mediana habilidad “Normal case”, lo que se justifica como una causa significativa.

Posteriormente, se realiza el mismo análisis para la varianza de las medias entre la tasa de producción del puesto Colocación de palitos para personas con mediana habilidad “Normal case”, en contraste con personas con alta habilidad “Best Case”.

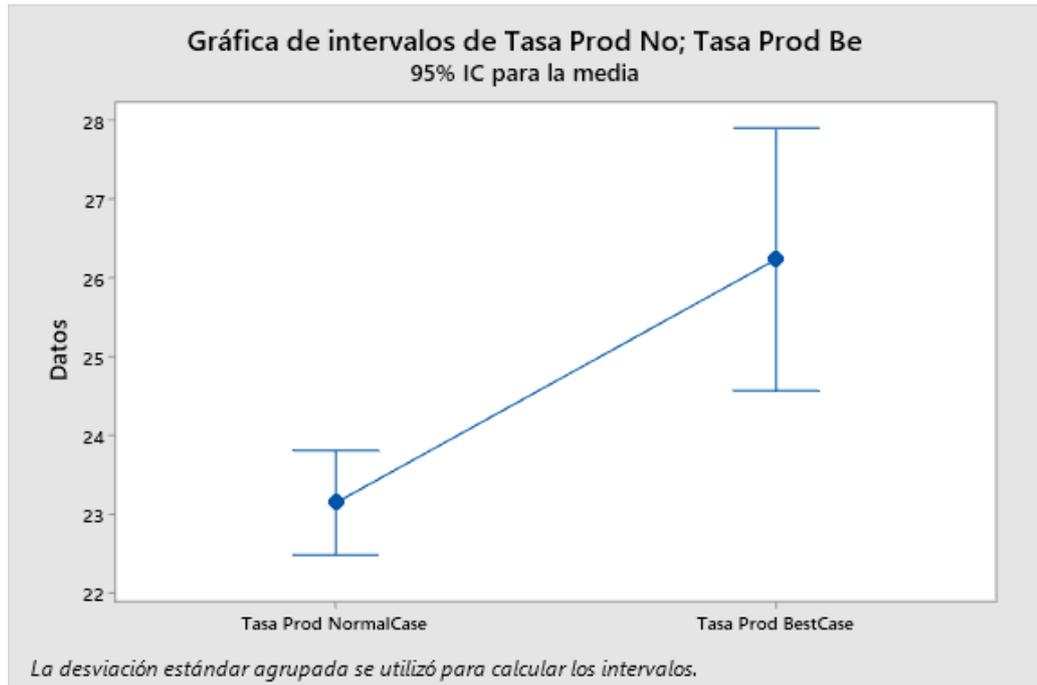


Figura 2.21 ANOVA entre tasa de producción de persona con mediana habilidad y alta habilidad [Fuente: Fabricación propia]

Para el análisis de varianza ANOVA, se tomó el supuesto de igualdad de varianzas, donde H_0 : Todas las medias son iguales y H_1 : No todas las medias son iguales, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 2.30 Resultados de análisis de medias de tasas de producción entre personas con media habilidad y alta habilidad [Fuente: Fabricación propia]

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1260	1260.30	30.14	0.00
Error	292	12211	41.82		
Total	293	13471			

Dado que se obtuvo un valor de P menor a 0.05, se rechaza la Hipótesis Nula referente a igualdad de medias. Por lo tanto, se determina que hay una diferencia significativa entre las tasas de producción de las personas con mediana habilidad “Normal case” y alta habilidad “Best case”, lo que se justifica como una causa significativa.

Causa 6: Excesiva manipulación del producto en el proceso.

Se determino que, a mayor número de movimientos del material, la productividad disminuye, por ende, se detalla las actividades que se pueden considerar de forma excesiva en la manipulación del banano.

Tabla 2.31 Actividades relacionadas con manipulación adicional del producto

[Fuente: Fabricación propia]

N	Actividad	Subactividades	Agrega valor	Manipulación excesiva del producto
1	Volteo de fruta	Voltear bins de fruta en tinas	NAV	
2		Desinfectar fruta	AV	
3		Transportar fruta en banda	NAV	
4	Pelado	Pelar la fruta	AV	
5		Transportar fruta pelada	NAV	
6	Corte y armado	Empujar fruta manualmente en la banda	NAV	X
7		Recoger fruta de la banda en un balde	NAV	X
8		Alimentar la mesa con un balde con fruta	NAV	X
9		Maquillar la fruta	AV	
10		Tomar una bandeja	NAV	
11		Colocar la fruta en la bandeja	NAV	
12		Cortar la fruta sobrante en la bandeja	AV	
13		Limpia mesa de residuos de fruta	NAV	
14		Acumular bandejas llenas	NAV	
15		Sumergir las bandejas con producto en ácido	AV	X
16		Colocar las bandejas en un extremo de la mesa	NAV	X
17	Colocación de palitos	Tomar bandejas	NAV	
18		Tomar un puñado de palitos	NAV	
19		Colocar palitos en bananos en bandeja	AV	

20		Colocar la bandeja en un extremo de la mesa	NAV	
21	Alimentación de túnel	Acumular bandejas llenas	NAV	
22		Llevar las bandejas a la banda	NAV	
23		Voltear las bandejas en la banda	AV	X
24		Lavar las bandejas vacías	AV	
25		Llevar las bandejas vacías a la mesa	NAV	
26		Maquillar banano en paleta	NAV	X
27		Recolocar palito	NAV	
28		Seleccionar producto no conforme	NAVN	
29		Dispersar el producto en la banda	NAV	

Tabla 2.32 Resumen de actividades de manipulación excesiva de la fruta [Fuente: Fabricación propia]

Resumen	
Actividades totales	29
Actividades NAV	20
Actividades relacionadas a manipulación excesiva de la fruta	7
Porcentaje de actividades relacionadas a la manipulación adicional del producto sobre las actividades totales	24%
Porcentaje de actividades relacionadas a la manipulación adicional del producto sobre actividades NAV	35%

En la Tabla 2.32, se detalla la cantidad de actividades que originan manipulación excesiva de la fruta, obteniendo 20 actividades que no agregan valor, donde 7 de ellas se generan manipulación excesiva de la fruta, es decir, el 35%. Esto permite concluir de forma cuantitativa que la causa es significativa.

A continuación, se resumen las causas que, tras haber sido validadas, se consideran significativas para el estudio:

Tabla 2.33 Resumen de validación de causas [Fuente: Fabricación propia]

Posibles causas	Teoría del impacto	Impacto en la variable Y
Línea no cuenta con un layout estandarizado	Entre mayor número de actividades que no pertenezcan al proceso se realicen, menor será la productividad en el puesto de trabajo.	Significativo
Asignación variable del personal por puesto de trabajo	Entre mayor sea la variación en la dotación de personal por mesa, la productividad será más variable	No significativo
Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo	Las condiciones de las mesas generan actividades de no valor que disminuyen la productividad	Significativo
Los operadores no cuentan con indicadores visibles de calidad (Brix) en el proceso	A mayor grados Brix se disminuye la productividad de la línea	No significativo
El flujo de línea depende de las personas	La productividad está relacionada a la habilidad de los operadores	Significativo
Excesiva manipulación del producto en el proceso	A mayor número de movimientos del material, la productividad disminuye	Significativo

2.3.5 Análisis de los 5 Por qué

Luego de haber realizado la validación de causas potenciales, se procedió a utilizar la herramienta de los 5 para indagar las causas raíz que detonan el problema enfocado del proyecto.

Tabla 2.34 Metodología 5 Por qué Fuente [Fuente: Fabricación propia]

	Round 1	Round 2	Ronda 3	Ronda 4
Línea no cuenta con un layout estandarizado	No hay tareas definidas por puesto de trabajo	El espacio de trabajo (mesa) no cuenta con espacios delimitados por actividad	Los materiales y suministros no tienen un espacio fijo en la mesa.	No se ha definido el flujo lineal de la materia prima y los suministros en el proceso

	No hay un número de personas fijas por estación	La asignación de personal depende de la calidad de la fruta	No se cuenta con un plan de acción ante variaciones en la calidad de la fruta	
Las mesas de armado no tienen las condiciones adecuadas para el trabajo	Cada operador no cuenta con un espacio delimitado únicamente para su trabajo	La acumulación de producto en proceso en la mesa reduce el espacio para realizar actividades	El diseño de la mesa no cuenta con un espacio específico para la salida de desechos y la salida de producto terminado.	El diseño de las mesas no considera un flujo de salida lineal del producto
El flujo de línea depende de las personas	La línea depende de las habilidades del operador	Las actividades son manuales y conllevan un nivel de dificultad	Las bandejas utilizadas para colocar palos requieren un manejo preciso por parte del operador.	
Excesiva manipulación del producto en el proceso	El producto recibe reprocesos en línea	El producto no es tratado correctamente en cada estación	El número de personas por estación no cumple con la tasa de producción adecuado.	La línea no está balanceada

A continuación, se detallan las Potenciales Causas Raíz que se obtuvieron mediante la herramienta de los 5 Por qué.

2.3.6 Potenciales Causas Raíz

El análisis de los 5 Por qué permitió obtener las siguientes causas raíz a ser consideradas como punto de partida para el establecimiento futuras soluciones en el proyecto.

1. No se ha definido el flujo lineal de la materia prima y los suministros en el proceso

2. No se cuenta con un plan de acción ante variaciones en la calidad de la fruta
3. El diseño de las mesas no considera el flujo de salida lineal del producto
4. Las bandejas utilizadas para colocar palos requieren un manejo preciso por parte del operador.
5. El número de personas por estación no cumple con la tasa de producción adecuado.

2.3.7 Elaboración de Soluciones

Mediante la obtención de las principales causas raíz del problema enfocado en el incremento en la línea de paletas de banano, se establecieron posibles soluciones mediante la herramienta Brainstorming o Lluvia de ideas.

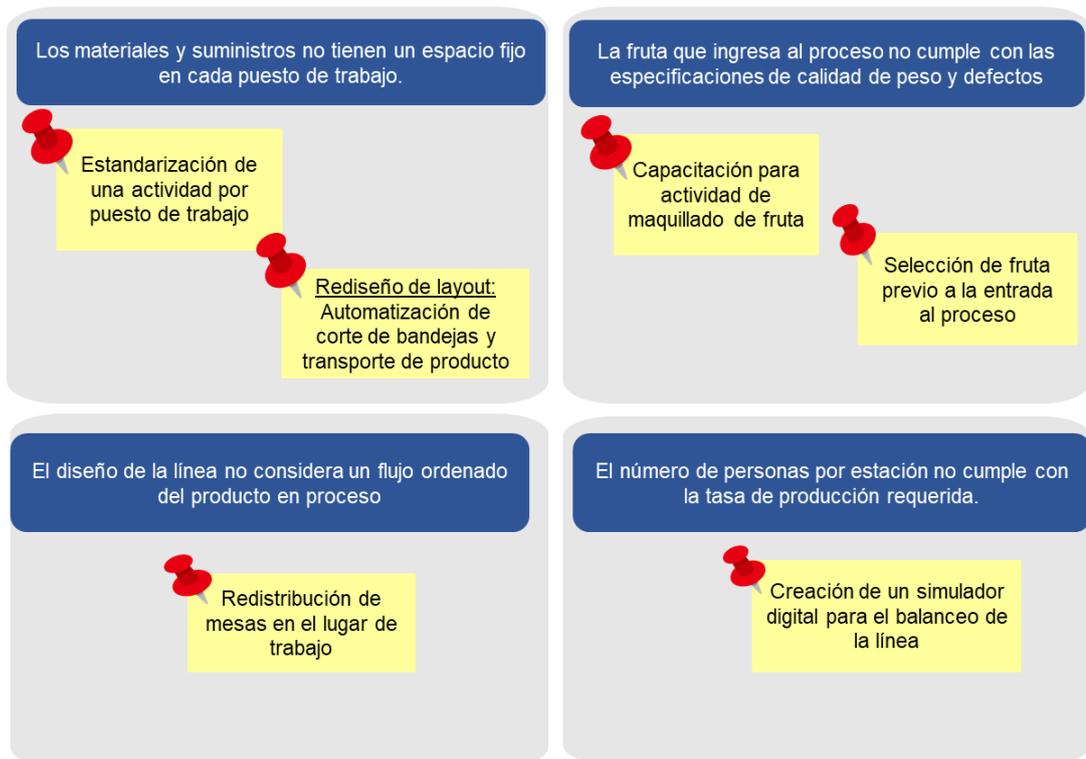


Figura 2.22 Lluvia de ideas de solución por causa raíz [Fuente: Fabricación propia]

Las soluciones propuestas se analizan con respecto a las necesidades de los clientes clave del proceso y se procede a su revisión con el equipo de trabajo, a fin de garantizar su alineación con los objetivos gerenciales, asegurar la calidad del producto y reducir el uso de recursos.

2.3.8 Matriz Esfuerzo – Impacto.

Luego de presentar las propuestas de soluciones del problema enfocado al equipo de trabajo, se categoriza cada propuesta de acuerdo con su nivel de influencia en la variable respuesta Productividad, utilizando la matriz de Esfuerzo-Impacto. Esta matriz evalúa dos ejes primordiales: el eje Y presenta el impacto potencial de las propuestas en el problema, mientras que el eje X mide el esfuerzo requerido para implementar las soluciones en el escenario actual.

Se detallan las soluciones propuestas a evaluar:

1. Redistribución de mesas por estación de trabajo y estandarización de una actividad por puesto
2. Automatización de corte y transporte del producto.
3. Automatización de la estación de colocación de palitos
4. Semi automatización de selección de fruta
5. Capacitación para la actividad de maquillado de fruta
6. Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo

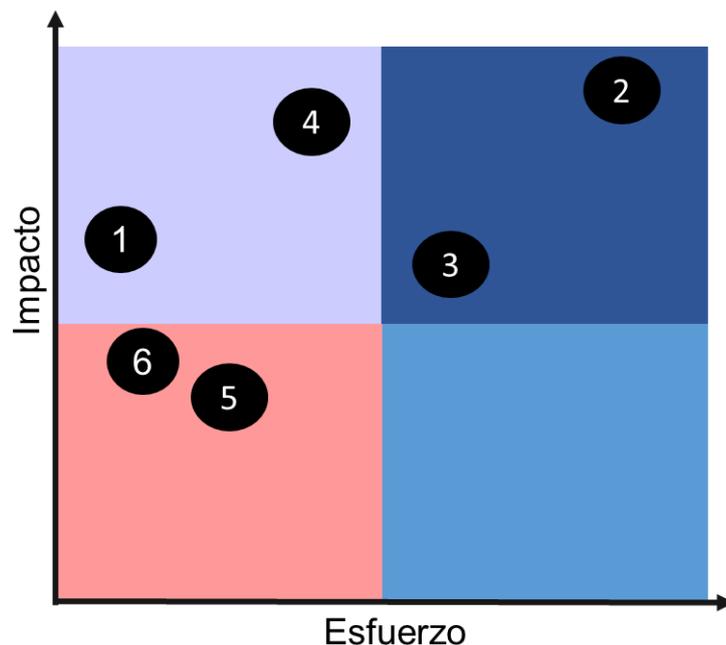


Figura 2.23 Matriz Impacto-Esfuerzo de soluciones propuestas [Fuente: Fabricación propia]

El análisis llevado a cabo mediante la Matriz Impacto-Esfuerzo, establece que la solución propuesta 3, relacionada con la Automatización de colocación de palitos, requeriría un nivel medio alto de esfuerzo en relación con el impacto generado en la variable Productividad, por lo que fue descartada para su desarrollo. Por otro lado, las propuestas 1, y 4 requieren bajo uso de recursos y generan un alto impacto en la Productividad, por lo que fueron seleccionadas para formar parte del plan de implementación a ser ejecutado en un corto horizonte de tiempo.

Por otro lado, las propuestas 5 y 6, referentes a la Capacitación para la actividad de maquillado de fruta y Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo, requieren pocos recursos y generan un impacto medio en la Productividad, por lo que también se consideran en el plan de implementación a corto plazo. Además, la propuesta 2, Automatización del corte y transporte del producto, consta de un alto esfuerzo, pero el impacto sobre la compañía se considera alto, por lo tanto, se categoriza en un plan de implementación a largo plazo, en donde se requiere de inversión para su ejecución.

Para cada solución seleccionada, se plantea su método de implementación en el presente proyecto, los cuales se resumen a continuación:

Tabla 2.35 Soluciones seleccionadas para desarrollo [Fuente: Fabricación propia]

N°	Soluciones	Método de implementación
A	Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo	Prototipo digital
B	Redistribución de mesas y estandarización de responsabilidades	Implementación en piso
C	Automatización del corte y el transporte del producto	Simulación digital en software Flexsim
D	Semi automatización de selección de la fruta	Implementación en piso
E	Capacitación para la actividad de maquillado de fruta	Implementación en piso

2.3.9 Plan de Implementación de soluciones.

Para las propuestas de solución seleccionadas, se propone el siguiente plan de implementación que considera el motivo de la propuesta, la modalidad, el lugar de desarrollo, el horizonte de tiempo para ser ejecutado, el responsable directo y el costo asociado de la solución.

Tabla 2.36 Plan de implementación de soluciones [Fuente: Fabricación propia]

N	Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Costo
1	Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo.	Porque permite el uso del personal mínimo necesario, cumpliendo con los objetivos de producción.	Desarrollar un simulador dinámico en Excel.	En la computadora del jefe de Producción.	Corto plazo	Jefe de producción de banana	\$0
2	Redistribución de mesas por estación de trabajo y estandarización de una actividad por puesto	Porque permite aprovechar el espacio de las mesas y evitar paseos debido al transporte manual. Porque aumenta las tasas de producción por trabajos.	Reasignar responsabilidades para cada operador por posición laboral. Unir las mesas para alargar las mesas de trabajo.	En los puestos de montaje de bandejas, colocación de palillos y alimentación de túnel.	Corto plazo	Jefe de producción de banana / Supervisor de línea.	\$0
3	Automatización del corte y el transporte del producto.	Porque reduce los movimientos innecesarios en las actividades de	Implementar una unidad de bandeja de cadena en las bandas transportador	Entre los puestos de montaje de bandejas, colocación de palillos y	Largo plazo	Ingeniero de proyecto / Jefe de producción	\$98,031

		corte de bandejas y transporte manual del producto.	as entre las estaciones de trabajo.	alimentación de túnel.		ón de banana	
4	Selección previa de la fruta en la entrada del proceso.	Porque preselecciona la fruta que no cumple con el diámetro indicado.	Colocar a una persona en la banda de pelado que seleccione visualmente el fruto de pequeño diámetro para dirigirlo a otra línea de producto.	En el área para volteo de contenedores de fruta.	Corto plazo	Jefe de producción de banana / Supervisor de línea.	\$0
5	Capacitación para la actividad de maquillado de fruta	Porque esta actividad alimenta la línea y asegura la calidad del producto final.	Seleccionar a las personas con mayor habilidad para capacitar a sus pares, así como la estandarización de maquillaje.	En la banda de maquillaje de fruta.	Corto plazo	Jefe de producción de banana / Supervisor de línea.	\$0

2.3.10 Implementación de soluciones

Solución 1: Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo.

La solución 1 consiste en la creación de una herramienta de optimización para el balanceo de la línea de producción de paletas de banano con respecto a tasas de producción, personal requerido y producción objetivo, mediante el uso de la

herramienta complementaria Solver del paquete Microsoft Excel. El simulador considera las siguientes características:

- Proceso o actividad para ejecutar
- Peso promedio del banano
- Rendimiento de la fruta
- Producción objetivo
- Porcentaje de aceptación del producto terminado
- Escenario de producción por habilidad de operadores (Worst Case, Normal Case, Best Case).

El software Solver ajusta los valores de las celdas de número de personas, con respecto a un objetivo en específico.

a) Objetivo del simulador

Minimizar el número de personas requerido

b) Restricciones

- El mínimo valor de producción (kg/h) de los puestos de trabajo debe ser mayor o igual al valor de producción objetivo.
- Los valores de celdas variables, correspondientes al número de personas requerido, debe ser mayor o igual a 0, a su vez, debe ser un valor entero.

Tabla 2.37 Simulador digital para balanceo de línea [Fuente: Fabricación propia]

Peso promedio banano (kg/unidad)	0,1780	Kg/bin	310
Rendimiento (banano pt/banano mp)	33%	Bines/h	12
Producción objetivo (kg/h)	600,0		
Porcentaje aceptación	95,0%		
Producción real	632,70		
Escenario	Estandar case		
Personas que se ausentaron	0		

Calcular

	Volteo y Selección de Fruta	Pelado	Maquillado	Armado de bandejas	Colocación de Palillos	Alimentador de túnel	Envasado	Personal fijo	Línea completa
Productividad U/min/h	1055,50	15,0	30,0	25,3	42,3	55,0	28,4		
Productividad kg/h/h	3720,00	52,87	105,73	89,10	149,06	193,84	100,00		12,24
Headcount requerido	1	12	6	8	5	2	6	9	49
Producción kg/h	3720,00	634,39	634,39	712,80	745,29	387,68	600,00		634,39

El simulador planteado se alimenta la información recolectada en la etapa de Medición, por lo cual permite diferenciar las tasas de producción de acuerdo con la habilidad del operador. Por lo tanto, el simulador tiene 3 escenarios:

- Escenario Best Case: es simulado mediante los promedios de producción de operadores con mayor habilidad en el manejo de fruta.
- Escenario Normal Case: es simulado mediante los promedios los promedios de producción de operadores con mediana habilidad en el manejo de fruta.
- Escenario Worst Case: es simulado mediante los promedios de producción de operadores con baja habilidad en el manejo de fruta.

Adicionalmente, se añade un escenario Estándar, para incluir las tasas de producción de los puestos de trabajo una vez que se haya implementado la estandarización de actividades.

Esta herramienta es utilizada a lo largo del proyecto para simular diferentes escenarios de producción y estimar el personal requerido.

Solución 2: Redistribución de mesas y estandarización de responsabilidades

Para el estudio y propuesta de soluciones con respecto a la distribución de recursos físicos en la línea de producción, es necesario conocer la actual ubicación de las máquinas, mesas y bandas transportadoras.

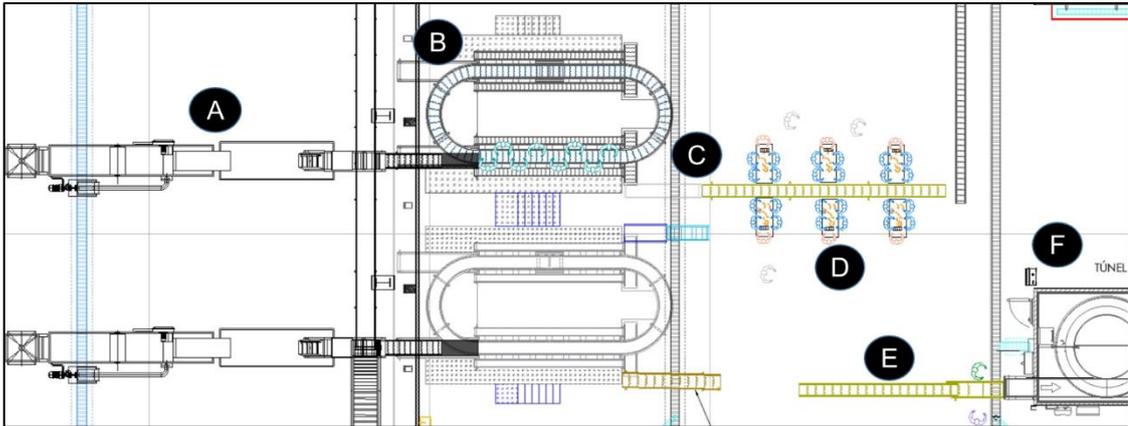


Figura 2.24 Disposición de recursos físicos en el escenario actual de la línea de producción [Fuente: Fabricación propia]

La Disposición de recursos físicos en el escenario actual de la línea de producción (Figura 2.24) se presenta de acuerdo con la siguiente clasificación:

- A. Volteo y desinfección de fruta con cáscara
- B. Banda transportadora de fruta con cáscara en carrusel
- C. Banda transportadora de fruta sin cáscara
- D. Mesas de armado de paletas de banano
- E. Banda transportadora alimentadora de túnel de congelación
- F. Túnel de congelación

La solución planteada consiste en asignar responsabilidades específicas por estación de trabajo, de tal forma que cada operador tenga funciones específicas dentro del proceso, su trabajo se centralice y se reduzcan los movimientos innecesarios. La estandarización de las actividades implica establecer un procedimiento fijo para el personal, de manera que se realicen las mismas tareas y se obtengan los mismos resultados independientemente de si es un empleado habitual o temporal.

La implementación de la solución tiene como objetivo incrementar las tasas de producción por estación, para la cual se dispone del personal conformando un flujo lineal y continuo en las mesas de trabajo.

Considerando la naturaleza manual del proceso, es importante tener en cuenta los siguientes puntos con respecto a la mano de obra y su influencia en la obtención de resultados:

1. Especialización en actividad: Al asignar responsabilidades específicas a cada operador, de acuerdo con su función en el proceso, se puede aprovechar las habilidades de cada persona en cuanto a rapidez, técnica y precisión de la tarea. La especialización por actividad conduce a una mayor eficiencia en el proceso.
2. Motivación en el lugar de trabajo: El personal debe ser informado sobre cómo sus tareas contribuyen al crecimiento para generar motivación y compromiso con las metas organizacionales.
3. Control de actividades del personal: La reasignación de responsabilidades permite tener un mayor control y seguimiento de las tasas de producción y la cantidad correcta de personas por cada puesto de trabajo.



Figura 2.25 Distribución actual de la línea de paletas de banano [Fuente: Fabricación propia]

La distribución actual de la línea de paletas de banano (Figura 2.25) considera una banda transportadora para la alimentación del proceso con de fruta pelada, cuatro mesas a los lados de la banda formando células de manufactura en las que los operadores realizan varias actividades a la vez.

Tabla 2.38 Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario actual [Fuente: Fabricación propia]

N°	Estaciones de trabajo	Cantidad personas	Responsabilidades
1	Pelado	8	a. Seleccionar las frutas con mayor diámetro b. Retirar cáscara de fruta c. Colocar la pulpa en banda d. Colocar la cáscara en la salida de desechos
2	Maquillado, corte y armado	13	a. Tomar la fruta de la banda b. Retirar puntas y manchas de la fruta con un cuchillo. c. Colocar desechos en gaveta d. Colocar la fruta maquillada en la mesa B. Colocar 15 unidades en la bandeja C. Cortar el borde de las bandejas llenas con un cuchillo d. Acercar la bandeja cortada hacia el puesto de colocación de palitos e. Retirar los residuos de fruta de la mesa
3	Alimentador de mesa	2	a. Observar flujo de fruta maquillada en las mesas b. Llevar fruta de la banda hacia cada mesa
4	Colocador de palitos	2	b. Tomar un puñado de palitos c. Colocar palitos en el centro de cada unidad de fruta d. Colocar las bandejas en columna en el lugar asignado de la mesa
5	Colocador de palitos y alimentador de túnel	4	b. Tomar un puñado de palitos c. Colocar palitos en el centro de cada unidad de fruta d. Colocar las bandejas en columna en el lugar asignado de la mesa a. Tomar columna de bandejas llenas

			b. Transportar bandejas hacia la banda de túnel
			c. Voltrear la fruta de las bandejas en la banda
			d. Llevar las bandejas vacías hacia la tina de desinfección
			e. Colocar las bandejas en las gavetas de almacenado de bandejas
7	Alimentador de túnel	1	d. Esparcir la fruta que llega pegada

De acuerdo con las Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario actual (Tabla 2.38), 2 de los puestos de trabajo contienen 8 actividades asignadas, lo que evidencia puestos no especializados por operador.

Tabla 2.39 Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario propuesto [Fuente: Fabricación propia]

N°	Estación de trabajo	Cantidad de personas	Responsabilidades
1	Pelado	8	a. Seleccionar las frutas con mayor diámetro
			b. Retirar cáscara de fruta
			c. Colocar la pulpa en banda
			d. Colocar la cáscara en la salida de desechos
2	Maquillado	7	a. Tomar la fruta de la banda
			b. Retirar puntas y manchas de la fruta con un cuchillo.
			c. Colocar desechos en gaveta
			d. Colocar la fruta maquillada en la banda
3	Alimentador de mesa	2	a. Observar flujo de fruta maquillada en las mesas
			b. Llevar fruta de la banda hacia cada mesa
4	Armado de bandejas	8	a. Buscar las bandejas vacías junto a su puesto de trabajo
			b. Tomar la fruta maquillada de la banda
			c. Colocar 15 unidades en la bandeja
			d. Pasar bandeja al compañero
5	Corte en Molde	2	a. Cortar el borde de las bandejas llenas con un cuchillo
			b. Acercar la bandeja cortada hacia el puesto de colocación de palitos

			c. Retirar los residuos de fruta de la mesa
			d. Sumergir bandejas con producto en ácido
6	Colocación de Palillos	6	a. Inclinar las bandejas
			b. Tomar un puñado de palitos
			c. Colocar palitos en el centro de cada unidad de fruta
			e. Colocar las bandejas en columna en el lugar asignado de la mesa
7	Alimentador de túnel	2	a. Tomar columna de bandejas llenas
			b. Transportar bandejas hacia la banda de túnel
			c. Voltear la fruta de las bandejas en la banda
			d. Llevar las bandejas vacías hacia la tina de desinfección
			e. Colocar las bandejas en las gavetas de almacenado de bandejas
8	Distribuidor de banda	1	d. Esparcir la fruta que llega pegada

La solución propuesta considera la reasignación de responsabilidades, tomando en cuenta ocho puestos de trabajo con un máximo de cinco actividades por puesto, tal como se muestra en la (Tabla 2.39)

La disposición de las mesas en la línea de producción se detalla a continuación:

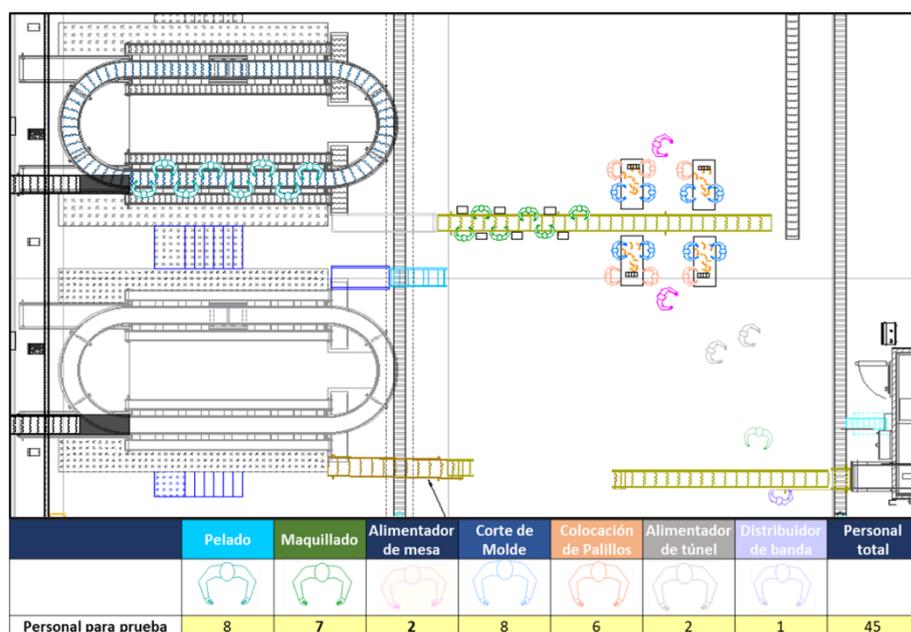


Figura 2.26 Representación gráfica de layout propuesto [Fuente: Fabricación propia]

La nueva propuesta fue puesta a prueba en el turno matutino del 21 de diciembre del 2023, redistribuyendo el personal de acuerdo con las tareas definidas en la tabla Responsabilidades de operadores por estación de trabajo en el escenario propuesto (Figura 2.39)



Figura 2.27 Distribución propuesta de la línea de paletas de banana [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con la Distribución propuesta de la línea de paletas de (Figura 2.27)Figura 2.27, la banda transportadora central recibe fruta sin cáscara del carrusel de pelado por 6 operadores, procede a ser maquillada, retirando puntas y manchas, y es colocada nuevamente en la banda.

En la siguiente estación, 2 operadores toman la fruta maquillada y la depositan en las mesas de trabajo. Cada mesa está conformada por 2 operadores que colocan la fruta en bandejas de 15 unidades donde son cortados de forma transversal y sumergidos en ácido ascórbico.

Posteriormente, 1 operador por mesa realiza la colocación individual de palitos en el centro de cada banana y las acumula en una columna.

Los alimentadores de túnel, designados como 2 personas, transportan las bandejas de paletas de banana de forma manual hacia la banda que alimenta el túnel de congelación.

La redistribución de los recursos físicos planteados en la solución genera impacto en el desplazamiento de personas y producto, lo cual está relacionado a movimientos que no agregan valor y generan demoras en el proceso; para ello es necesaria la reubicación física de las mesas de trabajo y la reasignación administrativa de responsabilidades por operador.

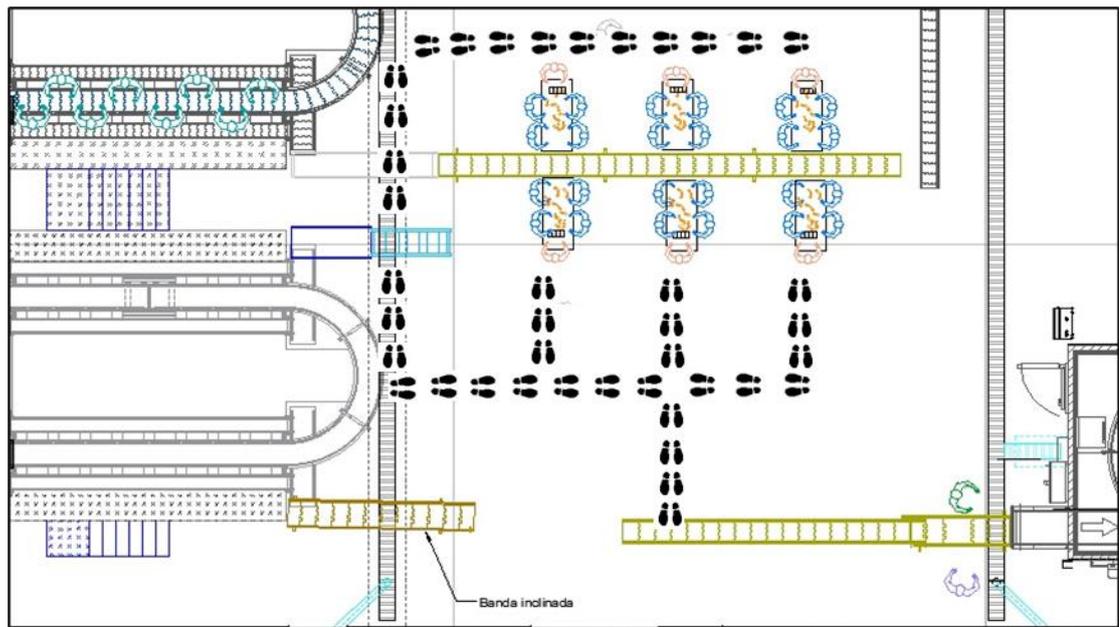


Figura 2.28 Trayectoria actual de transporte manual del producto por caminata del operador [Fuente: Fabricación propia]

La Trayectoria actual de transporte manual del producto por caminata del operador (Figura 2.28), se observa un recorrido de 22.68 metros, considerando la trayectoria más larga de movimiento.

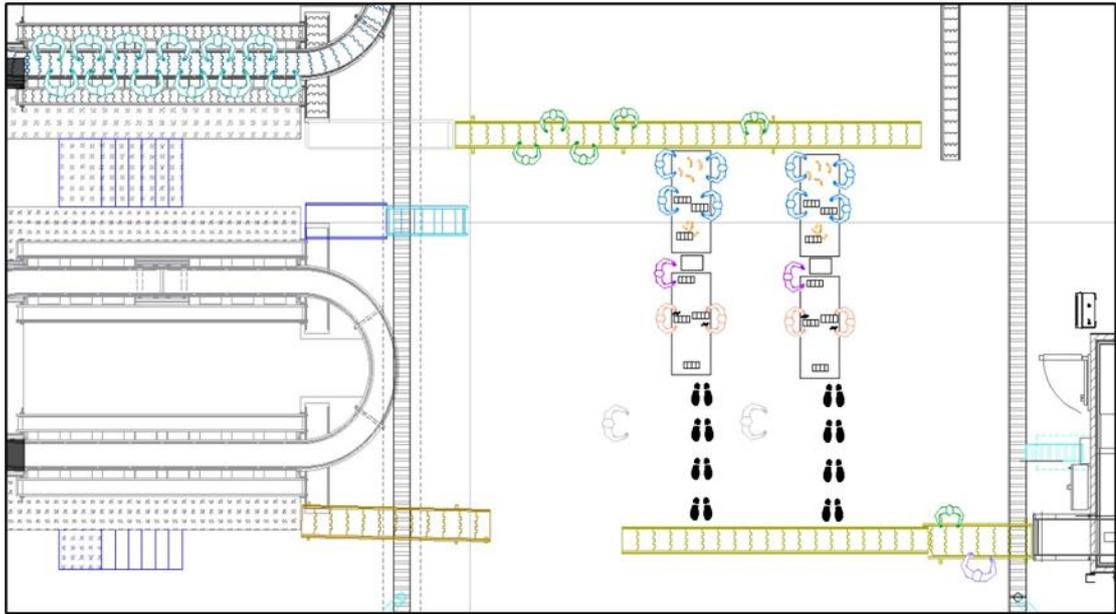


Figura 2.29 Trayectoria de transporte propuesto del producto por caminata del operador [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con la Trayectoria de transporte propuesto del producto por caminata del operador (Figura 2.29), se observa una caminata de 2.72 metros. El escenario propuesto evidencia una reducción del 88% en la caminata más larga para depositar el producto en la banda y posteriormente ingresar al túnel de congelación.

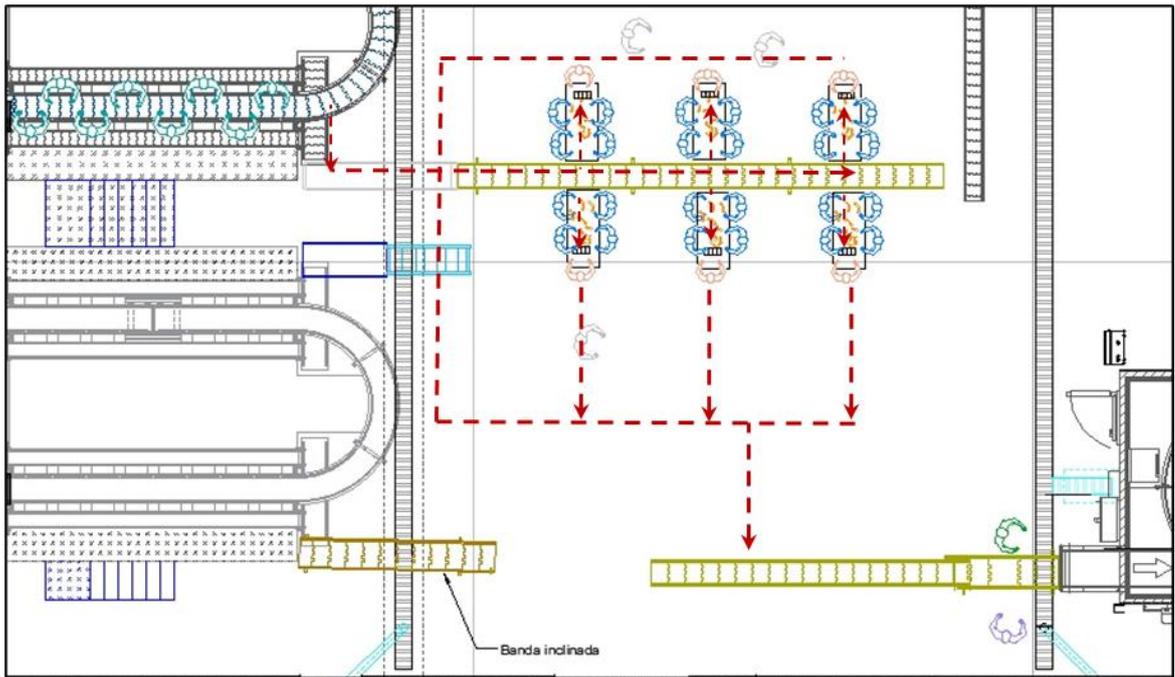


Figura 2.30 Trayectoria actual del producto en el proceso [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con la Trayectoria actual del producto en el proceso (Figura 2.30), se observa un recorrido de 29.79 metros, considerando la trayectoria más larga de transporte del producto.

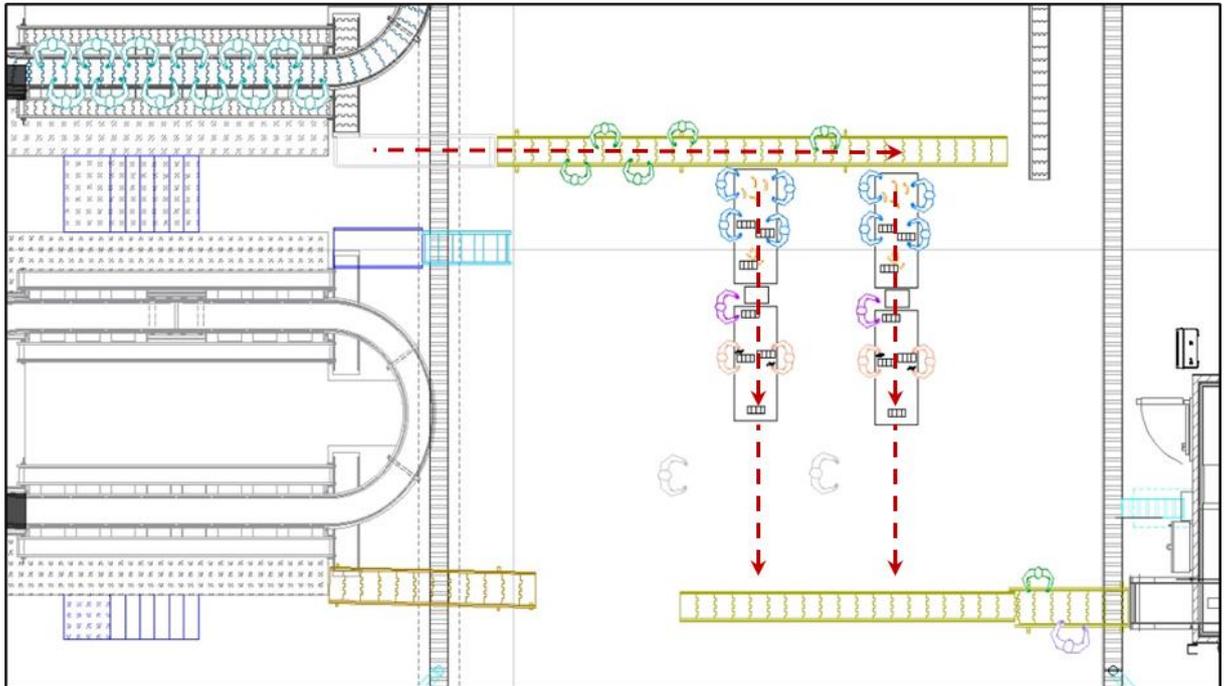


Figura 2.31 Trayectoria propuesta del producto en el proceso [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con la Trayectoria propuesta del producto en el proceso (Figura 2.31) se observa un recorrido de 29.78 metros. El escenario propuesto evidencia una reducción del 52% en el recorrido más largo que realiza el producto a través del proceso hasta ser depositado en la banda que alimenta el túnel de congelación.

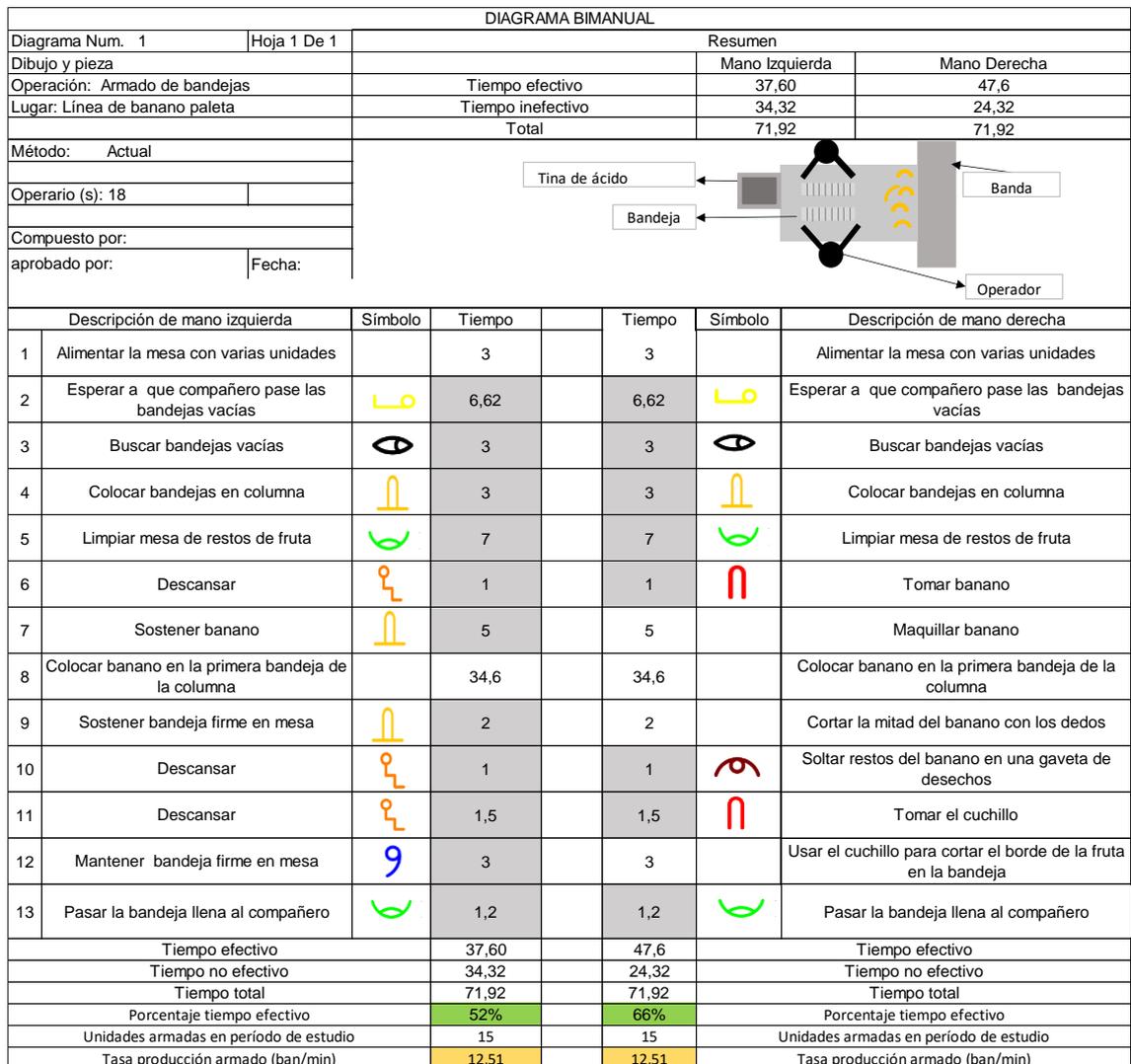


Figura 2.32 Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario actual [Fuente: Fabricación propia]

En el Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario actual (Figura 2.32), se observan los movimientos realizados en la actualidad en el puesto de trabajo de Armado de bandejas. A partir del diagrama, se obtuvo que el tiempo efectivo para la mano izquierda representa el 52% de tiempo de actividad, mientras que la mano derecha representa el 66%. El puesto evaluado genera una tasa de producción de 12,51 unidades de banano por minuto.

DIAGRAMA BIMANUAL						
Diagrama Num. 1		Hoja 1 De 1		Resumen		
Dibujo y pieza				Mano Izquierda		Mano Derecha
Operación: Armado de bandejas				Tiempo efectivo		30,40
Lugar: Línea de banano paleta				Tiempo inefectivo		5,2
				Total		35,60
Método: Escenario automatizado						
Operario (s): 18						
Compuesto por:						
aprobado por:		Fecha:				
Descripción de mano izquierda		Símbolo	Tiempo	Tiempo	Símbolo	Descripción de mano derecha
1	Alimentar la mesa con varias unidades		0	0		Alimentar la mesa con varias unidades
2	Esperar a que compañero pase las bandejas vacías		0	0		Esperar a que compañero pase las bandejas vacías
3	Buscar bandejas vacías		3	3		Buscar bandejas vacías
4	Colocar bandejas en columna		0	0		Colocar bandejas en columna
5	Limpiar mesa de restos de fruta		0	0		Limpiar mesa de restos de fruta
6	Descansar		1	1		Tomar banano
7	Sostener banano		0	0		Maquillar banano
8	Colocar banano en la primera bandeja de la columna		30,4	30,4		Colocar banano en la primera bandeja de la columna
9	Sostener bandeja firme en mesa		0	0		Cortar la mitad del banano con los dedos
10	Descansar		0	0		Soltar restos del banano en una gaveta de desechos
11	Descansar		0	0		Tomar el cuchillo
12	Mantener bandeja firme en mesa		0	0		Usar el cuchillo para cortar el borde de la fruta en la bandeja
13	Pasar la bandeja llena al compañero		1,2	1,2		Pasar la bandeja llena al compañero
Tiempo efectivo			30,40	30,4	Tiempo efectivo	
Tiempo no efectivo			5,2	5,2	Tiempo no efectivo	
Tiempo total			35,60	35,60	Tiempo total	
Porcentaje tiempo efectivo			85%	85%	Porcentaje tiempo efectivo	
Unidades armadas en período de estudio			15	15	Unidades armadas en período de estudio	
Tasa producción armado (ban/min)			25,28	25,28	Tasa producción armado (ban/min)	

Figura 2.33 Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario propuesto [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con el Diagrama bimanual de actividad de armado de bandejas en el escenario propuesto (Figura 2.33), el implementar la estandarización de actividades, se incrementa el tiempo efectivo del puesto de trabajo, de 52% a 85% para la mano izquierda, y se incrementa de 66% a 85% para la mano derecha. La situación propuesta genera una tasa de producción de 25,28 unidades de banano por minuto, lo cual representa un aumento de la tasa de producción de más del 100%, con respecto al promedio obtenido del escenario actual de 12,51 unidades de banano por minuto.

DIAGRAMA BIMANUAL							
Diagrama Num. 1	Hoja 1 De 1	Resumen					
				Mano Izquierda		Mano Derecha	
Operación: Colocación de palitos		Tiempo efectivo		3,20		17,48	
Lugar: Línea de banana paleta		Tiempo inefectivo		31,45		17,17	
		Total		34,65		34,65	
Método: Actual							
Operario (s): 12							
Compuesto por:							
aprobado por: Fecha:							
N	Descripción de mano izquierda	Símbolo	Tiempo		Tiempo	Símbolo	Descripción de mano derecha
1	Tomar una columna de bandejas llenas	∩	1,5		1,5	∩	Tomar una columna de bandejas llenas
2	Sumergir la bandeja en ácido		3,2		3,2		Sumergir la bandeja en ácido
3	Mover la bandeja hacia la mesa	∩	2		2	∩	Mover la bandeja hacia la mesa
4	Descansar	∩	2,8		2,8	∩	Alcanzar los palitos de la gaveta
5	Acomodar los palitos en la mano	9	4,2		4,2	9	Acomodar los palitos en la mano
6	Precolocar la bandeja de forma inclinada	∩	2,42		2,42	∩	Precolocar la bandeja de forma inclinada
7	Sostener bandeja	∩	14,28		14,28		Colocar 15 palitos en una bandeja
8	Tomar la bandeja de banana con los palitos puestos	∩	1,75		1,75	∩	Tomar la bandeja de banana con los palitos puestos
9	Mover la bandeja en un extremo de la mesa	∩	1,5		1,5	∩	Mover la bandeja en un extremo de la mesa
10	Soltar la bandeja	∩	1		1	∩	Soltar la bandeja
Tiempo efectivo			3,20		17,48	Tiempo efectivo	
Tiempo no efectivo			31,45		17,17	Tiempo no efectivo	
Tiempo total (seg)			34,65		34,65	Tiempo totalTiempo total (seg)	
Porcentaje tiempo efectivo			9%		50%	Porcentaje tiempo efectivo	
Unidades armadas en período de estudio			15		15	Unidades armadas en período de estudio	
Tasa producción armado (ban/min)			25,97		25,97	Tasa producción armado (ban/min)	

Figura 2.34 Diagrama bimanual de actividad de colocación de palitos en el escenario actual [Fuente: Fabricación propia]

En el Diagrama bimanual de actividad de colocación de palitos en el escenario actual (Figura 2.34) se observan los movimientos realizados en la actualidad para llevar a cabo la colocación de palitos en bananos cortados. A partir del diagrama, se obtuvo que el tiempo efectivo para la mano izquierda representa el 9% de tiempo de actividad, mientras que para la mano derecha representa el 50%. La situación evaluada genera una tasa de producción de 25,97 unidades de banana con palito por minuto.

DIAGRAMA BIMANUAL							
Diagrama Num. 1	Hoja 1 De 1	Resumen					
				Mano Izquierda		Mano Derecha	
Operación: Colocación estandarizada de palitos		Tiempo efectivo		0,00		14,28	
Lugar: Línea de banano paleta		Tiempo inefectivo		21,28		7,00	
		Total		21,28		21,28	
Método: Actual							
Operario (s): 12							
Compuesto por:							
aprobado por: Fecha:							
N	Descripción de mano izquierda	Símbolo	Tiempo	Tiempo	Símbolo	Descripción de mano derecha	
1	Tomar una columna de bandejas llenas		0	0		Tomar una columna de bandejas llenas	
2	Sumergir la bandeja en ácido		0	0		Sumergir la bandeja en ácido	
3	Mover la bandeja hacia la mesa		0	0		Mover la bandeja hacia la mesa	
4	Descansar		2,8	2,8		Alcanzar los palitos de la gaveta	
5	Acomodar los palitos en la mano		2,2	2,2		Acomodar los palitos en la mano	
6	Precolocar la bandeja de forma inclinada		2	2		Precolocar la bandeja de forma inclinada	
7	Sostener bandeja		14,28	14,28		Colocar 15 palitos en una bandeja	
8	Tomar la bandeja de banano con los palitos puestos		0	0		Tomar la bandeja de banano con los palitos puestos	
9	Mover la bandeja en un extremo de la mesa		0	0		Mover la bandeja en un extremo de la mesa	
10	Soltar la bandeja		0	0		Soltar la bandeja	
Tiempo efectivo			0,00	14,28	Tiempo efectivo		
Tiempo no efectivo			21,28	7,00	Tiempo no efectivo		
Tiempo total (seg)			21,28	21,28	Tiempo total (seg)		
Porcentaje tiempo efectivo			0	67%	Porcentaje tiempo efectivo		
Unidades armadas en período de estudio			15	15	Unidades armadas en período de estudio		
Tasa producción armado (ban/min)			42,29	42,29	Tasa producción armado (ban/min)		

Figura 2.35 Diagrama bimanual de actividad de colocación de palitos en el escenario propuesto [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con el Diagrama bimanual de colocación de palitos en el escenario propuesto (Figura 2.35) el implementar la estandarización de actividades, se disminuye el tiempo efectivo del puesto de trabajo, de 9% a 0% para la mano izquierda, y se incrementa de 50% a 67% para la mano derecha, considerando actividades eliminadas del puesto. La situación propuesta genera una tasa de producción de 42,29 unidades de banano por minuto, lo cual representa un aumento de la tasa de producción de 63%, con respecto al promedio obtenido del escenario actual de 25,97 unidades de banano por minuto.

Peso promedio banano (kg/unidad)	0,1780								Kg/bin	310
Rendimiento (banano pt/banano mp)	33%								Bines/h	12
Producción objetivo (kg/h)	600,0									
Porcentaje aceptación	95,0%									
Producción real	632,70									
Escenario	Estandar case									
Personas que se ausentaron	0									
Calcular										
	Volteo y Selección de Fruta	Pelado	Maquillado	Armado de bandejas	Colocación de Palillos	Alimentador de túnel	Envasado	Personal fijo	Línea completa	
Productividad U/min/h	1055,50	15,0	30,0	25,3	42,3	55,0	28,4			
Productividad kg/h/h	3720,00	52,87	105,73	89,10	149,06	193,84	100,00			12,24
Headcount requerido	1	12	6	8	5	2	6	9		49

Figura 2.36 Resultados del simulador de balanceo de línea para el escenario propuesto estandarizado [Fuente: Fabricación propia]

De acuerdo con los Resultados del simulador de balanceo de línea para el escenario propuesto estandarizado (Tabla 2.36), en base a las tasas de producción obtenidas en la fase Medición del proyecto y a las tasas de producción consecuentes con la asignación de actividades específicas, se obtuvo que se requiere una plantilla de 49 operadores, con una tasa de producción general 600 kilogramos por hora (kg/h) y una productividad de 12.42 kilogramos por hora hombre (kg/hh.).

La solución propuesta genera la reducción de 11 operadores y aumenta la velocidad de producción de la línea, lo cual, de acuerdo con la estructura de costos de la empresa, se traduce en los siguientes beneficios económicos:

Tabla 2.40 Beneficios económicos de la Solución 2 [Fuente: Fabricación propia]

Escenarios	Producción	Personal requerido	Productividad	Incremento productividad	Costo mano de obra por 1000 CJ	Ahorros anuales
Unidad	kg/h	personas	kg/hH	%	\$	\$
Escenario actual sin cambios	540	60	9	0	\$ 7.779	0
Redistribución de mesas y estandarización de	600	49	12,24	32,7%	\$ 6.442	\$ 211.274

responsabilidades						
-------------------	--	--	--	--	--	--

Según los Beneficios económicos de la solución 2 (Tabla 2.40), la redistribución de mesas y estandarización de responsabilidades genera un ahorro anual \$211.277 debido a la reducción de mano de obra requerida de 60 a 49 personas.

Solución 3: Automatización del corte y transporte del producto en proceso

La solución 2, seleccionada como única solución a largo plazo, consiste en la automatización del puesto de corte de bandejas y el transporte de producto hacia la banda de alimentación de túnel, a fin de evitar el movimiento manual de la fruta y las largas caminatas innecesarias; por otro lado, la automatización del transporte sugiere un abastecimiento constante de fruta hacia el congelador, lo que representa una mayor cantidad de producto en proceso para el incremento de productividad.

La propuesta de solución contempla la colocación de cuchillas cortadoras a lo largo de las nuevas bandas a implementar, a fin de lograr un corte automático y uniforme que asegure la altura correcta del producto.

La aplicación de esta solución trae consigo beneficios tales como:

- Aumento en la tasa de producción de la estación de armado de bandejas, que se refiere a la capacidad de la estación para producir más bandejas en menor tiempo.
- Reduce las actividades que no agregan valor al proceso, incrementando el tiempo efectivo de cada estación.
- Se eliminan puestos de trabajo como la alimentación de túnel, conocido como el transporte manual de bandejas hacia la banda transportadora, y el puesto de corte de bandejas, que consiste en el corte manual unitario de bandejas con cuchillo.

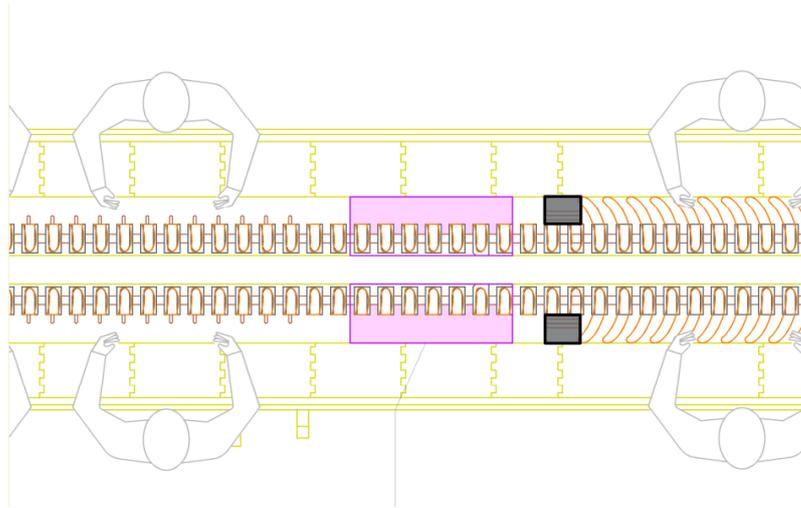


Figura 2.37 Moldes Individuales en Cadena [Fuente: Fabricación propia]

La solución plantea el diseño de bandejas individuales en cadena, de modo que forman una banda transportadora de acero que, en función de las cuchillas laterales, son cortadas por fricción de forma transversal. El diseño genera que la actividad de colocación de palitos se realice de forma individual y continua, reduciendo tiempos operativos u personal necesario en la línea.

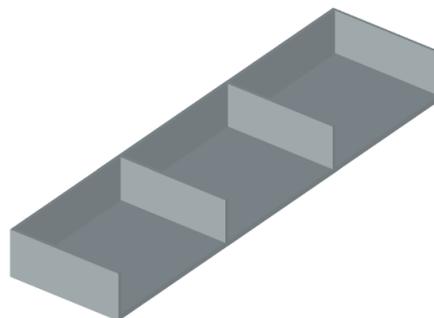


Figura 2.38 Modelo actual de bandeja para paletas de banano [Fuente: Fabricación propia]

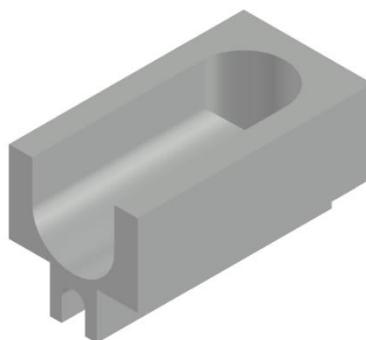


Figura 2.39 Modelo propuesto de bandeja para paletas de banano [Fuente: Fabricación propia]

El diseño de bandejas individuales busca mejorar la eficiencia en el proceso reduciendo tiempos de cambio entre productos. Por otro lado, la incorporación de la actividad de corte en las bandas reduce el riesgo de cortes en el personal al evitar la manipulación de cuchillos.

Para la correcta implementación de las bandejas individuales se deben considerar los siguientes parámetros:

- Altura de la paleta
- Diámetro de la paleta
- Densidad del banano
- Intervalo de peso permitido del banano

La distribución de las bandas transportadoras, las cuchillas cortadoras y el personal asignado se presentan a continuación:

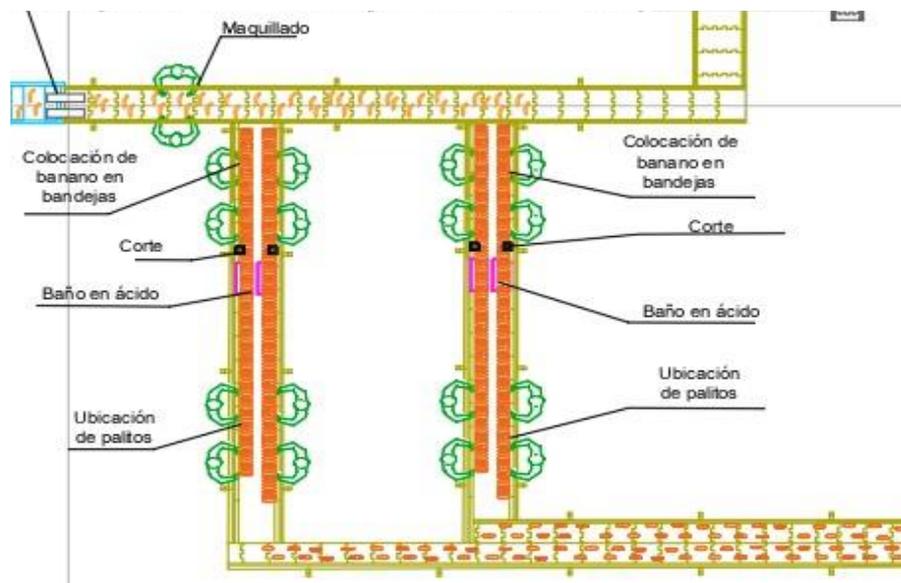


Figura 2.40: Layout de proceso automatizado [Fuente: Fabricación propia]

Mediante la representación del Layout se asigna la distribución del personal con las nuevas implementaciones de la banda y el modelo de bandejas unitarias. Por medio de la herramienta Flexsim, se realiza la simulación del proceso automatizado para evaluar el flujo de material entre estaciones de trabajo. Adicionalmente, se puede evidenciar la ocupación por puesto de trabajo e identificar los potenciales los cuellos de botellas.



Figura 2.40 Simulación de la línea automatizada [Fuente: Fabricación propia]

Como se puede observar en la Simulación de la línea automatizada (Figura 2.40), la línea mantiene un flujo constante de producto en proceso lo que permite que se pueda llegar a una meta de productividad muy cercana a los 800 kg/h. De tal forma se detallan las tasas de producción por puesto de trabajo que se obtuvieron mediante la simulación.

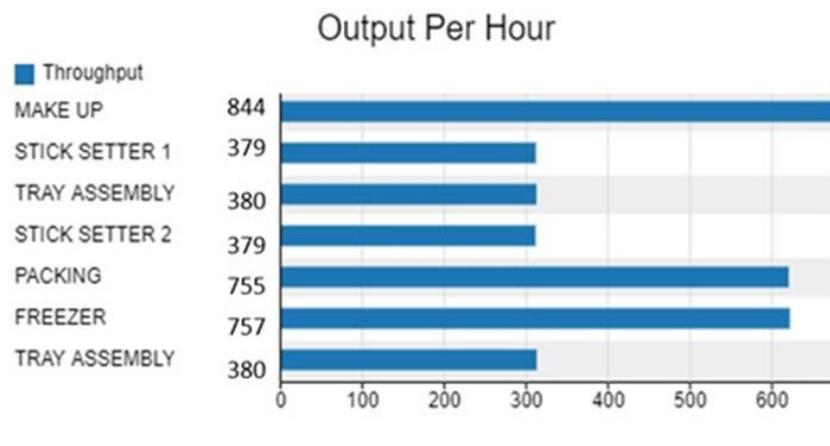


Figura 2.41 Tasas de Rendimientos por proceso [Fuente: Fabricación propia]

Las tasas de rendimientos por proceso (Figura 2.41) se encuentran expresados en unidades de Kilogramos/ hora por puesto de trabajo, en donde las estaciones se mantienen con un alto rendimiento pasando por su estación de forma continua y desembocando finalmente en la zona de empaclado; en promedio, se produce un aproximado de 755 kilogramos/ hora, lo cual se traduce en cajas por hora de producto terminado se tienen una obtención de 62 cajas por hora, ya que la caja cuenta con 198 unidades de paletas con un peso de 12.25 kilogramos

La solución planteada a largo plazo requiere una inversión de \$98031 para su implementación en planta, valor tomado como referencia a partir de proyectos similares de automatización con bandas transportadoras en la empresa.

Tabla 2.41 Indicadores de Proyecto de automatización [Fuente: Fabricación propia]

Tasa de Descuento	16%
VAN	337
TIR	86,1%
Años de Recuperación	1

De acuerdo con los resultados del análisis de fondos de inversión otorgado por la empresa, una inversión de \$98031, con una tasa de descuento fija de 16%, un ahorro mensual de \$14774 por reducción del personal y sus respectivos costos asociados, presenta un valor actual neto (VAN) de 337, una tasa interna de retorno

(TIR) de 86,1% y un período de recuperación de 1 año, lo cual sugiere que el proyecto es rentable y de rápido retorno económico.

Solución 4: Semi automatización de selección de fruta.

La solución 4 propone el cambio de modalidad de una actividad manual a semi automática, es decir, una actividad con intervención humana y operación de maquinaria, a fin de facilitar el proceso y reducir el tiempo.



Figura 2.42 Actividad de selección de fruta a la entrada del proceso
[Fuente: Fabricación propia]

La actividad a ser semi automatizada es la selección de fruta, tarea que en la actualidad se realiza en el área de volteo y desinfección. La actividad consiste en la selección y búsqueda de fruta en bines de 350 kilogramos de 77 centímetros de altura, tal como se muestra en la siguiente figura:

En la Actividad de selección de fruta a la entrada del proceso (Figura 2.42), se puede observar una postura forzada con inclinación del tronco de más de 60°, por lo cual es necesario ser sometido a una evaluación ergonómica. Para el análisis ergonómico se aplicó la herramienta RULA, para estudiar la carga postural del operador.

De acuerdo con la evaluación RULA, que mediante su puntaje Grand Score califica la exposición a posturas, se evaluó la actual postura en el puesto de selección de fruta a la entrada del proceso (Figura 2.42), obteniendo un puntaje de 7, el cual corresponde a la categoría de posturas que requieren intervención inmediata.



Figura 2.43 Estructura de traspaso de producto [Fuente: Fabricación propia]

Por otro lado, la propuesta de semi automatización considera el uso de la banda transportadora del carrusel de pelado para tomar el producto, evitando inclinarse más de 20°, seleccionando el producto no conforme para ser enviado por una estructura de traspaso (Figura 2.43) hacia bins de almacenamiento.



Figura 2.44 Actividad de selección de fruta en la banda del carrusel de pelado

[Fuente: Fabricación propia]

Se procedió a evaluar la herramienta RULA para la postura de la actividad de selección de fruta en la banda del carrusel de pelado (Figura 2.44), obteniendo un puntaje o Grand Score de 3, el cual es considerado de bajo riesgo para desarrollo de trastornos musculoesqueléticos; por lo tanto, se concluye que la semi automatización de la actividad mejora las condiciones ergonómicas del personal.

Actualmente se encuentran cinco operadores realizando la selección manual del producto los lunes y martes, ya que, por planificación de producción de la empresa, el material debe ser seleccionado con mayor rigurosidad estos días de la semana.

Los miércoles, jueves y viernes, por eficiencia operacional, se puede aprovechar el producto, obteniendo un rendimiento de 33%, mientras que los lunes y martes, un rendimiento de 29%.

La selección semi automatizada permite incrementar el rendimiento de la fruta a 31%, de modo que se obtiene un beneficio económico por ahorro de materia prima.

La semi automatización del proceso requiere mano de obra de 2 operadores, por lo que se obtiene una reducción de 3 personas y un incremento en el rendimiento del producto ocasionado por el aprovechamiento de la fruta.

Tabla 2.41 Planificación de la demanda semanal actual de banano [Fuente:

Fabricación propia]

Parámetro	Unidad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Demanda semanal de producto terminado	kg	7387,20	7387,20	7387,20	7387,20	7387,20	36936,00
Materia prima	kg	25473,10	25473,10	22385,45	22385,45	22385,45	118102,57

Rendimiento de fruta	%	29%	29%	33%	33%	33%	
----------------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	--

Tabla 2.42 Planificación estimada de la demanda semanal de banano con incremento de rendimiento [Fuente: Fabricación propia]

Parámetro	Unidad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Demanda semanal de producto terminado	kg	7387,20	7387,20	7387,20	7387,20	7387,20	36936,00
Materia prima	kg	23829,68	23829,68	22385,45	22385,45	22385,45	114815,72
Rendimiento de fruta	%	31%	31%	33%	33%	33%	

La Planificación de la demanda semanal actual de banano (Tabla 2.41) considera la producción de 3040 cajas de producto por semana, lo cual es equivalente a 36936 kg de producto terminado, la línea produce 7387 kg de producto terminado por día, sin embargo, los lunes y martes presentan un rendimiento de 29%, por lo que, para producir la misma cantidad de cajas, debe ingresar mayor cantidad de materia prima.

De esta forma, se observa que semanalmente se requiere un promedio de 118 toneladas de materia prima, mientras que si se incrementa el rendimiento los lunes y martes a 31% se observa un consumo de fruta de 114 toneladas semanales.

Considerando una demanda anual estable de 3040 cajas por semana, se cuenta con una demanda anual de 158080 cajas de paletas de banano.

Tabla 2.43 Resumen de ahorro anual por implementación de solución [Fuente: Fabricación propia]

Parámetro	Unidad	Valor
Kilogramos de materia prima ahorrados al año	kg	170916,3
Costo por kilogramo de materia prima	\$/kg	0,08
Ahorro por reducción de consumo de material	\$	13750,37

De acuerdo con el Resumen de ahorro anual por implementación de solución (Tabla 2.43), anualmente se obtiene un ahorro de 170 toneladas de materia prima con un costo de \$0.08 por kilogramo, lo cual se traduce en un ahorro económico de \$13750 por año.

Para la implementación de la solución es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Recepción: Al momento de recibir la fruta, se debe inspeccionar el material con respecto a especificaciones de calidad de tamaño, diámetro y color.
2. Selección: escoger las frutas que no cumplen con las especificaciones de calidad y colocarlas en la banda de traspaso de producto rechazado, para que pueda ser aprovechado en otra línea de producto.
3. Limpieza: se debe asegurar que las bandas transportadoras de fruta se encuentren en condiciones de limpieza y no contaminen el producto.

Solución 5: Capacitación para actividad de maquillado de fruta

El proceso de maquillado consiste en la eliminación de imperfecciones físicas visibles en el banano con el fin de mejorar la apariencia de la fruta. El maquillado o remoción de defectos incluye la eliminación de manchas oscuras, grumos y corte de puntas.

El proceso de maquillado define características claves durante el proceso, por lo que, si no se alinean los parámetros de remoción de defectos, el producto puede ser retenido, reprocesado o rechazado.

La solución 5 plantea la capacitación de los operadores de la línea de paletas de banano, para la difusión de parámetros de maquillado, a fin de alinear los criterios de manipulación de la fruta e incrementar su aprovechamiento.

Durante la etapa de medición, se observó diferencias en el criterio de lo que se considera una unidad adecuada de banano, por lo que se definió, junto al

departamento de calidad de la empresa, las siguientes directrices principales de maquillado:

- Corte redondeado de puntas
- Remoción del 100% de manchas oscuras
- Regreso del material no adecuado a la banda de producto

Sin embargo, para que el proceso tenga los mejores resultados, es esencial seleccionar a las personas con mayor habilidad para guiar y capacitar a sus compañeros en técnicas de maquillado.

Por otro lado, es importante contar con el control de regulaciones para garantizar la seguridad alimentaria y el cumplimiento de las normas en la manipulación de los alimentos.

En resumen, el maquillado de fruta es una actividad clave para asegurar la calidad y rendimiento del producto por lo cual es fundamental contar con un plan de capacitación para alinear al equipo de trabajo.

Se ha realizado una gran planificación para esta solución, queda definida en 3 partes:

En el primer entrenamiento se realizarán 5 actividades detalladas a continuación:

1. Introducción al procedimiento: en este paso los estudiantes capacitarán al personal para dar a conocer la asignación de actividades en el puesto de trabajo, la recepción del producto.
2. Identificación de defectos: en este paso los encargados de la calidad del producto serán los que llevaran a cabo la categorización de defectos, y a su vez la caracterización de la fruta a utilizar para el proceso, porque como se mencionó antes, es importante la fruta que se encuentre en óptimas condiciones. La duración estimada de esta actividad será de 15 minutos.
3. Eliminación de defectos: este punto forma parte de los más importantes puesto que aquí se aprenderá las técnicas de agarre de la banana y el

cuchillo de maquillaje, con el objetivo de preparar la fruta para el proceso productivo. 10 minutos es el tiempo que tomará impartir esta técnica.

Estos primeros 4 puntos serán realizados en grupos de trabajo reunidos en la mesa con producto disponible para practicar.

4. Práctica del primer operador: en este punto se realizará la primera prueba de maquillaje en donde será registrado el tiempo utilizado por persona para realizar el proceso mencionado anteriormente.

La frecuencia de aplicación de este entrenamiento será de una vez por semana, la duración será de 1 h 5 min en donde se espera que la tasa de producción inicial suba de 15 a/min a 17 a/min.

La segunda parte de la planificación consta de 4 actividades, así mismo serán desarrolladas una vez por semana, este entrenamiento tendrá una duración de 55 minutos y se espera que la tasa de producción incremente de 15 a/min a 20 a/min logrando así un incremento por semana del 33%, el entrenamiento queda definido de la siguiente manera:

1. Revisión de procedimientos: en este punto los estudiantes se tomarán alrededor de 10 minutos para realizar el trabajo de revisión de procedimientos y de posturas de trabajo, asegurándose de que los procesos descritos antes sean cumplidos correctamente.
2. Revisión de identificación de defectos: en esta actividad, realizada por el personal de calidad, se categorizan los tipos de defectos y su modo de remoción, la duración de esta actividad será de 10 minutos.
3. Revisión de manejo de cuchillo y eliminación de defectos: el operador seleccionado para esta labor realiza un ejemplo de la técnica de agarre de la banana y del cuchillo de maquillaje, en unos 15 minutos se estima que sea completada esta actividad.

Estos 3 puntos serán realizados en grupos de trabajo reunidos en la mesa con producto disponible para practicar.

4. Práctica del segundo operador: el operador en este punto realizará su segunda prueba de maquillaje en donde se registrará el tiempo que se toma al hacer esta actividad. Esta actividad supervisada por los estudiantes tendrá una duración de 20 minutos.

En la última etapa de la planificación, se plantea un tercer entrenamiento, el cual tiene como particularidad que se repetirán los tres primeros pasos de la actividad anterior, pero con una diferencia, ya que, en esta ocasión, en el último punto se hablará sobre la tercera práctica de los operadores, la cual es distinta a las demás, ya que en esta etapa se registrará la tasa de producción por persona y se llevará a cabo un acompañamiento para poder medir el progreso.

Los responsables de esta actividad serán los estudiantes, se espera que empleen un tiempo de 20 minutos para llevar a cabo la misma. Con esta práctica se estima que la tasa de producción esperada ascienda a 24 unidades por minuto, con un incremento del 60% por semana.

La capacitación de la actividad de maquillado tiene como objetivo reducir los defectos en el producto generando un mayor aprovechamiento de la fruta, por este motivo, se realizó un muestreo de unidades con defectos antes y después de la primera capacitación de maquillado, lo que permitió evidenciar que de 2.67% de producto que llegaba con defectos de manchas y puntas a la banda alimentadora del túnel, se redujo a 1,33% después de la capacitación. Esto representa una recuperación de producto rechazado de 1.33% sobre el 58% de rendimiento del producto, lo cual representa un 0,78% del producto total.

El aprovechamiento del 0,78% adicional de materia prima genera un ahorro económico anual de \$12070, considerando un aprovechamiento de 150023 kilogramos, y un costo asociado de \$0,08 por caja.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Soluciones

Mediante la implementación de las soluciones a corto plazo se obtuvo los siguientes resultados:

3.1.1 Resultados de Solución 1: Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo

La implementación de la solución 1 permite balancear la línea de producción con respecto al personal mínimo necesario por puesto de trabajo para alcanzar una meta de producción, sacando el máximo provecho a partir del personal disponible y sus capacidades. La solución se presenta como una herramienta para la planificación de producción.

3.1.2 Solución 2: Redistribución de mesas y estandarización de responsabilidades

La implementación de la solución 2, genera un ahorro anual \$ 211,277 debido a la reducción de mano de obra requerida de 60 a 49 personas.

Mediante el estudio de movimientos, se evidenció la solución 2 Incrementa el porcentaje de tiempo efectivo de 50% a 76% para la actividad de colocación de palitos, mientras que para la actividad de armado de bandejas incrementa el tiempo efectivo de 66% a 85%

Evaluando la caminata recorrida por operadores, la solución evidencia una reducción de 88% del trayecto más largo, mientras que, evaluando el recorrido del producto, la solución evidencia una reducción del 52% del camino más largo recorrido por la fruta.

3.1.3 Solución 4: Semi automatización de selección de fruta.

La Semi automatización se mejora las condiciones ergonómicas de los operadores, disminuyendo la exposición a posturas forzadas.

La solución 4 anualmente genera un ahorro anual de 170 toneladas de materia prima con un costo de \$0.08 por kilogramo, lo cual se traduce en un ahorro económico de \$13750 por año.

3.1.4 Solución 5: Capacitación para actividad de maquillado de fruta

La capacitación de la actividad de maquillado permite la recuperación del 0,78% adicional de materia prima, generando un ahorro económico anual de \$12070, considerando un aprovechamiento de 150023 kilogramos, y un costo asociado de \$0.08 por caja.

3.2 Plan de Control

Con el énfasis de mantener un seguimiento continuo sobre las mejoras aplicadas, se implementó un plan de control que permite monitorear y dar seguimiento a las diferentes propuestas soluciones incorporadas.

Tabla 3.2 Plan de Control [Fuente: Fabricación propia]

PLAN DE CONTROL						
N°	Propuesta Solución	Indicador	Responsable	¿Cuándo Controlar?	¿Cómo Controlar?	Periodo de Control
1	Redistribución de mesas por estación de trabajo y estandarización de una actividad por puesto	Número de Personas por estación de Trabajo	Supervisor de Turno	Cada que se inicie el turno	Mediante un registro de las tasas de producción	DIARIO / SEMANAL
2	Automatización de corte y transporte del producto.	Productividad Kg/hora-hombre	Jefe de Procesos & Supervisor de Turno	Cada que se inicie el turno	Revisando las objetivos diarios	DIARIO

3	Semi automatización de selección de fruta	Porcentaje de MP Aprovechamiento por turno	Supervisor de Turno	Cada que se inicie el turno	Mediante la cantidad de cajas reprocesadas	DIARIO
4	Capacitación para la actividad de maquillado de fruta	Porcentaje de Producto rechazado por turno	Supervisor de Turno & Departamento de Calidad	Cuando Ingrese un nuevo operador	Verificando las tasas de producción en la estación de maquillado	SEMANA L
5	Creación de simulador para balanceo de línea por puestos de trabajo	-	Jefe de Procesos	Cada que se inicie el turno o se tenga la programación semanal	Revisando las objetivos diarios	SEMANA L

3.3 Resultados de indicadores

3.3.1 Justificación económica

La implementación de las soluciones de corto plazo genera un ahorro en costos de mano de obra de \$ 211.277 anualmente, esto se debe a la reducción de personal de 60 a 49 personas.

Por otro lado, el aprovechamiento de la materia prima al implementar la semi automatización en la selección de fruta permite un ahorro de \$13750.37 al incrementar el rendimiento del producto en 2%.

De la misma manera, el correcto maquillado de la fruta genera un aprovechamiento del 0,78% anual adicional genera un ahorro económico anual de \$12070, considerando un aprovechamiento de 150023 kilogramos, y un costo asociado de \$0,08 por kilogramo de materia prima.

3.3.2 Justificación ambiental

La estandarización de actividades genera el paso de mayor cantidad de producto en menor tiempo, incrementando la producción de 540 kg/h a 600 kg/h, por lo que se reduce el tiempo de funcionamiento de la maquinaria de congelación. La diferencia de horas máquina genera una disminución de kilovatios anuales de 266,337 kw a 239,704 kw, lo cual representa una reducción en el consumo energético del 10% anual.

3.3.3 Justificación social

De acuerdo con la Solución 4, referente a la Semi automatización de la actividad Selección de fruta, se evidencia una mejora en las condiciones ergonómicas de la tarea. Mediante el análisis de la herramienta RULA, se observó que el primer escenario de trabajo tiene una puntuación de 7, y el segundo escenario contiene la puntuación de 3. Por lo que se puede concluir, se mejoran las condiciones de trabajo de los colaboradores.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Mediante la implementación de soluciones propuestas a corto plazo, se obtuvo las siguientes conclusiones:

1. El proyecto incrementa la productividad de la línea de 9 kg/hH a 12.42 kg/hH, en periodos cortos de tiempo, representando un aumento del 38%, siendo el objetivo propuesto de 34%.
2. El aumento de la productividad de la línea de paletas de banano implica la disminución de la mano de obra requerida, lo cual se traduce en un ahorro salarial de \$115000 por año.
3. El proyecto permite la recuperación de materia prima y, por lo tanto, el aprovechamiento de material para la producción de la demanda anual, obteniendo un ahorro económico de \$25000 por año.
4. El uso eficiente de los recursos ingenieriles existentes en la empresa para la modificación de un puesto de trabajo permite mejorar las condiciones ergonómicas del personal de selección de frutas con una inversión de \$0, reduciendo el riesgo de exposición a posturas forzadas y, por consiguiente, el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.
5. Se incrementa la velocidad de la línea de 540 kg/h a 600 kg/h, lo cual disminuye las horas máquina requeridas para la producción y reduce el consumo anual de energía de 404k kW a 363k kW.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda categorizar la fruta según su rendimiento en el año para un mayor control del proceso y de sus tasas de producción.
2. Para implementar las soluciones, se debe considerar la curva de aprendizaje del personal para adaptarse a los cambios, con el fin de demostrar resultados sostenibles en el largo plazo.

3. Para registrar mejoras consistentes en la productividad, se recomienda tomar en cuenta los kilogramos promedio producidos en un turno, considerando el flujo del producto durante las horas de almuerzo y los cambios de limpieza.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, M. (10 de noviembre de 2014). *Six Sigma*. Obtenido de <https://arevalomaria.wordpress.com/category/six-sigma/page/2/>
- Bain, D. (1987). *Productividad: La solución a los problemas de la empresa*. México D.F: Mc. Graw Hill.
- Ballou, R.-H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. Naucalpan de Juarez, Estado de Mexico: Pearson Education.
- Berlanga Silvent, V., & Rubio Hurtado, M. J. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*.
- Burgos, F. (1999). *Ingeniería de Metodos*. Valencia, Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2017). *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Coppenhaver, r. (2018). Getting the requirements into engineering- QFD. En R. Coppenhaver, *From Voices to results -Voice of costumer questions, tools, and analysis*.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. *Bioestadística y Epidemiología*.
- Fernández-Ríos, Sánchez. (1997). *Eficacia Organizacional*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Hinojosa, A. (03 de 2003). *Diagrama de Gantt*. Obtenido de Producción, procesos y operaciones: <http://www.colegio-isma.com.ar/Secundaria/Apuntes/Mercantil/4%20Mer/Administracion/Diagrama%20de%20Gantt.pdf>
- Kim, H.-Y. (2014). *Analysis of variance (ANOVA) comparing means of more than two groups*. Department of Dental Laboratory Science and Engineering. The Korean Academy of Conservative Dentistry.
- Majumdar, R. (2014). *Six Sigma- Overview of DMAIC and DMADV*. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME).
- McAdam, R., & Lafferty, B. (2004). A multilevel case study critique of Six Sigma: statistical control or strategic change? *International Journal of Operations and Production Management*, 530-549.

- McAtamney, L., & Corlett, N. (1993). *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb*. Applied Ergonomics.
- Mehrjerdi, Y. Z. (2009). *Excellent supply chain management. Assembly Automation*.
- Miranda, J., & Toirac, L. (2010). *Indicadores de productividad para la industria dominicana*. Ciencia y Sociedad.
- Mishra, P., & Sharma, R. K. (2014). A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Molina Arias, M. (2017). *¿Qué significa realmente el valor de p?* Hospital Infantil Universitario La Paz, Madrid, España.
- Nakajima, S. (1998). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Cambridge: Productivity Press.
- Niebel, B., & Andris, F. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mc GrawHill.
- Otamendi, J., & Díaz, Á. (2011). *Estadística para emprendedores: Lecciones prácticas y casos con Minitab*. Addlink.
- Picard, H. E. (2000). Industrial construction efficiency and productivity. *AACE International Transactions*.
- Quijano, S. (2006). *Dirección de Recursos Humanos y Consultoría en las organizaciones*. Barcelona: Icaria Editorial.
- Rasmusson, D. (2006). The SIPOC Picture Book: A visual guide to the SIPOC/DMAIC Relationship. *Oriel*.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/eficacia>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/eficiencia>
- Rodriguez, F. J., & Gomez Bravo, L. (1991). *Indicadores de calidad y productividad en la empresa*. Venezuela: Corporación andina de fomento.
- Salado, A. (2015). *UF1126- Control de la producción en fabricación mecánica*. España: Editorial Elearning.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Muestreo de datos

Toma de datos de tasa de producción actividad Pelado

Tamaño de datos = 30

Pelado						
Nº	Hora	Worst case	Hora	Normal case	Hora	Best case
1	16:00-17:00	10	15:00-16:00	26	15:00-16:00	30
2	16:00-17:00	8	15:00-16:00	25	15:00-16:00	36
3	16:00-17:00	8	15:00-16:00	20	15:00-16:00	36
4	16:00-17:00	9	15:00-16:00	23	15:00-16:00	35
5	16:00-17:00	10	15:00-16:00	22	15:00-16:00	36
6	16:00-17:00	7	15:00-16:00	25	15:00-16:00	34
7	16:00-17:00	9	15:00-16:00	26	15:00-16:00	40
8	16:00-17:00	10	15:00-16:00	25	15:00-16:00	30
9	16:00-17:00	11	15:00-16:00	27	15:00-16:00	33
10	16:00-17:00	12	15:00-16:00	29	15:00-16:00	36
11	16:00-17:00	9	15:00-16:00	26	15:00-16:00	35
12	16:00-17:00	10	15:00-16:00	24	15:00-16:00	31
13	16:00-17:00	8	15:00-16:00	21	15:00-16:00	37
14	16:00-17:00	10	15:00-16:00	25	15:00-16:00	32
15	16:00-17:00	10	15:00-16:00	26	15:00-16:00	31
16	16:00-17:00	11	15:00-16:00	25	15:00-16:00	34
17	16:00-17:00	9	15:00-16:00	27	15:00-16:00	38
18	20:00-21:00	12	15:00-16:00	29	15:00-16:00	37
19	20:00-21:00	10	15:00-16:00	26	15:00-16:00	33
20	20:00-21:00	9	15:00-16:00	21	15:00-16:00	28
21	20:00-21:00	15	15:00-16:00	24	20:00-21:00	30
22	20:00-21:00	13	15:00-16:00	32	20:00-21:00	32
23	20:00-21:00	10	15:00-16:00	30	20:00-21:00	30
24	21:00-22:00	9	15:00-16:00	24	20:00-21:00	32
25	21:00-22:00	8	15:00-16:00	29	20:00-21:00	31
26	21:00-22:00	12	16:00-17:00	30	21:00-22:00	30

27	21:00-22:00	10	16:00-17:00	24	21:00-22:00	34
28	21:00-22:00	11	16:00-17:00	25	21:00-22:00	37
29	21:00-22:00	9	16:00-17:00	24	21:00-22:00	35
30	21:00-22:00	12	16:00-17:00	29	21:00-22:00	34

Toma de datos de tasa de producción actividad Armado de bandejas
Tamaño de datos = 30

Armado de bandejas						
Nº	Hora	Worst case	Hora	Normal case	Hora	Best case
1	21:00-20:00	20	19:00-20:00	15	21:00-22:00	30
2	21:00-20:00	20	19:00-20:00	24	21:00-22:00	30
3	21:00-20:00	21	19:00-20:00	15	18:00-19:00	29
4	18:00-19:00	24	19:00-20:00	12	18:00-19:00	43
5	18:00-19:00	15	19:00-20:00	13	20:00-21:00	34
6	18:00-19:00	20	19:00-20:00	15	20:00-21:00	30
7	20:00-21:00	8	19:00-20:00	15	20:00-21:00	28
8	20:00-21:00	10	19:00-20:00	2	20:00-21:00	25
9	20:00-21:00	10	19:00-20:00	28	20:00-21:00	32
10	20:00-21:00	9	20:00-21:00	15	20:00-21:00	31
11	20:00-21:00	11	20:00-21:00	15	18:00-19:00	32
12	20:00-21:00	12	20:00-21:00	15	18:00-19:00	27
13	20:00-21:00	10	20:00-21:00	14	18:00-19:00	25
14	20:00-21:00	9	20:00-21:00	12	18:00-19:00	27
15	20:00-21:00	7	20:00-21:00	16	18:00-19:00	18
16	11:00-12:00	12	20:00-21:00	7	18:00-19:00	25
17	11:00-12:00	8	20:00-21:00	4	18:00-19:00	15
18	21:00-22:00	15	20:00-21:00	15	18:00-19:00	20
19	21:00-22:00	10	20:00-21:00	7	18:00-19:00	20
20	21:00-22:00	15	20:00-21:00	15	18:00-19:00	15
21	21:00-22:00	15	20:00-21:00	11	18:00-19:00	30

22	21:00-22:00	14	20:00-21:00	15	18:00-19:00	25
23	21:00-22:00	15	20:00-21:00	15	18:00-19:00	21
24	21:00-22:00	12	20:00-21:00	15	18:00-19:00	15
25	21:00-22:00	15	20:00-21:00	10	18:00-19:00	15
26	21:00-22:00	16	20:00-21:00	19	18:00-19:00	17
27	21:00-22:00	15	20:00-21:00	18	18:00-19:00	30
28	21:00-22:00	11	20:00-21:00	9	18:00-19:00	25
29	21:00-22:00	15	20:00-21:00	11	18:00-19:00	15
30	21:00-22:00	15	20:00-21:00	16	18:00-19:00	20

Toma de datos de tasa de producción actividad Colocación de palitos

Tamaño de datos = 30

Colocación de palitos (palitos/min)						
Nº	Hora	Worst case	Hora	Normal case	Hora	Best case
1	20:00-21:00	30	20:00-21:00	40	21:00-20:00	53
2	16:00-17:00	30	20:00-21:00	42	21:00-20:00	58
3	16:00-17:00	35	18:00-19:00	42	21:00-20:00	55
4	16:00-17:00	30	16:00-17:00	45	18:00-19:00	45
5	16:00-17:00	30	16:00-17:00	45	18:00-19:00	50
6	16:00-17:00	30	16:00-17:00	45	18:00-19:00	59
7	20:00-21:00	29	16:00-17:00	45	18:00-19:00	51
8	20:00-21:00	30	16:00-17:00	46	18:00-19:00	59
9	20:00-21:00	30	16:00-17:00	43	18:00-19:00	64
10	20:00-21:00	30	16:00-17:00	45	18:00-19:00	47
11	20:00-21:00	25	16:00-17:00	45	20:00-21:00	62
12	20:00-21:00	30	16:00-17:00	40	20:00-21:00	60
13	20:00-21:00	20	16:00-17:00	45	16:00-17:00	63
14	20:00-21:00	30	16:00-17:00	55	16:00-17:00	59
15	20:00-21:00	30	16:00-17:00	44	16:00-17:00	59
16	20:00-21:00	30	16:00-17:00	45	16:00-17:00	59

17	20:00-21:00	30	16:00-17:00	45	16:00-17:00	70
18	20:00-21:00	36	20:00-21:00	40	16:00-17:00	58
19	20:00-21:00	30	20:00-21:00	45	21:00-22:00	60
20	20:00-21:00	31	20:00-21:00	46	21:00-22:00	58
21	20:00-21:00	15	20:00-21:00	45	21:00-22:00	55
22	20:00-21:00	30	20:00-21:00	50	21:00-22:00	65
23	20:00-21:00	30	20:00-21:00	47	21:00-22:00	60
24	20:00-21:00	35	20:00-21:00	50	21:00-22:00	60
25	20:00-21:00	30	20:00-21:00	48	21:00-22:00	56
26	20:00-21:00	32	20:00-21:00	45	21:00-22:00	65
27	20:00-21:00	20	20:00-21:00	45	21:00-22:00	55
28	20:00-21:00	30	20:00-21:00	43	21:00-22:00	64
29	20:00-21:00	33	20:00-21:00	40	21:00-22:00	68
30	20:00-21:00	30	20:00-21:00	48	21:00-22:00	60

Toma de datos de tasa de producción actividad Alimentación de túnel

Tamaño de datos = 30

Alimentación de túnel				
Nº	Hora	Normal case	Conversión (bananos/min)	Mesas armadas
1	16:00-17:00	11	165	5
2	16:00-17:00	9	135	5
3	16:00-17:00	15	225	5
4	16:00-17:00	6	90	5
5	16:00-17:00	13	195	5
6	16:00-17:00	7	105	5
7	16:00-17:00	5	75	5
8	16:00-17:00	14	210	5
9	16:00-17:00	9	135	5
10	16:00-17:00	9	135	5
11	16:00-17:00	12	180	5
12	16:00-17:00	8	120	5
13	16:00-17:00	4	60	5
14	16:00-17:00	13	195	5
15	16:00-17:00	6	90	5
16	16:00-17:00	8	120	5

17	16:00-17:00	18	270	5
18	16:00-17:00	10	150	5
19	17:00-18:00	18	270	5
20	18:00-19:00	15	225	5
21	18:00-19:00	12	180	5
22	18:00-19:00	4	60	5
23	18:00-19:00	14	210	5
24	18:00-19:00	19	285	5
25	18:00-19:00	8	120	5
26	18:00-19:00	15	225	5
27	18:00-19:00	11	165	5
28	18:00-19:00	11	165	5
29	18:00-19:00	11	165	5
30	18:00-19:00	18	270	5

Toma de datos de tasa de producción actividad Pelado

Tamaño de datos > 30

N	Hora	Worst case	Observación	Hora	Normal case	Observación	Hora	Best case	Observación
1	11:00-12:00	15		11:00-12:00	20		11:00-12:00	28	
2	11:00-12:00	15		11:00-12:00	11	exceso de fruta	12:00-13:00	27	Exceso de producto
3	11:00-12:00	9		11:00-12:00	38		13:00-14:00	30	
4	11:00-12:00	9		11:00-12:00	27		15:00-16:00	34	
5	12:00-13:00	14		11:00-12:00	10	Rotación de puesto	17:00-18:00	36	
6	12:00-13:00	16		11:00-12:00	26		17:00-18:00	32	Atascamiento de banda
7	12:00-13:00	15		11:00-12:00	15		18:00-19:00	38	
8	13:00-14:00	11		11:00-12:00	23		19:00-20:00	34	
9	13:00-14:00	15		11:00-12:00	20		19:00-20:00	36	
10	13:00-14:00	14		11:00-12:00	10	Exceso de fruta			
11	13:00-14:00	12		11:00-12:00	25				

12	14:00-15:00	11		11:00-12:00	19				
13	14:00-15:00	9	Atascamiento de banda	11:00-12:00	25				
14	15:00-16:00	15		11:00-12:00	15				
15	16:00-17:00	12		11:00-12:00	23				
16	16:00-17:00	11		11:00-12:00	32				
17	16:00-17:00	9		11:00-12:00	9	exceso de fruta			
18	17:00-18:00	10		11:00-12:00	21				
19	17:00-18:00	12		11:00-12:00	24				
20	17:00-18:00	9		11:00-12:00	26				
21	17:00-18:00	13		11:00-12:00	19				
22	18:00-19:00	10		11:00-12:00	21				
23	18:00-19:00	9		11:00-12:00	23				
24	18:00-19:00	12		11:00-12:00	21				
25	18:00-19:00	11		11:00-12:00	22				
26	18:00-19:00	9	Rotación de puesto	11:00-12:00	26				
27	18:00-19:00	12		11:00-12:00	20				
28	19:00-20:00	11		11:00-12:00	22				
29	19:00-20:00	18		11:00-12:00	25				
30	19:00-20:00	16		11:00-12:00	23				

Toma de datos mayor a 30 actividad de corte

Toma de datos de tasa de producción actividad Armado de bandejas

Armado de bandejas (unidades/min)									
N	Hora	Worst case	Observación	Hora	Normal case	Observación	Hora	Best case	Observación
1	11:00-12:00	7	Limpieza de mesa	11:00-12:00	15	Maquillado	11:00-12:00	23	Maquillado
2	11:00-12:00	12		11:00-12:00	15	maquillado	11:00-12:00	22	
3	11:00-12:00	15		11:00-12:00	21		11:00-12:00	15	
4	11:00-12:00	11		11:00-12:00	23		11:00-12:00	15	Maquillado
5	11:00-12:00	6	Distribución de utensilios	11:00-12:00	19		11:00-12:00	21	
6	11:00-12:00	12		11:00-12:00	13	maquillado	11:00-12:00	15	
7	12:00-13:00	2	Distribución de utensilios	11:00-12:00	18	Limpieza de mesa	11:00-12:00	11	Maquillado
8	12:00-13:00	11		11:00-12:00	25		11:00-12:00	23	
9	12:00-13:00	3	Distribución de utensilios	11:00-12:00	25		11:00-12:00	16	Limpieza de mesa
10	12:00-13:00	6	Limpieza de mesa	11:00-12:00	15	Limpieza de mesa	11:00-12:00	17	Maquillado
11	12:00-13:00	9	Limpieza de mesa	11:00-12:00	24		11:00-12:00	21	
12	13:00-14:00	7		11:00-12:00	20		11:00-12:00	15	Limpieza de mesa
13	13:00-14:00	3	Limpieza de mesa	11:00-12:00	30		12:00-13:00	15	
14	13:00-14:00	15		11:00-12:00	7	Alimentación de mesa	12:00-13:00	23	
15	13:00-14:00	15		11:00-12:00	21		12:00-13:00	11	Maquillado
16	13:00-14:00	15		11:00-12:00	10	Limpieza de mesa	12:00-13:00	15	Maquillado
17	13:00-14:00	15		11:00-12:00	15	Alimentación de mesa	12:00-13:00	25	
18	13:00-14:00	2	Limpieza de mesa	11:00-12:00	26		12:00-13:00	15	Alimentación de mesa
19	14:00-15:00	14		11:00-12:00	22		12:00-13:00	15	Limpieza de mesa
20	14:00-15:00	14		11:00-12:00	28		12:00-13:00	23	
21	14:00-15:00	5	Limpieza de mesa	11:00-12:00	20		12:00-13:00	18	
22	14:00-15:00	8	Maquillado	11:00-12:00	15	Alimentación de mesa	12:00-13:00	21	
23	14:00-15:00	12		11:00-12:00	26		13:00-14:00	14	
24	14:00-15:00	12		11:00-12:00	22		13:00-14:00	7	Maquillado
25	14:00-15:00	7	Limpieza de mesa	11:00-12:00	28		13:00-14:00	20	
26	14:00-15:00	11		11:00-12:00	20		13:00-14:00	12	Maquillado
27	14:00-15:00	12		12:00-13:00	15	Limpieza de mesa	13:00-14:00	19	
28	14:00-15:00	15		12:00-13:00	16	Maquillado	13:00-14:00	16	
29	14:00-15:00	18		12:00-13:00	25		13:00-14:00	28	
30	14:00-15:00	14		12:00-13:00	12	Distribución de utensilios	14:00-15:00	30	

Toma de datos mayor a 30 actividad de corte Colocación de palitos

Tamaño de datos > 30

Colocador de palitos									
N	Hora	Worst case	Observación	Hora	Normal case	Observación	Hora	Best case	Observación
1	12:00-13:00	15		11:00-12:00	30		12:00-13:00	55	
2	12:00-13:00	15	Falta de bandejas llenas	11:00-12:00	31		14:00-15:00	55	
3	12:00-13:00	15	Falta de fruta	11:00-12:00	31		15:00-16:00	26	Falta de bandejas llenas
4	12:00-13:00	18		11:00-12:00	31		15:00-16:00	60	
5	12:00-13:00	15		11:00-12:00	32		16:00-17:00	52	
6	13:00-14:00	15		11:00-12:00	30		17:00-18:00	50	
7	13:00-14:00	8		11:00-12:00	39		18:00-19:00	48	
8	13:00-14:00	6		11:00-12:00	26	Falta de bandejas llenas	18:00-19:00	45	
9	14:00-15:00	15		11:00-12:00	30		18:00-19:00	55	
10	14:00-15:00	7	Volteo de bandeja en banda	11:00-12:00	34		19:00-20:00	52	
11	15:00-16:00	18		11:00-12:00	15	Falta de bandejas llenas	20:00-21:00	60	
12	15:00-16:00	7	Falta de bandejas llenas	11:00-12:00	32				
13	16:00-17:00	8		11:00-12:00	32				
14	16:00-17:00	12		11:00-12:00	36				
15	16:00-17:00	14		12:00-13:00	45				
16	17:00-18:00	11		12:00-13:00	56				
17	17:00-18:00	12		12:00-13:00	42				
18	18:00-19:00	8		12:00-13:00	52				
19	18:00-19:00	5		12:00-13:00	52				
20	18:00-19:00	10		12:00-13:00	55				

21	19:00-20:00	15		12:00-13:00	54				
22	19:00-20:00	9	Falta de bandejas llenas	12:00-13:00	52				
23	19:00-20:00	12		12:00-13:00	40				
24	19:00-20:00	10		12:00-13:00	40				
25	20:00-21:00	8	Volteo de bandeja en banda	12:00-13:00	49				
26				13:00-14:00	15	Falta de bandejas llenas			
27				13:00-14:00	18	Falta de bandejas llenas			
28				13:00-14:00	37				
29				13:00-14:00	45				
30				13:00-14:00	35				

Toma de datos de tasa de producción actividad Alimentación de túnel

Tamaño de datos > 30

Alimentador túnel										
Nº	Hora	Normal case	# Mesas	Personas x mesa						Observación
				M1	M2	M3	M4	M5	M6	
1	11:00-12:00	23	6	5	5	5	5	5	5	
2	11:00-12:00	13	6	5	5	5	5	5	5	
3	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
4	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
5	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
6	11:00-12:00	24	6	5	5	5	5	5	5	
7	11:00-12:00	18	6	5	5	5	5	5	5	
8	11:00-12:00	5	6	5	5	5	5	5	5	Falta de espacio en banda
9	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
10	11:00-12:00	7	3	5	5	5	0	0	0	
11	11:00-12:00	18	6	5	5	5	5	5	5	
12	11:00-12:00	12	6	5	5	5	5	5	5	
13	11:00-12:00	2	6	5	5	5	5	5	5	Falta de bandejas llenas

14	11:00-12:00	12	6	5	5	5	5	5	5	
15	11:00-12:00	13	6	5	5	5	5	5	5	
16	11:00-12:00	11	6	5	5	5	5	5	5	
17	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
18	11:00-12:00	10	6	5	5	5	5	5	5	
19	11:00-12:00	20	6	5	5	5	5	5	5	
20	12:00-13:00	12	3	5	5	5	0	0	0	
21	12:00-13:00	11	3	5	5	5	0	0	0	
22	12:00-13:00	7	3	5	5	5	0	0	0	Falta de bandejas llenas
23	12:00-13:00	5	3	5	5	5	0	0	0	
24	12:00-13:00	4	3	5	5	5	0	0	0	Falta de bandejas llenas
25	12:00-13:00	5	3	5	5	5	0	0	0	
26	12:00-13:00	12	3	5	5	5	0	0	0	
27	12:00-13:00	7	3	5	5	5	0	0	0	
28	12:00-13:00	18	3	5	5	5	0	0	0	
29	12:00-13:00	12	3	5	5	5	0	0	0	
30	12:00-13:00	5	3	5	5	5	0	0	0	

Evidencia de muestreo de datos



APÉNDICE B

Validación de datos

Registros de producto terminado en la línea

SISTEMAS DE GESTION DE SEGURIDAD ALIMENTARIA
PRODUCCION

semvra
VECONSA S.A.
Km 24.5 Vía Daule

MONITOREO DE DETECTOR DE METALES

FO-VCD-PL69E
VERSION: 01
2022-11-10

Fecha: 14.01.2023
Detector: IQF Modelo IQF Saldade
Sensibilidad: 999 Parte: 415 LOTE: 00000 ORDEN: 0000 961499
Tonel: 11 Cliente: Banano

LINEAS DE PROCESO	PATRONES DE VERIFICACION		
	Metales Ferrosos (Fe)	Metales No Ferrosos (N Fe)	Acero Inoxidable (S.S.)
IQF BANANO SLICES, CUBO (VER TABLA POR PRODUCTO IPL-818)	1.8 mm	2.0 mm	2.5 mm
BANANO PALETA MITADES, BANANO PALETA ENTERO, BANANO ENTERO	3.0 mm	4.5 mm	3.5 mm

Colocar V si se realizó la detección Colocar X si no se realizó la detección:

Hora	# Caja	Ferroso (Fe) (V/X)	No Ferroso (N Fe) (V/X)	Acero Inox. (S.S.) (V/X)	# de Rechazo	Motivo de Rechazo (Cantidad)	Acciones Correctivas	Supervisor en caso de ser (+)	Control de Calidad en caso de ser (+)	Hallazgo de objeto metálico (o)
14:48	1050	✓	✓	✓	2	0	0	-	-	-
15:50	1075	✓	✓	✓	8	7	0	-	-	-
16:50	1132	✓	✓	✓	14	10	0	-	-	-
17:50	1141	✓	✓	✓	24	31	0	-	-	-
18:50	1245	✓	✓	✓	30	34	0	-	-	-
19:50	1326	✓	✓	✓	44	45	0	-	-	-
20:50	1312	✓	✓	✓	20	44	0	-	-	-
21:50	1346	✓	✓	✓	26	35	0	-	-	-
22:50	1395	✓	✓	✓	45	65	0	-	-	-
23:50	1434	✓	✓	✓	60	69	0	-	-	-
01:50	1485	✓	✓	✓	24	25	0	-	-	-
02:30	1520	✓	✓	✓	20	24	0	-	-	-

CORRECCIONES:

IQF:

- Se detiene automáticamente la banda del Detector.
- Se revisa el producto en mesa de revisión.
- Se retira el material extraño de la cantidad automáticamente rechazada. Después de esto el producto se desecha.
- Comunicar a los inspectores y supervisores.
- Se vuelve a pasar los patrones para comprobar la sensibilidad del equipo.
- Pasar por detector nuevamente 5 cajas antes y 5 cajas después del hallazgo.
- Registrar.
- El supervisor de producción propondrá los planes de acción, junto con el equipo de trabajo para evitar recurrencia.
- En caso de que no se desechen los patrones (fallos negativos), se deberá retener la producción de 1 hora en que el monitoreo dio positivo. Este producto será registrado y manejado como producto no conforme.
- Proceso de liberación del lote de calidad en condiciones normales.

Frecuencia: Se monitorea el equipo al armarlo, en intervalos de una hora durante todo el proceso y al finalizar turno.

Operador Responsable: *[Firma]* Supervisor Producción: *[Firma]* Asistente Aseg. Calidad: *[Firma]*

Validación de variables Peso de banano y grados Brix de fruta



APÉNDICE C

Configuración de simulador para balanceo de línea

Parámetros de Solver ✕

Establecer objetivo: ↑

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables: ↑

Sujeto a las restricciones:

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: ▼

Método de resolución
Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

APÉNDICE D

HERRAMIENTA RULA

Postura para actividad actual de selección de fruta



Postura para actividad propuesta de selección semiautomática de fruta



Herramienta RULA para el análisis de postura actual de selección de fruta



Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Date: 14/12/2021		Task: Selección De materia prima	
Company: Semvra Daule		Responsable: Jefe de producción	
Dept: Línea de banana en palitos		Evaluador: Xiomara Zapata/ Anthony García	

Upper Arm Posture Scores		LEFT	RIGHT
		2	2
Additional Considerations +1 if hand/shoulder +1 if hand/shoulder +1 if leaning or supported arm			

Lower Arm Posture Scores		LEFT	RIGHT
		2	2
Additional Considerations +1 if working across the midline of the body or out to the side			

Wrist Posture Scores		LEFT	RIGHT
		1	2
Additional Considerations +1 if wrist is bent away from midline			

Wrist Twist Posture Scores		LEFT	RIGHT
		1	1

Neck Posture Scores		LEFT	RIGHT
			2
Additional Considerations +1 if twisted +1 if side-bent			

Trunk Posture Scores		LEFT	RIGHT
			2
Additional Considerations +1 if twisted +1 if side-bent			

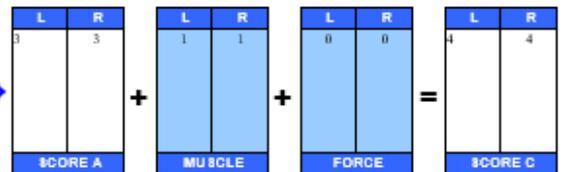
Leg Posture Scores		LEFT	RIGHT
			1

MUSCLE USE SCORES TABLE

Score	Verbal Anchor / Description
0	+ all muscle use not described below
1	+ postures that are mainly static (held for longer than one minute) + repetitive use (action is repeated more than 4 times per minute)

FORCE SCORES TABLE

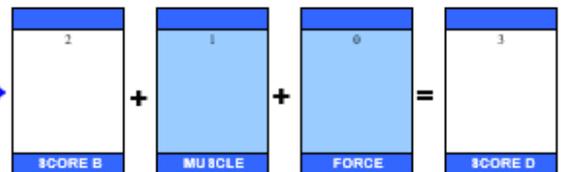
Score	Verbal Anchor / Description
0	+ weights or forces ≤ 4.4 lbs (2 kg) and held intermittently
1	+ weights or forces 4.4 to 22 lbs (2 to 10 kg) and held intermittently
2	+ weights or forces 4.4 to 22 lbs (2 to 10 kg) and held statically + weights or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and repetitive
3	+ weights or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and held statically + weights or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and repetitive + shock or force with rapid build up



NOTES

El Grand Score obtenido es igual a 7, lo cual indica que se requiere cambios inmediatos en el puesto de trabajo.

L	R
7	7
GRAND SCORE	



Grand Score	Score = 1-2: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods
	Score = 3-4: Further investigation is needed, and changes may be required
	Score = 5-6: Investigation and changes are required soon
	Score = 7: Investigation and changes are required immediately

Reference: (McAtamney, L., and Corlett, T. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24, (2), 91-99.

Question? The Ergonomics Center of North Carolina
3701 Neil Street, Raleigh, NC 27607 1-800-ON-4-ERGO

Herramienta RULA para el análisis de postura propuesta de selección semiautomática de fruta



Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Date: 14/12/2021		Task: Selección de materia prima	
Company: Semvita Daule		Responsable: Jefe de producción	
Dept: Línea de banana en palitos		Evaluador: Xiomara Zapata/ Anthony Garcia	

Upper Arm Posture Scores		LEFT	RIGHT
	Additional Considerations +1 raised shoulder +1 abducted shoulder +1 flexing or supported arm	2	2

Lower Arm Posture Scores		LEFT	RIGHT
	Additional Considerations +1 if working across the midline of the body or out to the side	2	2

Wrist Posture Scores		LEFT	RIGHT
	Additional Considerations +1 if wrist is bent away from a midline	2	2

Wrist Twist Posture Scores		LEFT	RIGHT
	1: Mainly in hand-shake position (mid-range of twist) 2: Twisted away from hand-shake position (at or near end-range of twist)	1	1

Neck Posture Scores		LEFT	RIGHT
	Additional Considerations +1 if twisted +1 if side-bent		2

Trunk Posture Scores		LEFT	RIGHT
	Additional Considerations +1 if twisted +1 if side-bent		1

Leg Posture Scores		LEFT	RIGHT
	1: Well-supported & evenly balanced 2: NOT well-supported & evenly balanced		1

MUSCLE USE SCORES TABLE

Score	Verbal Anchor / Description
0	+ all muscle use not described below
1	+ postures that are mainly static (held for longer than one minute) + repetitive use (action is repeated more than 4 times per minute)

FORCE SCORES TABLE

Score	Verbal Anchor / Description
0	+ weights or forces ≤ 4.4 lbs (2 kg) and held intermittently
1	+ weights or forces 4.4 to 22 lbs (2 to 10 kg) and held intermittently
2	+ weights or forces 4.4 to 22 lbs (2 to 10 kg) and held statically + weights or forces 4.4 to 22 lbs (2 to 10 kg) and repetitive + weight or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and held intermittently
3	+ weights or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and held statically + weights or forces ≥ 22 lbs (10 kg) and held repetitive + shock or force with rapid build up

L	R	L	R	L	R	L	R
3	3	1	1	0	0	4	4
SCORE A		MUSCLE		FORCE		SCORE C	

NOTES

Debido a que el Grand Score es 3, la postura evaluada se considera aceptable, es decir, el usuario no se encuentra expuesto significativamente a posturas inadecuadas por carga postural. Sin embargo, no se descarta que el puesto requiera mayor investigación y posteriores cambios en el puesto de trabajo.

L	R
3	3
GRAND SCORE	

2	1	0	3
SCORE B	MUSCLE	FORCE	SCORE D

Grand Score	Score = 1-2: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods
	Score = 3-4: Further investigation is need, and changes may be required
	Score = 5-6: Investigation and changes are required soon
	Score = 7: Investigation and changes are required immediately
	Score = 8: Investigation and changes are required immediately

Reference: McAtamney, L., and Corlett, T. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, (2), 91-99.

Question? The Ergonomics Center of North Carolina
3701 Nell Street, Raleigh, NC 27607 1-800-ON-4-ERGO
www.TheErgonomicsCenter.com

APÉNDICE E

Ayudas gráficas presentadas en capacitación de maquillado



Registros de asistencia a capacitación de maquillado

Transformación
GT 001E
REV 02
2022-04-29

semvra REGISTRO DE ENTRENAMIENTO

COMPañIA: Semvra Daulte

Curso / Entrenamiento: Maquillado de banana Paleta.

Área/Dpto./Sección:

Conducido por: Xiomara Zapata Profesos y María Gabriela Zambrano / Calidad

Fecha: Duración (horas): 25 minutos

Nivel de los participantes: Gerencial Mandos Medios / Supervisión Operativo Administrativo

No.	Nombre del Participante	Firma/ C.I.	Empresa/Centro de Costo
1.	Felisa Burban G.	0915951982	IQF
2.	Galina Rojas	091247376	IQF
3.	Boris Soriano	0956561283	IQF
4.	Boris Castro Torres	091250406	IQF
5.	Erick Alheli Celia Rojas	0803845510	IQF
6.	Neusa Cruz V.	094368817	IQF
7.	Bryan Gamito G.	Bryan G.	IQF
8.	Benjamin Rojas	0911641586	IQF
9.	Jairo Ballalbero	0920177529	IQF
10.	Edison Deiva E.	0951915500	IQF
11.	María Fernanda Cuyaj A.	0930119359	IQF
12.	Wilson Alberto Lopez	0904453886	IQF
13.	BRUCE BARRERA	0923441279	IQF
14.	Yorch Barahona	0921471280	IQF
15.	Yorch Barahona	2108181	IQF

Firma del Instructor _____ Firma de Responsable G&T _____

Transformación
GT 001E
REV 02
2022-04-29

semvra REGISTRO DE ENTRENAMIENTO

COMPañIA: _____

Curso / Entrenamiento: _____

Área/Dpto./Sección: _____

Conducido por: _____

Fecha: Duración (horas): _____

Nivel de los participantes: Gerencial Mandos Medios / Supervisión Operativo Administrativo

No.	Nombre del Participante	Firma/ C.I.	Empresa/Centro de Costo
1.	Jennifer Espinoza B.	Jennifer Espinoza B. 0941616448	IQF
2.	Carolina Ortiz A.	Carolina Ortiz A. 0955007230	IQF
3.	Jennifer Paola Lopez	Jennifer 0939191318	IQF
4.	María Campos Mina	María Campos M. 0927633610	IQF
5.	Yanuarull V. Ca.	0927276197	IQF
6.	Nora Apolinario	0940226108	IQF
7.	Edy Carolina Benavente Monte	0350455664	IQF
8.	Yorch Barahona	0920177529	IQF
9.	Geovana Reyes Rodriguez	0937702000	IQF
10.	Geovana Reyes Rodriguez	0940471331	IQF
11.	María Margarita M.	095500125	IQF
12.	BRUCE BARRERA	BRUCE BARRERA 0923441279	IQF
13.	Jordan Aguirre	Jordan 094972809	IQF
14.	Yorch Barahona	0921471280	IQF
15.	Yorch Barahona	2108181	IQF

Firma del Instructor _____ Firma de Responsable G&T _____



APÉNDICE F

Formatos de Plan de Control

Formato para la solución de Redistribución de mesas por estación de trabajo y estandarización de una actividad por puesto

PLAN DE CONTROL DE TASAS DE PRODUCCION DE BANANO PALETA					
FECHA:					
TURNO:			ESTACIÓN DE TRABAJO A EVALUAR:		
LÍNEA:			CANTIDAD OPERADORES EN ESTACIÓN DE TRABAJO:		
			RANGOS DE CONTROL	TASA MÍNIMA	TASA MÁXIMA ALCANZADA
	HORA				
	INICIO	FIN	OPERADOR	TASAS DE PRODUCCION	OBSERVACIÓN
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Formato para la Solución de Semi automatización de selección de fruta

Formato de control para selección de fruta			
Lista de verificación de condiciones para selección manual			
Fecha:	Turno:		
Supervisor de línea:	Semana:		
Línea:	Producto:		
Marque con una X las condiciones que se cumplen para el inicio de selección de fruta			
Condiciones	Cumple	No cumple	Observaciones
El carrusel 3 se encuentra limpio			
Banda de desechos 1 se encuentra en condiciones de limpieza			
El canal de acceso de fruta se encuentra acoplado a la salida de la banda de desechos 1			
A la salida del canal de acceso se encuentra un bin vacío para el almacenamiento de fruta rechazada			
El personal de selección de fruta ha sido asignado a la banda de pelado 1			
El personal de pelado de fruta ha sido asignado en la banda de pelado 2			
La cámara de fruta fresca tiene capacidad de almacenamiento			
Guías visuales			
Guía de carrusel 3		Canal de acceso para depósito de fruta rechazada	
<p>El diagrama muestra un carrusel con varias bandas. Se identifican: Banda de desechos 1 (arriba izquierda), Banda pelado 1 (arriba derecha), Banda de desechos 2 (abajo izquierda), Banda pelado 2 (abajo derecha) y una Banda inclinada (abajo derecha). Hay un pequeño diagrama de flujo a la derecha del carrusel.</p>		<p>La fotografía muestra un canal de acceso metálico que se conecta a un depósito de fruta rechazada. El canal está inclinado y tiene una salida que dirige la fruta hacia un bin.</p>	

Formato de control para la actividad de maquillado de fruta

Formato de control para maquillado de banano					
Fecha:			Turno:		
Responsable:				Semana:	
Estación de trabajo:					
Unidad de muestra:					
Lista de verificación (Marque con una X los defectos que observe en la unidad de muestra)					
Muestra	Manchas	Puntas	Grumos	Quiebres	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
Total					
Porcentaje					