

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Rediseño de la línea de envasado de frutas en una planta de procesamiento de
pitahaya

INGE-3091

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Luis Fernando Durazno Flores

Erick Rolando Quilli Cabanilla

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria 1

Quiero empezar dedicando este proyecto a Dios, por ser mi refugio y por guiarme hasta esta etapa final de mi carrera.

A mi querido *patucho*, Cesar Durazno, quien me cuida desde el cielo. Por ser el mejor mentor de mi vida. Te amo mucho papi estés donde estés.

A mi mamá, Diana Flores, por su amor incondicional y enseñarme el valor de la humildad. A mis hermanos, quienes me han sido mi soporte a lo largo de este camino.

Y, por último, a mi querida novia, Valeria Paredes. Mi compañera de aventuras y de momentos que se han vuelto inolvidables. Su presencia ha sido mi fuente constante de felicidad y apoyo.

Luis Durazno Flores

Dedicatoria 2

Primeramente, agradecerle a Dios por haberme permitido alcanzar este objetivo tan importante para mí, ya que esto representa un escalón más hacia mis metas profesionales.

El presente proyecto se lo dedico a mi familia por su apoyo en cada etapa del proceso, y a mis docentes por su conocimiento impartido que fue de gran ayuda para fortalecer mis conocimientos durante mi carrera universitaria.

Erick Quilli Cabanilla

Agradecimientos 1

A Dios y a mi familia, por ser pilar fundamental en mi vida, por su amor, sus esfuerzos y, sobre todo, enseñarme los valores que han guiado mi camino. A Valeria Paredes por animarme a seguir adelante, siempre con amor y compañía. A la señora Dennis y al señor Edgar, por todo su apoyo durante la ejecución de mi proyecto. A todos mis amigos de la universidad por hacer de este camino lleno de experiencias inolvidables. También expresar mi agradecimiento a todos mis profesores de la carrera que con su guía y exigencia fueron pieza clave en mi formación académica.

Luis Durazno Flores

Agradecimientos 2

Primeramente, agradecerle a Dios por haberme permitido alcanzar este objetivo tan importante para mí, ya que esto representa un escalón más hacia mis metas profesionales. A mis padres, a mi hermano y amigos que han sido un gran soporte en todo este camino. A mis docentes por su conocimiento impartido que fue de gran ayuda para fortalecer mis conocimientos durante mi carrera universitaria, muchas gracias a todos.

Erick Quilli Cabanilla

Declaración Expresa

Nosotros *Luis Fernando Durazno Flores* y *Erick Rolando Quilli Cabanilla* acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 20 de octubre del 2025.



Luis Fernando Durazno
Flores



Erick Rolando Quilli
Cabanilla

Evaluadores

MSc. María Laura Retamales

Profesor de Materia

PhD. Jenny Gutiérrez López

Tutor de proyecto

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo rediseñar la línea de envasado de fruta para mejorar la eficiencia operativa, la calidad del producto y el equilibrio de la carga de trabajo. Los diagnósticos iniciales identificaron varios problemas, entre ellos una variabilidad significativa en los procesos, una distribución desigual de los puestos de trabajo, una manipulación manual excesiva de los productos y defectos derivados de unas condiciones de secado inadecuadas. Se adoptó un enfoque sistemático que abarcaba el análisis de los procesos actuales, mediciones de tiempo, identificación de cuellos de botella y recomendaciones para equilibrar la línea de producción. Se realizaron dos propuestas de rediseño y se seleccionó la propuesta más adecuada basándose en criterios como el rendimiento, eficiencia, utilización de las estaciones de trabajo, y un análisis financiero que involucra la inversión, VAN y TIR.

Aunque el rechazo depende del cliente final, el rediseño aborda directamente las causas principales del rechazo al estandarizar los procedimientos, optimizar el proceso de secado y al reducir la manipulación de la fruta.

El rediseño propuesto y seleccionado facilita el establecimiento de un sistema de producción más eficiente, estandarizado y fiable, estableciendo las bases para la mejora continua y la optimización futura de los procesos.

Palabras Clave: Rediseño, calidad, variabilidad, cuello de botella, rendimiento.

Abstract

This project aims to redesign the fruit packaging line to improve operational efficiency, product quality, and workload balance. Initial diagnostics identified several issues, including significant variability in processes, uneven distribution of workstations, excessive manual handling of products, and defects resulting from inadequate drying conditions.

A systematic approach was adopted that included analysis of current processes, time measurements, identification of bottlenecks, and recommendations for balancing the production line. Two redesign proposals were made, and the most suitable proposal was selected based on criteria such as performance, efficiency, workstation utilization, and a financial analysis involving investment, NPV, and IRR.

Although rejection depends on the end customer, the redesign directly addresses the main causes of rejection by standardizing procedures, optimizing the drying process, and reducing fruit handling.

The proposed and selected redesign facilitates the establishment of a more efficient, standardized, and reliable production system, laying the foundation for continuous improvement and future process optimization.

Keywords: Redesign, quality, variability, bottleneck, throughput

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas.....	XI
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Voz del cliente.....	4
1.4.2 Despliegue de la función de la calidad (QFD)	4
1.4.3 Gemba	4
1.4.4 Diagrama de Pareto	4
1.4.5 Medida de eficiencia del layout	5
1.4.6 Estandarización de los procesos	5
1.4.7 Balanceo de línea	5
1.4.8 Simulación.....	5
1.4.9 Utilización	6
1.4.10 Cuello de botella.....	6
1.4.11 Autocad	6

1.4.12	Flexsim	6
Capítulo 2	7
2.	Metodología.	8
2.1	Definición	8
2.1.1	Voz del cliente.....	8
2.1.2	QFD.....	9
2.1.3	Restricciones de diseño	11
2.1.4	Especificaciones de diseño	11
2.1.5	Alcance del proyecto	11
2.1.6	Declaración de oportunidad	12
2.1.7	Triple resultado	12
2.2	Medición.....	13
2.2.1	Plan de recolección de datos	13
2.2.2	Confiabilidad de los datos	14
2.3	Análisis	23
2.3.1	Estado actual del proceso	23
2.3.2	Consideraciones para las propuestas de rediseño.....	25
2.4	Evaluación y selección de alternativas de diseño para el rediseño.....	26
2.4.1	Propuesta 1.....	26
2.4.2	Propuesta 2	27
2.4.3	Cumplimiento de las especificaciones de diseño	29
2.4.4	Evaluación del layout	33
2.4.5	Análisis financiero.....	36
2.4.6	Elección de propuesta.....	42
Capítulo 3	44
3.	Implementación.....	45
3.1	Simulación del estado actual de la línea.....	45

3.2	Plan de Prototipado.....	47
3.3	Simulación propuesta 2	47
3.4	Cumplimiento de las especificaciones de diseño	49
3.5	Implementación de guías visuales y planificación de operadores	50
3.6	Resultados e impacto en Triple Bottom Line	51
Capítulo 4		53
4.	Conclusiones y Recomendaciones	54
4.1	Conclusiones.....	54
4.2	Recomendaciones	54
Referencias		55
Apéndice A.....		56
Apéndice B		59
Apéndice C		67
Apéndice D.....		70
Apéndice E		73
Apéndice F		77
Apéndice G.....		79
Apéndice H.....		82

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
QFD	Quality Function Deployment
TBL	Triple Bottom Line
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
VOC	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido

Simbología

Ho	Hipótesis Nula
H1	Hipótesis Alternativa
h	Horas
Kg	Kilogramo
re	Cuello de botella
S	Segundos
N	Tamaño de muestra

Índice de figuras

Figura 1	8
Figura 2	9
Figura 3	10
Figura 4	12
Figura 5	14
Figura 6	15
Figura 7	17
Figura 8	18
Figura 9	20
Figura 10	20
Figura 11	21
Figura 12	21
Figura 13	22
Figura 14	23
Figura 15	25
Figura 16	26
Figura 17	26
Figura 18	31
Figura 19	31
Figura 20	32
Figura 21	32
Figura 22	32
Figura 23	27
Figura 24	27
Figura 25	34
Figura 26	34
Figura 27	35
Figura 28	35
Figura 29	42
Figura 30	42
Figura 31	47
Figura 32	50

Figura 33	51
Figura 34	56
Figura 35	56
Figura 36	57
Figura 37	57
Figura 38	58
Figura 39	58
Figura 40	59
Figura 41	60
Figura 42	60
Figura 43	61
Figura 44	61
Figura 45	62
Figura 46	62
Figura 47	63
Figura 48	63
Figura 49	64
Figura 50	64
Figura 51	65
Figura 52	65
Figura 53	66
Figura 54	66
Figura 55	67
Figura 56	67
Figura 57	67
Figura 58	68
Figura 59	68
Figura 60	68
Figura 61	69
Figura 62	70
Figura 63	70
Figura 64	71
Figura 65	71
Figura 66	72

Figura 67	72
Figura 68	73
Figura 69	74
Figura 70	75
Figura 71	76
Figura 72	77
Figura 73	77
Figura 74	78
Figura 75	79
Figura 76	79
Figura 77	80
Figura 78	80
Figura 79	81
Figura 80	81
Figura 81	82
Figura 82	82
Figura 83	83
Figura 84	83

Índice de tablas

Tabla 1.....	19
Tabla 2.....	19
Tabla 3.....	29
Tabla 4.....	36
Tabla 5.....	37
Tabla 6.....	38
Tabla 7.....	40
Tabla 8.....	41
Tabla 9.....	41
Tabla 10.....	41
Tabla 11.....	45
Tabla 12.....	46
Tabla 13.....	48
Tabla 14.....	48
Tabla 15.....	52

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda internacional de pitahaya ecuatoriana ha llevado a las empresas exportadoras de esta fruta a mejorar constantemente sus procesos posteriores a la cosecha. Bajo este escenario, la eficiencia operativa en toda la línea de envasado se ha convertido en un factor crítico para garantizar la calidad del producto, el cumplimiento de los estándares de inocuidad y la respuesta rápida a las exigencias del mercado.

El presente proyecto se centra en el rediseño de la línea de envasado en una empresa ecuatoriana dedicada a la exportación de pitahaya. Basándose en un análisis técnico y funcional, este estudio tiene como objetivo identificar oportunidades de mejora que respondan a las normas de calidad exigidas por los mercados internacionales, manejando al mismo tiempo el uso de los recursos de manera eficiente.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la empresa dedicada a la exportación de pitahaya se enfrenta a dificultades para mantener la continuidad y la eficiencia de sus actividades. Esto se debe a la falta de estandarización de las operaciones, la desorganización en algunos puestos de trabajo y la gran dependencia del trabajo manual a lo largo de todo el proceso de envasado.

Estas condiciones dan lugar a una gran variabilidad en las operaciones, a diferencias significativas en la ocupación de los operarios (utilización) y a la acumulación de trabajo en determinadas estaciones, lo que dificulta distribuir adecuadamente al personal entre todas las etapas. Como consecuencia, esto afecta tanto la estabilidad de la capacidad de producción como la calidad del producto final.

1.2 Justificación del problema

Resolver este problema es de vital importancia, ya que afecta directamente a los costes operativos, la capacidad para satisfacer la demanda de exportación y a la calidad del producto terminado.

La atención de este problema representa una oportunidad para fortalecer el desempeño operativo de la línea de envasado, mejorar el uso del personal y optimizar el flujo del proceso. Por ende, las medidas de intervención son importantes para garantizar la sostenibilidad del proceso productivo y mantener la competitividad de la empresa en los mercados de exportación.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Rediseñar la línea de envasado de fruta para mejorar la productividad, continuidad del flujo de trabajo y optimizar la asignación del personal, cumpliendo con los parámetros técnicos definidos para el proceso.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar las limitaciones y causas que afectan a la productividad, calidad del producto terminado y la organización del personal en las estaciones de trabajo mediante entrevista, observación directa y recopilación de datos.
2. Aplicar técnicas de ingeniería industrial para rediseñar la línea de envasado con el propósito de mejorar el desempeño del proceso, calidad del producto y equilibrar la carga de trabajo.
3. Evaluar el rendimiento del rediseño propuesto con el diagnóstico actual, con el fin de validar las mejoras logradas.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Voz del cliente

La *Voz del cliente* (VOC) es un proceso estructurado para conocer, interpretar y dar preferencias a las necesidades del cliente como base para el diseño del producto y la mejora continua (Evans & Lindsay, 2008).

1.4.2 Despliegue de la función de la calidad (QFD)

Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) es un método de planificación que consiste en convertir las necesidades de los clientes en características técnicas de los productos. Akao (2004), define el QFD como una matriz sistemática que organiza las necesidades de los clientes de forma jerárquica y favorece la integración interfuncional. La herramienta más importante, la “Casa de la Calidad”, permite visualizar la relación entre los atributos de los clientes y las especificaciones técnicas.

1.4.3 Gemba

El término “*Gemba*” significa ir al lugar de trabajo. En la obra de (IMAI, 2007) sobre Kaizen, la práctica de realizar Gemba Walks permite a los analistas observar directamente los procesos, entablar un diálogo con los empleados e identificar los problemas y comprender sus causas. Este enfoque evita depender de suposiciones infundadas y datos incompletos.

1.4.4 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta estadística basada en la ley del 80/20, es decir, el principio según el cual una minoría de causas produce la mayoría de los resultados. (JURAN, 1999), explica que este diagrama ayuda a jerarquizar los problemas y a concentrar los recursos en los factores más influyentes.

1.4.5 Medida de eficiencia del layout

La medida de contigüidad normalizada es un indicador empleado en el diseño de instalaciones para evaluar qué tan adecuadamente están las ubicaciones de las áreas en función de su proximidad con otra, es recomendada para evaluar layouts dentro del enfoque de Facilities Planning (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2010).

1.4.6 Estandarización de los procesos

La estandarización de procesos es base fundamental de la gestión operativa, cuyo objetivo es establecer y aplicar métodos uniformes para realizar tareas repetitivas dentro de los sistemas de producción. De acuerdo con (Slack, 2007), la estandarización ayuda a reducir las fluctuaciones operativas, aumenta la estabilidad de los resultados y facilita el control de la eficiencia de los procesos.

1.4.7 Balanceo de línea

El balanceo de línea es una técnica empleada para planificar y mejorar los sistemas de producción, consiste en distribuir las tareas de manera uniforme entre las estaciones de trabajo para minimizar el tiempo de inactividad, reducir los desequilibrios operativos y mejorar los procesos. La aplicación correcta de este método aumenta la eficiencia operativa y permite alcanzar un nivel de rendimiento adecuado, teniendo en cuenta las capacidades disponibles y los requisitos del sistema de producción (Heizer, Render, & Munson, 2019).

1.4.8 Simulación

La simulación es una herramienta que utiliza modelos computacionales para reproducir el comportamiento de sistemas reales, lo que permite analizar su eficiencia y evaluar diferentes escenarios sin tener que intervenir directamente en los procesos reales (Banks, 2013).

1.4.9 Utilización

La utilización es un indicador que mide en qué medida un sistema o recurso de producción utiliza su capacidad disponible durante su período operativo (Hillier, 2014).

Por otro lado, un rango de utilización moderada (por ejemplo, del 50 % al 80 %) garantiza el equilibrio entre la eficiencia operativa y la flexibilidad de los procesos manuales, esto proporciona libertad operativa para adaptarse a las fluctuaciones en los niveles de dotación de personal sin sobrecargar a los operadores y sin perjudicar la calidad de la ejecución de las tareas (Krajewski, Malhotra, & Ritzman, 2018).

1.4.10 Cuello de botella

El cuello de botella es una etapa del proceso que limita el flujo en el sistema y determina la capacidad máxima de producción. Identificarlo es muy importante para enfocar los esfuerzos en mejorar el recurso que realmente determina el rendimiento general (Heizer, Render, & Munson, 2019).

1.4.11 Autocad

AutoCAD, software que permite crear planos técnicos de un diseño en 2D y modelos 3D.

1.4.12 Flexsim

FlexSim es un software de modelado y análisis de simulación 3D.

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA.

2.1 Definición

2.1.1 *Voz del cliente*

Para identificar cuáles son las necesidades críticas dentro del proceso, se realizó entrevistas al gerente general y jefe de operaciones de la empresa, quienes están involucrados en el proceso y parte fundamental en el desarrollo del proyecto.

En la siguiente Figura 1, se muestra el resultado de las entrevistas realizadas.

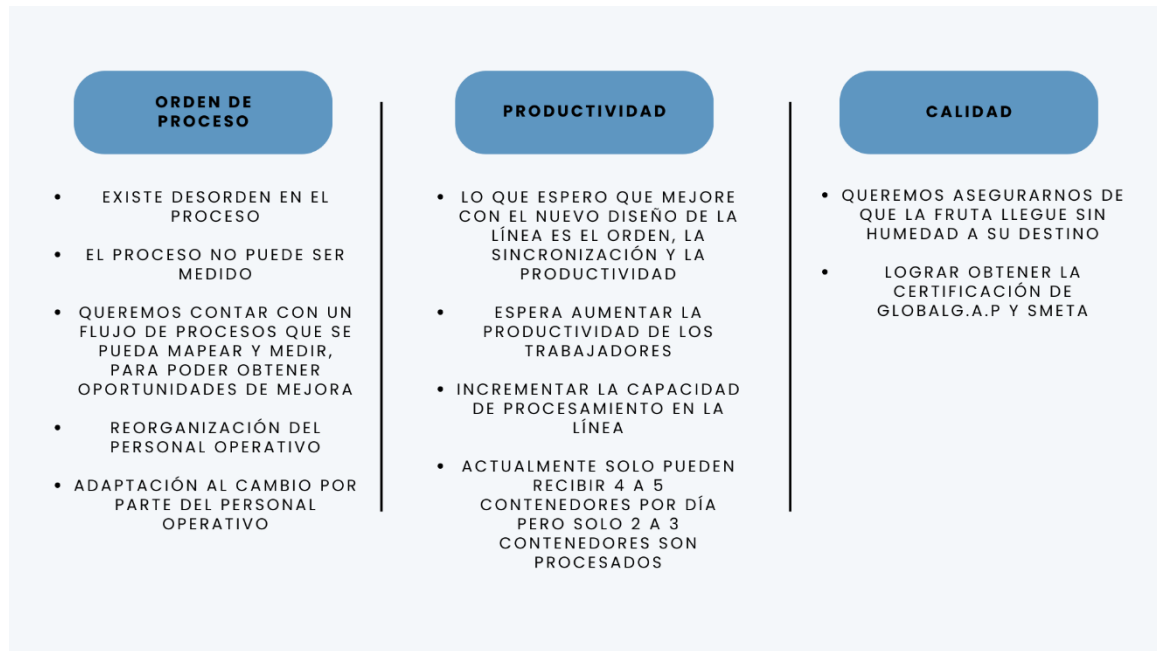
Figura 1

Voz de los clientes



El análisis de las respuestas permitió identificar al cliente clave (gerente general) que más depende de los procesos, especialmente en lo que respecta a la continuidad del trabajo, la calidad de los productos y el cumplimiento de los plazos de entrega.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de afinidad que se realizó con las necesidades críticas recolectadas, con el fin de agrupar cada necesidad a un grupo con igual relación. Esto permitió identificar de forma clara los principales factores que influyen en la productividad de la línea.

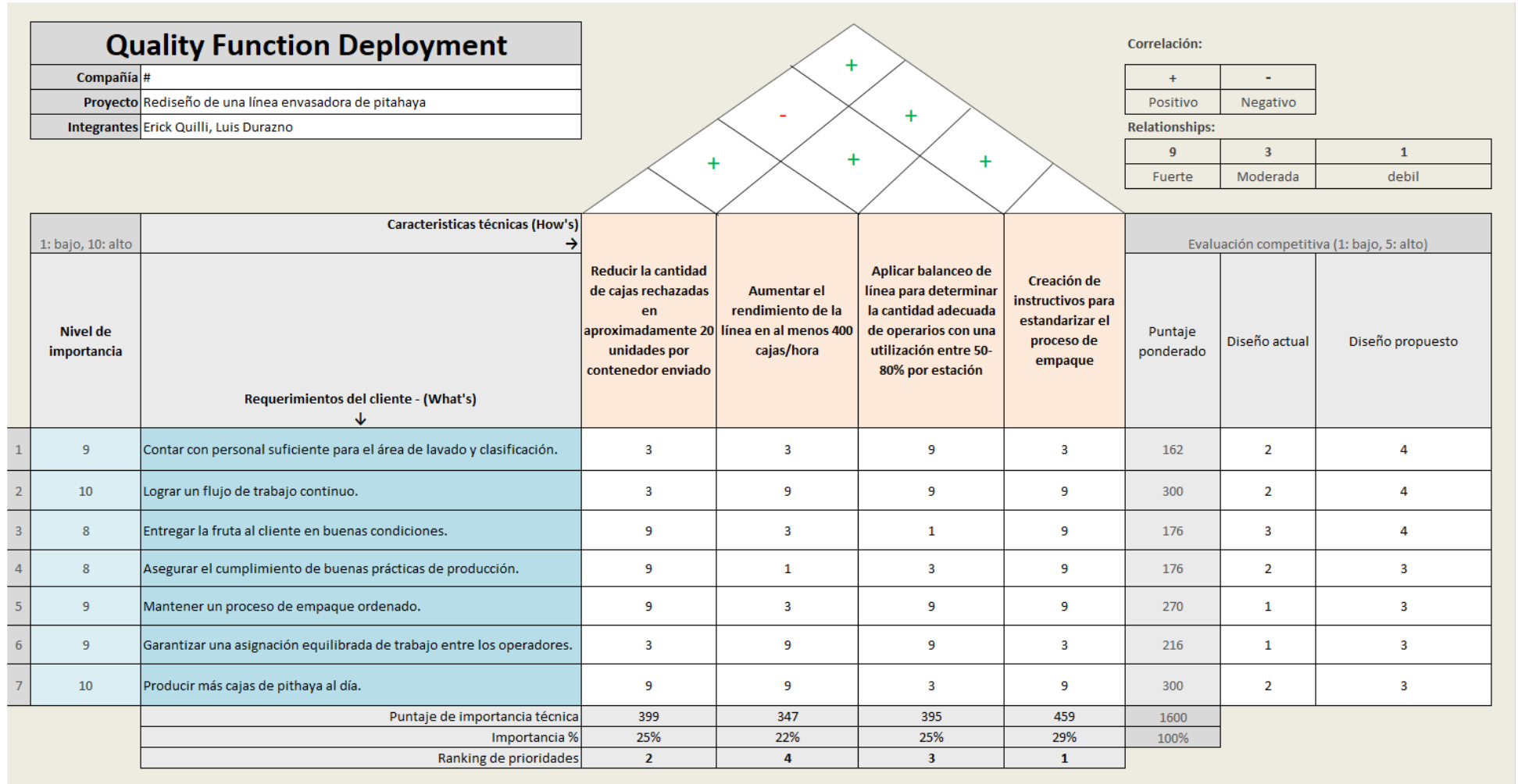
Figura 2*Diagrama de afinidad***2.1.2 QFD**

El Despliegue de la Función de la Calidad (QFD), presentado en la Figura 3, se construyó con la identificación de los requerimientos del cliente los cuales están conectados con la productividad, flujo de trabajo y calidad del producto. Estos requerimientos se encuentran alineados a las siguientes especificaciones técnicas de diseño: aumento del rendimiento, estandarización de los procesos, reducción de cajas rechazadas por calidad y balanceo de línea.

Se tendrán en cuenta todas las especificaciones de diseños para satisfacer las necesidades del cliente y alcanzar las mejoras esperadas.

Figura 3

Despliegue de la función de calidad (QFD)



2.1.3 Restricciones de diseño

Con las entrevistas realizadas se identificaron las restricciones relacionadas a las necesidades actuales que posee la empresa, estas restricciones fueron consideradas al momento de realizar el QFD (Figura 3). A continuación, se presentan las restricciones que deben ser integradas a las propuestas de diseño a desarrollar:

1. No se cuenta con métricas para medir el proceso de producción.
2. El proceso de producción es gestionado por personal tercerizado.
3. El personal tercerizado no podría adaptarse a la propuesta de cambio.
4. El tiempo de entrega del proyecto es de 3 meses.
5. La supervisión del proceso puede generar datos imprecisos

Por otra parte, estas restricciones de diseño también fueron clave para asegurar que las especificaciones de diseño sean viables y coherentes con las condiciones del proceso real.

2.1.4 Especificaciones de diseño

Se establecieron las siguientes especificaciones técnicas de diseño para poder abordar todos los requerimientos identificados de los clientes:

1. Reducir la cantidad de cajas rechazadas en aproximadamente 20 unidades por contenedor enviado.
2. Aumentar el rendimiento de la línea en al menos 400 cajas/hora.
3. Aplicar balanceo de línea para determinar la cantidad adecuada de operarios con una utilización entre 50-80% por estación.
4. Creación de instructivos para estandarizar el proceso de empaque.

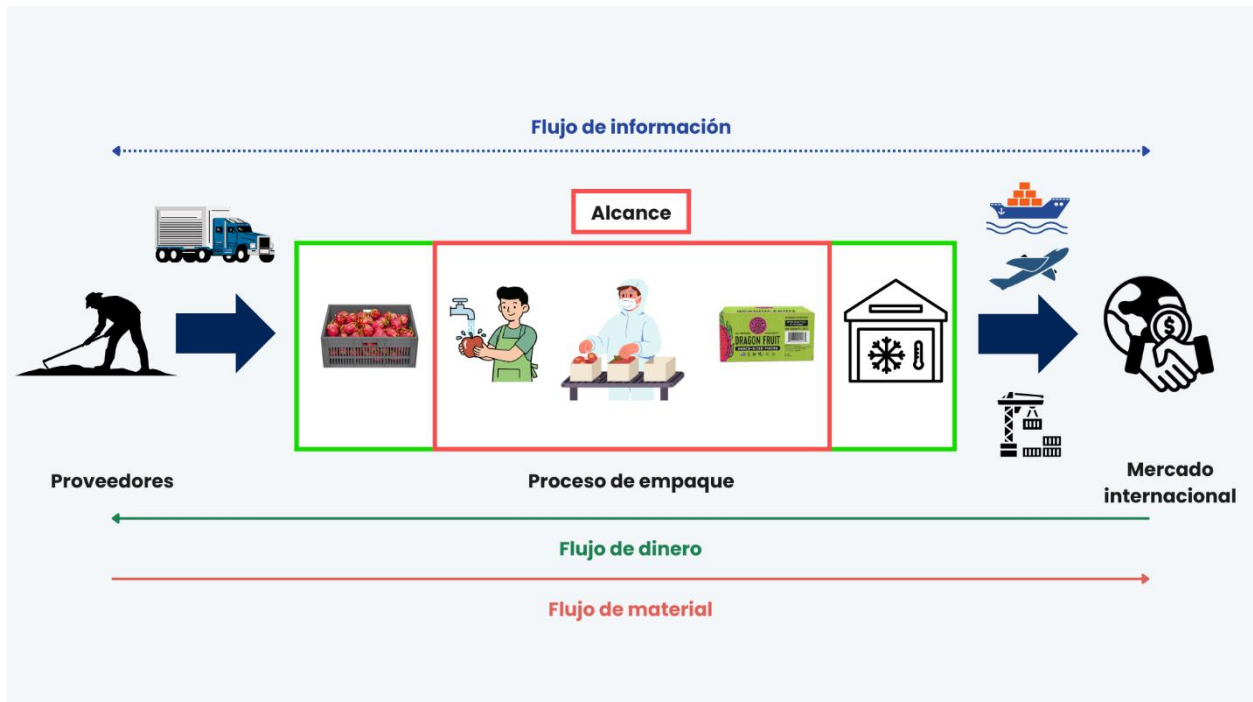
2.1.5 Alcance del proyecto

En la Figura 4 se desarrolló la cadena de suministro de la empresa, donde se puede observar desde donde inicia el proceso (proveedores) hasta donde termina (clientes internacionales).

El alcance del presente proyecto iniciará desde el proceso de clasificación hasta el proceso de etiquetado.

Figura 4

Cadena de suministro



2.1.6 Declaración de oportunidad

El proyecto tiene como objetivo rediseñar la línea de envasado de fruta para mejorar la continuidad del flujo de trabajo, equilibrar las tareas operativas, aumentar la eficiencia sobre el rendimiento de la línea y mejorar la calidad del producto final, comprendiendo desde el proceso de clasificación hasta etiquetado.

2.1.7 Triple resultado

Para evaluar el rediseño de la línea, se utilizaron métricas que representan a las dimensiones del triple resultado (económico, social y ambiental). Con estas métricas se puede analizar la contribución a las mejoras propuestas, no solo aumentar la productividad del personal operativo, sino también en aporte social y reducir el impacto ambiental.

2.1.7.1 Económico. Las siguientes métricas mide el aumento productivo, de producción y el beneficio económico del nuevo rediseño donde se considera el margen unitario por producto vendido.

$$Productividad = \frac{Cajas\ producidas}{Número\ de\ operarios} \quad (2.0)$$

$$Aumento\ productivo\ (\%) = \frac{Productividad\ Nueva - Productividad\ Actual}{Productividad\ Actual} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$Porcentaje\ de\ mejora = \frac{Producción\ Actual - Nueva\ Producción}{Producción\ Actual} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$Aumento\ económico = (Nueva\ Producción - Producción\ Actual) \times Margen\ Unitario \quad (2.3)$$

2.1.7.2 Social. La utilización del trabajo mide el tiempo disponible de los operarios con el tiempo productivo del proceso. Con ello permitirá si está balanceada la carga laboral y si el cambio en el proceso propuesto mejora la eficiencia humana.

$$Porcentaje\ de\ utilización\ por\ estación = \frac{Tiempo\ de\ operación}{Número\ de\ operarios \times Tiempo\ Takt} \times 100 \quad (2.4)$$

2.1.7.3 Ambiental. El consumo de agua permite evidenciar si se está usando la cantidad correcta de agua para el proceso de lavado de la fruta, con ello disminuir el impacto medioambiental por el desperdicio de agua.

$$Consumo\ de\ agua = \frac{Volumen\ Total\ de\ Agua\ Utilizada}{Número\ Total\ de\ Cajas\ Empacadas} \quad (2.5)$$

2.2 Medición

2.2.1 Plan de recolección de datos

Para asegurar un análisis preciso de los procesos y respaldar las decisiones del rediseño, se desarrolló un plan de recopilación de datos (Figura 5). Este plan define los parámetros que

deben medirse, los métodos de recopilación, la frecuencia de registro, su uso futuro y estratificación. Los datos recolectados servirán de base para diagnosticar el estado actual, simular los procesos y evaluar las propuestas de mejora.

Figura 5
Plan de recolección de datos

Objetivo	Quién		Qué		Tipo de dato	Cuándo		Dónde	Por qué	Cómo		Factores de estratificación
	Responsable	Operación	Unidad de medida	Frecuencia		Mes	Instrumento de registro de información			Método de recopilación	Método de verificación	
Recopilar datos cuantitativos para examinar y simular el flujo de la nueva línea de emvasado, evaluar el balance de las operaciones e identificar los factores que afectan a la productividad y la calidad del producto. Estos datos se utilizarán para modelar la simulación, proponer un diseño optimizado y justificar las inversiones.	Luis Durazo and Erick Quilli	Tiempo promedio de servicio (ts)	Cajas/segundo	Continuo	Diana	20/10/2025 - 18/11/2025	Registro en hoja de cálculo Excel	Base para la simulación y balance de línea	Cronometro (registro de inicio a fin) con muestreo	GEMBA	Producto: Pitahaya pulpa blanca Operario: Personal tercerizado Turno: Mañana y tarde Proveedores: Agricultores de pitahaya de pulpa blanca Dia: Cuando llegan los camiones de materia prima.	
		Tiempo promedio de operación (te)	segundos		Diana			Determinar la base del ritmo de producción y planificar el balanceo de la línea				
		Takt time	segundos		Diana			Verificar cumplimiento de meta productiva y examinar con simulaciones				
		Throughput / rendimiento de línea	Cajas/hora	Discreto	Diana	20/10/2025 - 18/11/2025		Diagnóstico la carga de trabajo y determinar el número adecuado de operadores por proceso	Observaciones directas, registros de bases de datos y cámaras de seguridad			
		Número de operarios por estación	Número de operarios / estación		Mensual			20/10/2025 - 18/11/2025	Evaluar el consumo de agua en la línea actual y en la propuesta.			Revisar el consumo de agua en las facturas mensuales
		Consumo total de agua en la línea de emvasado	3 m	Continuo	Mensual	20/10/2025 - 18/11/2025		Evaluación del impacto del rediseño del proceso.	Reporte de cliente			
		Fruta rechazada por motivos de calidad	%		Mensual							

2.2.2 Confiabilidad de los datos

La confiabilidad de los datos recopilados en este análisis se garantiza mediante el uso de metodologías sobre validación de datos como pruebas de error, contraste de hipótesis y observación directa para los datos registrados en el sistema.

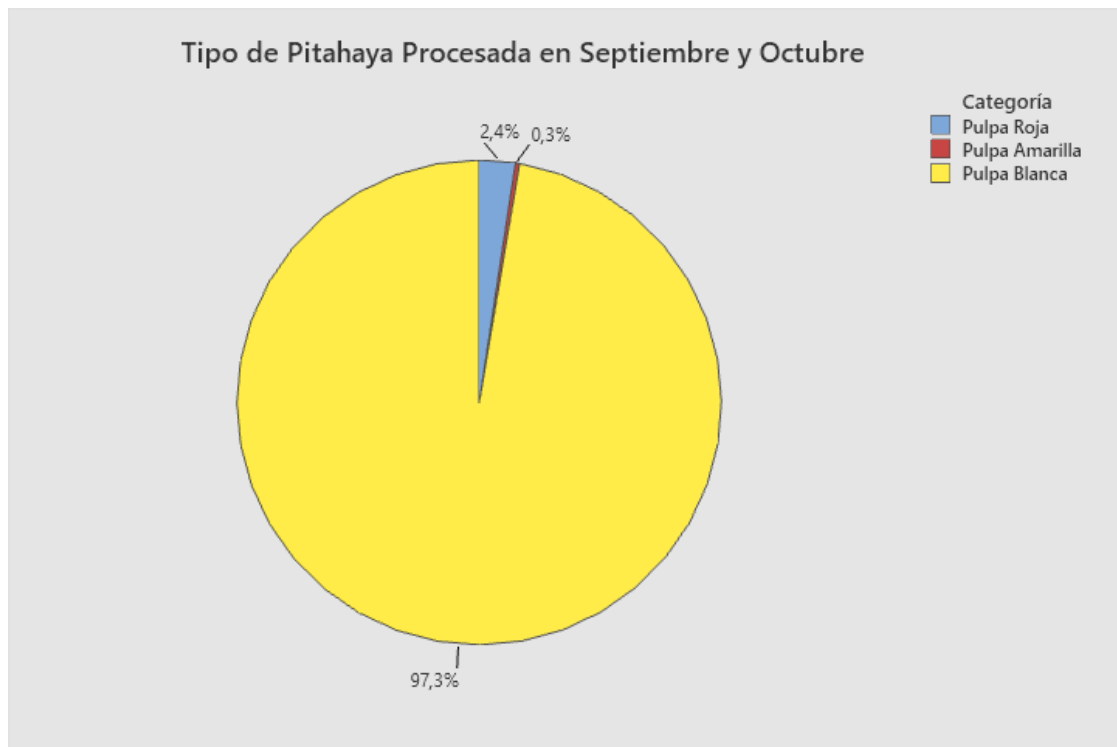
A continuación, se muestra más a detalle la recopilación de los datos de cada operación con su respectiva fiabilidad.

2.2.2.1 Estratificación. La estratificación se dio por tipo de pitahaya (Figura 6), las cuales son las siguientes:

- Pulpa blanca
- Pulpa roja
- Pulpa amarilla

Figura 6

Tipo de pitahaya procesada en septiembre y octubre del año 2025



A través de la base de datos de producción, se identificó que la pitahaya de pulpa blanca es la de mayor demanda, por ende, la recopilación de información está centrada solo en el proceso de este tipo de pitahaya (pulpa blanca).

2.2.2.2 Tiempos promedio de operación. Para empezar, se realizó la prueba de normalidad a través de una muestra piloto de 25 observaciones en dos escenarios de producción (producción baja y alta) para determinar si los tiempos de procesamiento en las 7 actividades correspondientes al proceso de envasado siguen una distribución normal y verificar si cualquiera de estos escenarios afecta o no a los tiempos de operación.

Considerando un nivel de significancia del 5% se realizó el siguiente contraste de hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): Las medias de ambas muestras son iguales.

$$\mu_1 = \mu_2 \quad (2.6)$$

Hipótesis alternativa (H_1): Las medias de ambas muestras son diferentes.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \quad (2.7)$$

Obteniendo los siguientes resultados en la Tabla 1.

Tabla 1

Valores p de prueba de medias por actividad

Actividad	p-valor	¿Normalidad aceptada?
Clasificación y limpieza de ombligo	0,380	Si
Desinfección	0,108	Si
Corte de pedúnculo	0,422	Si
Engavetado	0,385	Si
Secado	0,949	Si
Empaquetado	0,840	Si
Etiquetado	0,885	Si

El valor p de la prueba de medias para todas las actividades fue superior a 0,05 por lo cual no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambas muestras y que los escenarios no afectan a los tiempos de operación.

Las gráficas sobre las muestras de los tiempos de proceso por escenario recolectados, test de normalidad y valor p por cada actividad, se encuentran en el Apéndice A, B y C.

Después de verificar y validar que los tipos de escenarios (producción baja y alta) no afectan los tiempos de operación de las actividades, se realizó nuevamente un muestreo ahora con el fin de conocer el número de observaciones necesarias para poder determinar el tiempo promedio de cada actividad.

A partir de una muestra de 25 observaciones para cada proceso de envasado y considerando un nivel de confianza del 95% con un error del 5%.

$$z = 1,96$$

$$E = 0,05$$

$$n = \left(\frac{z*s}{\bar{x}*E} \right)^2 \quad (2.8)$$

La fórmula (2.8) permite conocer el número de observaciones necesarias para cada muestra, este resultado va a depender del nivel de confianza, el error considerado, promedio y la desviación estándar de cada proceso a analizar.

En base en lo anterior, se obtuvo el total de las observaciones (n), presentado en la Figura 7, que deben ser recopilados para determinar el tiempo promedio de operación.

Figura 7

Muestra piloto de los 25 datos recopilados

Muestra piloto de 25 observaciones							
Observaciones	Clasificación y limpieza de ombligo (s/fruta)	Desinfección (s/fruta)	Corte de pedúnculo (s/fruta)	Engavetado (s/fruta)	Secado (s/gaveta)	Empaquetado (s/caja)	Etiquetado (s/caja)
1	6,5	3,25	5,42	2,00	60	44	15
2	5,5	2,63	3,91	2,00	45	48	17
3	6,33	2,5	3,58	2,87	48	38	12
4	6,57	1,69	5,19	2,67	60	36	13
5	5,3	1,76	6,99	3,00	54	35	15
6	8,53	1,71	5,34	2,21	60	30	12
7	4,42	1,96	5,19	2,29	60	31	20
8	5,2	1,58	6,99	2,23	60	37	11
9	3,11	1,76	5,34	1,63	54	38	20
10	4,5	2,15	5,54	1,88	54	39	23
11	7,05	2,2	5,61	1,50	45	60	18
12	6,37	2,55	5,86	1,75	54	50	10
13	4,83	1,83	4,08	1,75	66	63	15
14	3,58	1,95	5,28	1,88	66	68	16
15	6,08	1,48	3,36	2,38	48	60	11
16	5,3	3,68	6,41	1,88	50	43	15
17	6,14	2,01	3,78	2,28	50	67	14
18	4,35	2,01	3,38	1,55	72	69	15
19	3,85	2,16	3,96	2,91	78	62	24
20	3,60	2,01	3,88	1,96	50	40	20
21	4,60	2,01	3,68	2,14	54	37	22
22	4,00	1,56	5,49	2,09	72	35	19
23	5,80	2,21	2,89	2,64	84	55	13
24	6,00	1,75	4,19	2,64	60	48	14
25	3,45	2,81	3,03	2,10	47	33	14
Promedio	5,24	2,13	4,73	2,17	58,04	46,64	15,92
Desviación estandar	1,32	0,53	1,19	0,42	10,31	12,69	3,89
n	97	95	98	59	48	114	92

Una vez recopilado el número total de las observaciones (n) de cada actividad, se calculó nuevamente el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación descrito en la fórmula (2.9) y por último el error porcentual tal como aparece en la fórmula (2.10) para asegurar que esté por debajo del 5% considerado. Los resultados se presentan en la Figura 8.

$$\text{Coeficiente de variación (\%)} = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (2.9)$$

$$E = \frac{z*s}{\bar{x}*\sqrt{n}} * 100 \quad (2.10)$$

Figura 8

Error porcentual de los N datos recopilados

Proceso	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)	Error de muestreo	Error porcentual
Clasificación y limpieza de ombligo (s/fruta)	97	5,043	1,141	22,62	0,227	4,501
Desinfección (s/fruta)	95	2,313	0,559	24,15	0,112	4,850
Corte de pedúnculo (s/fruta)	98	4,046	1,006	24,86	0,199	4,925
Engavetado (s/fruta)	59	2,119	0,408	19,28	0,104	4,918
Secado (s/gaveta)	48	61,354	9,405	15,33	2,647	4,315
Empaquetado (s/caja)	114	46,266	12,283	26,55	2,257	4,878
Etiquetado (s/caja)	92	16,837	4,031	23,94	0,824	4,894

Se puede observar en la figura anterior que el coeficiente de variación es menor a 30% lo que indica que la media obtenida es representativa para el proceso, por otro lado, el error de todas las actividades está por debajo del 5% lo que permite garantizar la confiabilidad de estos datos recolectados para su posterior análisis.

2.2.2.3 Número de operarios por estación, horas totales trabajadas y cajas realizadas por día. El número de operarios por estación y las horas trabajadas fueron datos recolectados gracias a las cámaras de seguridad, mientras que las cajas realizadas por día se obtuvieron a partir del registro de la base de datos en Excel, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2*Cantidad de cajas producidas*

Fecha	Número de operarios	Horas trabajadas	Cajas producidas
29/10/2025	56	8,33	3059
5/11/2025	44	3,47	1096
6/11/2025	19	1,88	353
7/11/2025	31	2,52	629

2.2.2.4 Rendimiento de la línea, tiempo takt y tasa de servicio. Dado que la producción diaria es variable se consideraron 4 escenarios (A, B, C, D) de acuerdo con la cantidad de cajas producidas al día como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3*Cantidad de cajas producidas según los escenarios*

Escenario	Cajas producidas
A	3059
B	1096
C	629
D	352

Los cálculos para el rendimiento real de la línea (Throughput) y tiempo takt (Takt Time) se realizaron a través de las siguientes fórmulas:

$$\text{Rendimiento real} = \frac{\text{Cajas producidas por día}}{\text{Total de horas trabajadas por día}} \quad (2.11)$$

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo disponible en segundos}}{\text{Cajas producidas}} \quad (2.12)$$

Para el tiempo disponible se consideró las horas trabajadas y se lo transformo a segundos con el fin de tener coherencia en las unidades de análisis del Tiempo Takt de la fórmula (2.12).

Los resultados para cada escenario se presentan en la Figura 9.

Figura 9

Cálculo del takt time para cada escenario

	Cajas producidas	Horas de producción	Tiempos disponible en segundos	Rendimiento real (cajas/hora)	Tiempo de takt (s/caja)
A	3059	8,33	30000	367,08	9,81
B	1096	3,47	12480	316,15	11,39
C	629	2,52	9060	249,93	14,40
D	352	1,88	6780	186,90	19,26

El rendimiento teórico fue determinado a partir de los cuellos de botellas identificados en cada escenario de la capacidad observada con los tiempos de operación recolectados del muestreo como se muestra en la Figura 10 y Figura 11 que corresponden a los escenarios A y D como ejemplo. A continuación, se detallan los cálculos realizados.

$$\text{Tasa de servicio } (\mu) = \frac{\text{Número de operadores}}{\text{Tiempo de operación}^{S/C}} C/S \quad (2.13)$$

$$\text{Cuello de botella} = \text{Min} \{ \text{tasa de servicio observada } C/S \} \quad (2.14)$$

$$\text{Rendimiento teórico} = (\text{Cuello de botella} * 3600) C/h \quad (2.15)$$

Figura 10

Tasa de servicio y rendimiento teórico para el escenario A

A - 3059 cajas	Tiempo de operación		Número de operarios	Tasa de servicio	
Clasificación y limpieza de ombligo	50	s/caja	18	0,360	caja/s
Desinfección	23,1	s/caja	8	0,346	caja/s
Corte de pedúnculo	40	s/caja	9	0,225	caja/s
Engavetado	21,1	s/caja	6	0,284	caja/s
Secado	43,83	s/caja	ENTRE 4 Y 5	0,100	caja/s
Empaquetado	46,3	s/caja	8	0,173	caja/s
Etiquetado	16,83	s/caja	3	0,178	caja/s
Rendimiento teórico	361,41	h/caja	-	-	-

Figura 11

Tasa de servicio y rendimiento teórico para el escenario D

D - 352 cajas	Tiempo de operación		Número de operarios	Tasa de servicio	
Clasificación y limpieza de ombligo	50	s/caja	4	0,080	caja/s
Desinfección	23,1	s/caja	2	0,087	caja/s
Corte de pedúnculo	40	s/caja	2	0,050	caja/s
Engavetado	21,1	s/caja	2	0,095	caja/s
Secado	43,83	s/caja	3	0,068	caja/s
Empaquetado	46,3	s/caja	4	0,086	caja/s
Etiquetado	16,83	s/caja	2	0,119	caja/s
Rendimiento teórico	246,41	h/caja	-	-	-

La tasa de servicio y rendimiento teórico para el escenario B y C se realizaron de la misma manera considerando sus respectivos datos.

Posteriormente, se realiza el cálculo del error para cada uno de los escenarios y se presentan los resultados para cada caso (Figura 12).

$$\% \text{ de Error} = \frac{|Teórico - Real|}{Real} \quad (2.16)$$

Figura 12

Error porcentual entre rendimiento teórico y real

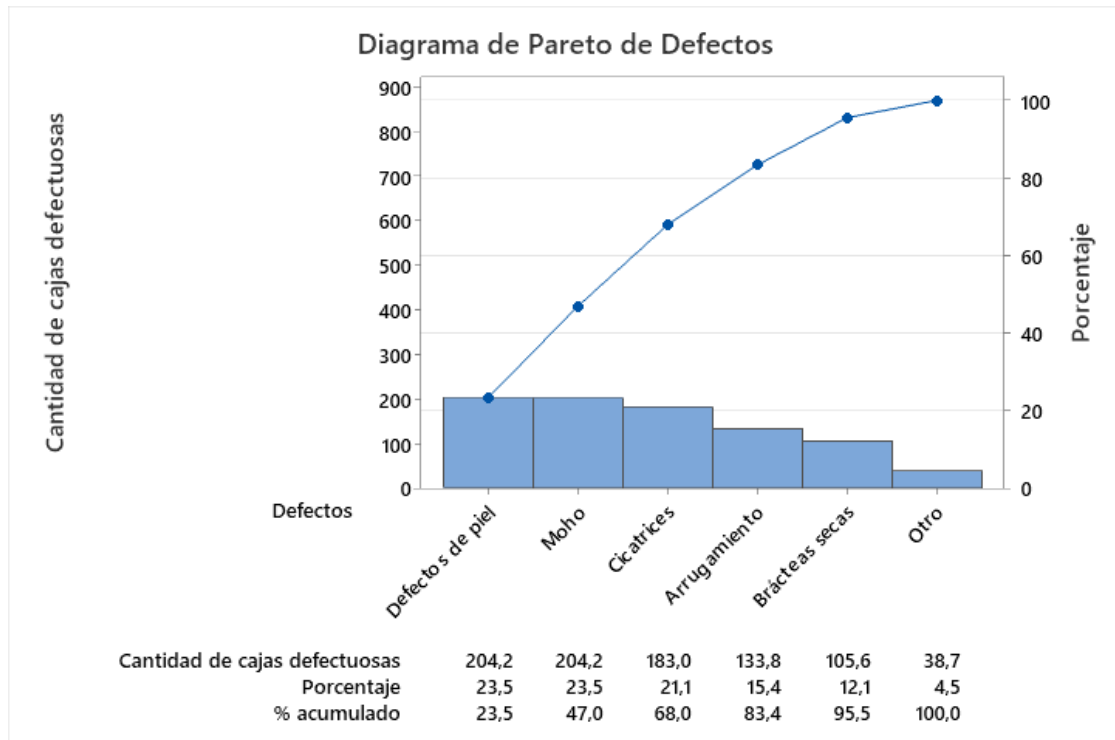
-	Cajas producidas en el día	Rendimiento real (cajas/hora)	Rendimiento teórico (cajas/hora)	Error %
A	3059	367,08	361,41	1,54
B	1096	316,15	328,55	3,92
C	629	249,93	246,41	1,41
D	352	186,90	180	3,69

Dado que el error es menor al 5% permitido se verifica nuevamente la confiabilidad de los datos obtenidos mediante el muestreo previamente realizado para el caso de los tiempos de operación, además de la cantidad de operarios y las horas trabajadas, información recolectada mediante las cámaras de seguridad.

2.2.2.5 Defectos de producto terminado y agua consumida. Los defectos de productos fueron obtenidos a partir de los reportes enviados por el cliente final, donde posteriormente se realizó un diagrama de Pareto (Figura 13) para identificar cuáles son los defectos que contienen el mayor porcentaje.

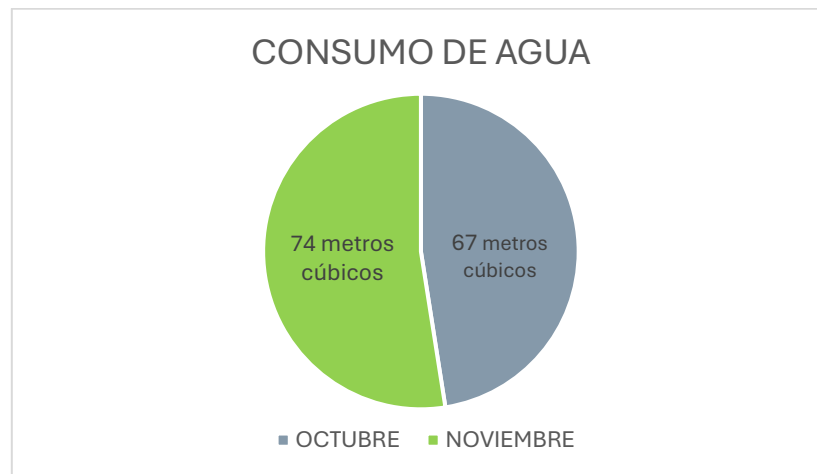
Figura 13

Diagrama de Pareto de los defectos



Se puede observar que el mayor defecto es el moho presente en la fruta junto con los defectos en la piel.

Por otra parte, el consumo de agua (Figura 14) solo considera el consumo del área de producción.

Figura 14*Consumo de agua*

La confiabilidad de los defectos de producto terminado se determinó a partir de la recopilación y comparación de 3 reportes para su posterior análisis. En el caso del consumo de agua fue similar con facturas de los meses de octubre y noviembre del año 2025. Tanto los reportes y las facturas se encontraban adjuntos a los archivos de la empresa.

2.3 Análisis

En esta etapa se desarrollaron las propuestas de diseño empleando técnicas de evaluación de layout y análisis financiero comparando con la configuración actual. Asimismo, se consideraron las especificaciones y restricciones de diseño previamente definidas.

2.3.1 Estado actual del proceso

El actual proceso de empaque de pitahaya (Figura 15) presenta ineficiencias operativas, esto debido a que los operarios no cuentan con una secuencia estándar de cómo se debe de realizar las operaciones que tienen designada, lo que afecta mayormente a la calidad del producto.

En la etapa de lavado, en la mayoría de las veces se puede observar cómo se vierten las gavetas a las tinas provocando que se golpeen entre sí. Así mismo, el tiempo que pasa la fruta en el agua es desconocido, esto puede traer que la fruta retenga mucha humedad al ser una fruta con esta propiedad, incrementando el riesgo de daños en sí misma. Otra situación que genera incomodidad es la cantidad de personal que existe en el proceso de lavado, evidenciando que falta realizar balanceo de línea con respecto a la cantidad de gavetas que se receiptan en el día de producción.

En el área de secado se observa variabilidad. Esto se debe a que no existe un procedimiento de cómo y cuánto tiempo se debe de demorar en la realización de la actividad. Como consecuencia, la fruta aún pasa a los siguientes procesos con alta retención de humedad.

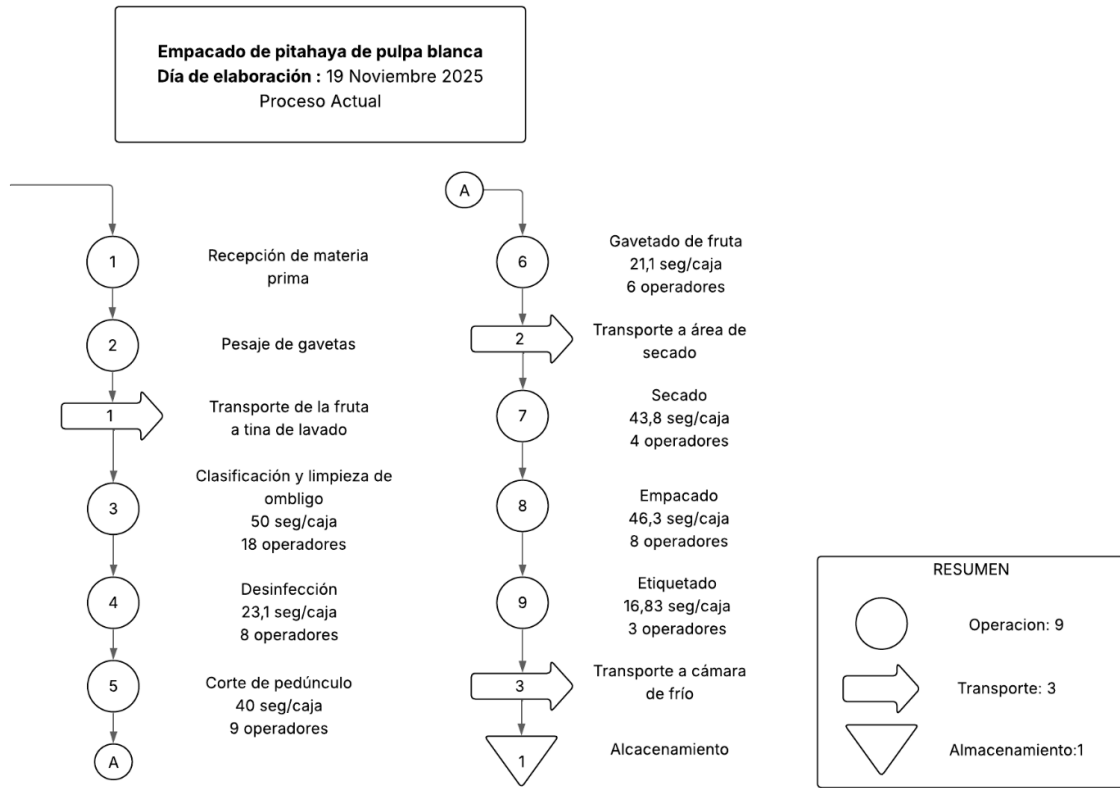
En todas las áreas no cuentan con la delimitación de cada área, lo que no permite la organización del trabajo para cada operador. Sin un orden, esto contribuye a que existan cruces y poca claridad en el rol de cada operador.

Otra deficiencia identificada es el desperdicio de agua. Una vez sale la fruta del área de lavado, esta va en la gaveta mojada generando que el piso se moje y por ende genere mucha humedad relativa en el ambiente del “área sucia”.

A continuación, se muestra el diagrama OTIDA del proceso actual de empacado de pitahaya de pulpa blanca:

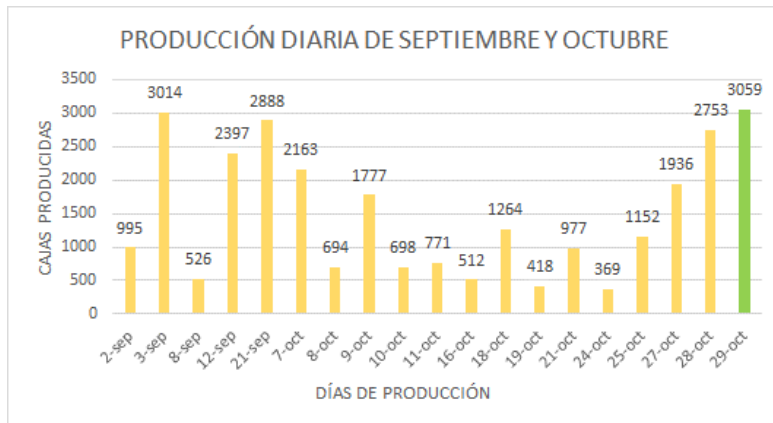
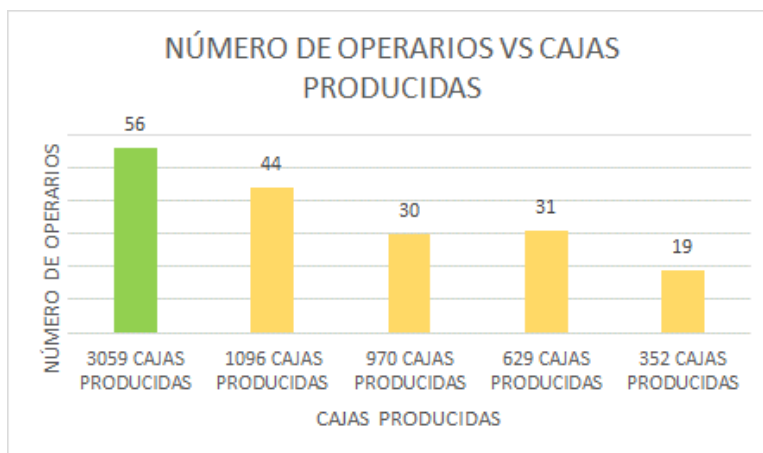
Figura 15

OTIDA del proceso actual



2.3.2 Consideraciones para las propuestas de rediseño

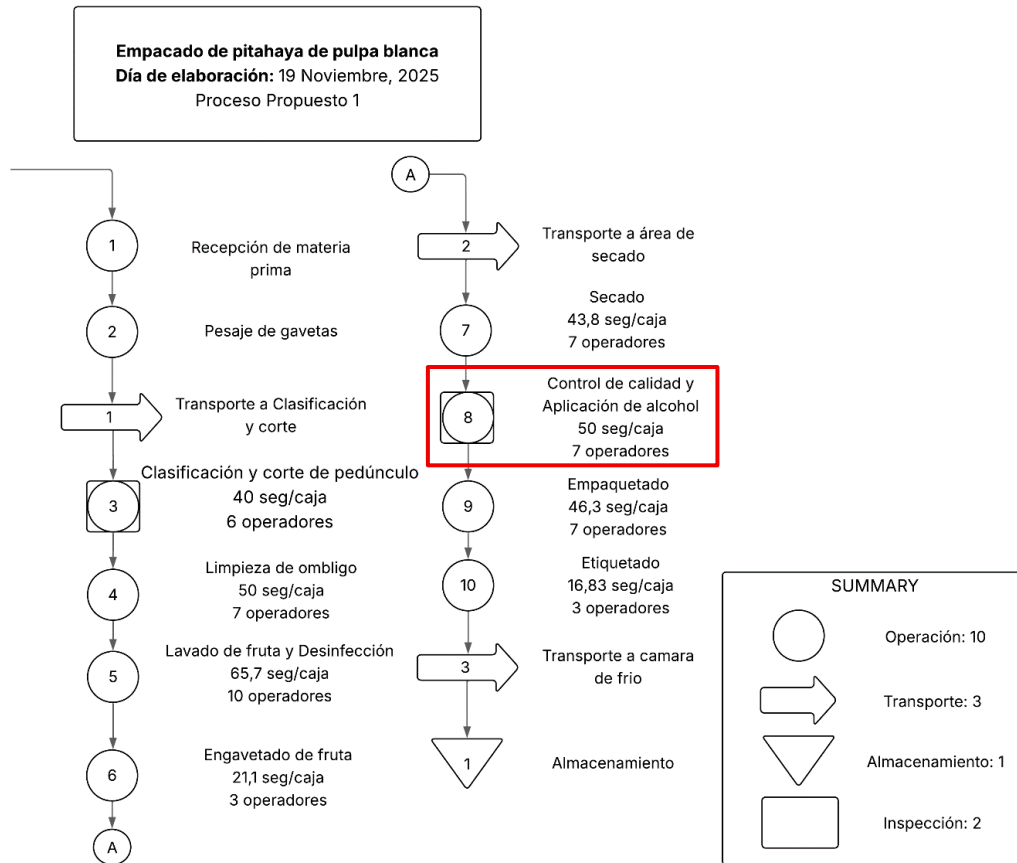
Para ambas propuestas de rediseño se consideró la capacidad máxima registrada, debido a que la producción diaria Figura 16 y la cantidad de operarios Figura 17 son variables, con esto se asegura que los rediseños propuestos puedan soportar la producción máxima observada junto con las especificaciones de diseño establecidas.

Figura 16*Producción diaria de septiembre y octubre***Figura 17***Número de operarios vs cajas producidas*

2.4 Evaluación y selección de alternativas de diseño para el rediseño

2.4.1 Propuesta 1.

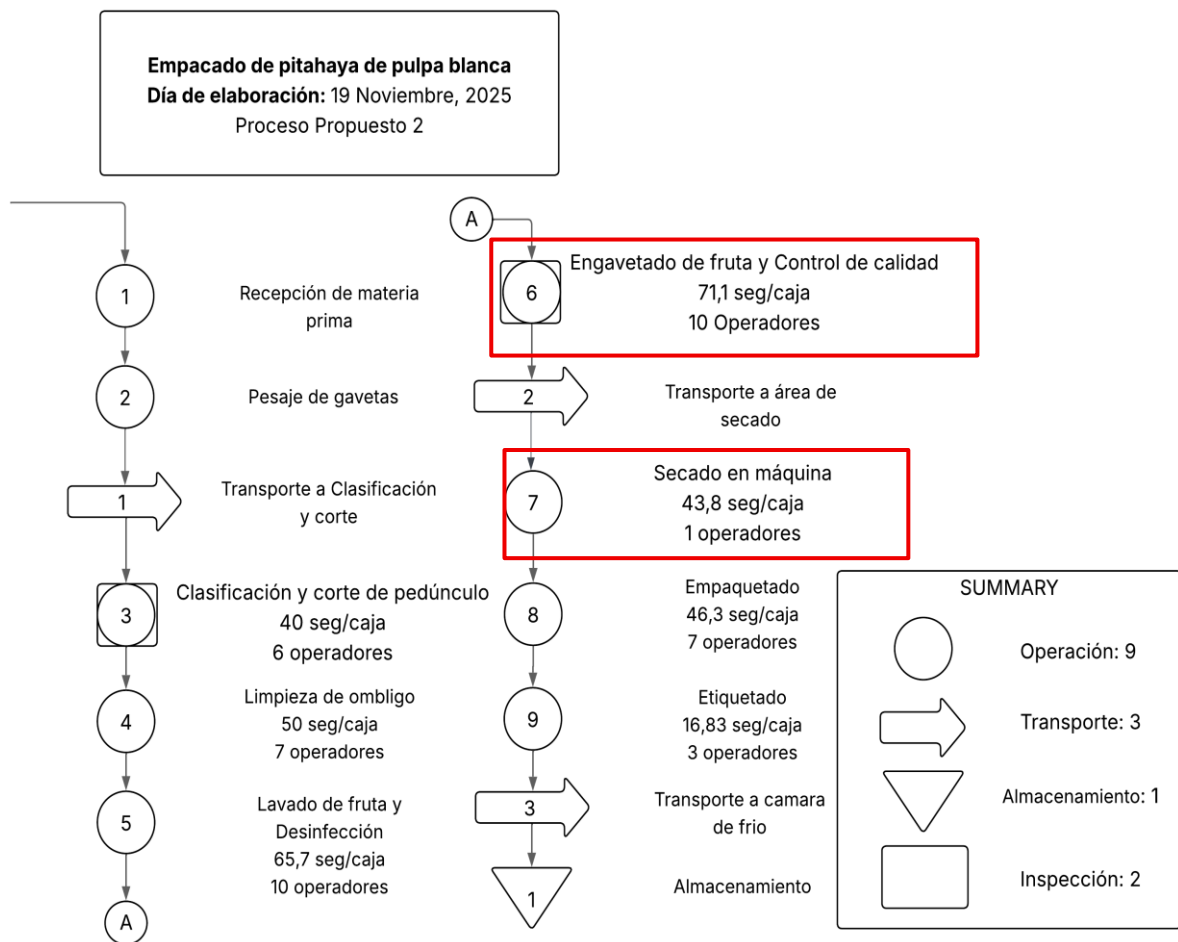
La propuesta uno (Figura 18) opera con 50 operadores y da inicio con la clasificación y corte de pedúnculo en seco, además se agrega un proceso de control de calidad antes de la estación de empaquetado para garantizar que la fruta empacada no contenga defectos.

Figura 18*OTIDA del proceso propuesto 1*

2.4.2 Propuesta 2

La propuesta dos (Figura 19) opera con 44 operadores, al igual que la propuesta da inicio con el proceso de clasificación y corte de pedúnculo en seco, además de esto incluye una máquina que garantiza el secado óptimo de la fruta, dado que la implementación de la máquina reduce la cantidad de personal en esta área, el proceso de control de calidad se lo realiza antes del secado, asegurando así que al momento de empaquetar la fruta esta no contenga defectos.

Figura 19*OTIDA del proceso propuesto 2*



En ambas propuestas se consideró empezar por el proceso de clasificación de fruta y corte de pedúnculo en seco, una vez terminado este proceso se realiza la limpieza del ombligo de la pitahaya dentro la piscina, considerando ahora que el tiempo que la fruta debe pasar dentro del agua en este proceso sea menor al que se realiza actualmente ya que una fruta no puede permanecer más de 5 minutos dentro del agua debido a la humedad que provoca realizar esta acción. Así mismo se añadió un proceso el cual permite detectar y reducir los defectos de la fruta antes de llegar a empaquetado, que es control de calidad y aplicación de alcohol a la fruta.

2.4.3 Cumplimiento de las especificaciones de diseño

En esta sección se detalla el análisis realizado para cumplir con los requerimientos técnicos definidos en la sección 2.1.4. Bajo este contexto, a continuación, se detallan los cálculos correspondientes a la producción estimada en ambas propuestas de diseño:

$$\text{Propuesta 1} = p1 \quad (2.17)$$

$$\text{Propuesta 2} = p2 \quad (2.18)$$

$$\text{Producción estimada} = \text{Producción actual} \times 1,05 \quad (2.19)$$

$$\text{Producción actual} = 3059 \text{ cajas/día}$$

$$\text{Producción estimada de } p1 \text{ y } p2 = 3059 \times 1,05 = 3212 \text{ cajas/días}$$

Con respecto a la estandarización del proceso, se reubicaron y asignaron estaciones de trabajo con el objetivo de dar un flujo continuo y ordenado para de esta manera asegurar la calidad de la fruta, además se crearon guías visuales que se encuentran en el Apéndice E de cómo realizar el proceso correctamente en las estaciones que presentan mayor variabilidad las cuales son clasificación (tipos de rechazo), corte de pedúnculo, limpieza de ombligo y secado.

Por último, se creó un plan de seguimiento y control (Tabla 4) con el fin de asegurar el cumplimiento del proceso estandarizado.

Tabla 4

Plan de control y seguimiento

Plan de Control y Seguimiento de la Estandarización			
¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?
Ejecución correcta de las actividades del proceso	Observación directa	Supervisor de producción	Al inicio de un nuevo lote de producción
Uso correcto de la secuencia del proceso	Observación directa	Supervisor de producción	Al inicio de un nuevo lote de producción

Número de operarios adecuado por estación	Observación directa y verificación con el balanceo de línea	Jefe de operaciones	Diario
Tiempo de operación de las actividades	Cronometraje aleatorio y comparación con el tiempo estándar por actividad	Supervisor de producción	Semanal
Retroalimentación al personal de turno	Reunión corta con el personal al finalizar el turno	Jefe de operaciones	Cuando aplique

Gracias a la estandarización del proceso el porcentaje de rechazo en la propuesta uno se reducirá en un 5% lo que equivaldría a un aproximado de 20 cajas, mientras que la propuesta dos será del 10% debido a que además de la estandarización, la implementación de la máquina de secado hará que la fruta tenga menos manipulación y un secado óptimo reduciendo el defecto del moho proveniente de la humedad.

$$\text{Porcentaje de rechazo estimado } p1 = \text{porcentaje de rechazo actual} \times (1 - 0,05) \quad (2.20)$$

$$\text{Porcentaje de rechazo estimado } p2 = \text{porcentaje de rechazo actual} \times (1 - 0,10) \quad (2.21)$$

$$\text{Porcentaje de rechazo actual} = 12,9\%$$

$$\text{Porcentaje de rechazo estimado } p1 = 12,9\% \times (1 - 0,05) = 12,25 \%$$

$$\text{Porcentaje de rechazo estimado } p2 = 12,9\% \times (1 - 0,10) = 11,61 \%$$

El número de operadores se determinó con el tiempo takt estimado para producir 3212 cajas en 8 horas teniendo en cuenta que la utilización debe estar entre 50-80% por estación, los tiempos de operación utilizados para cada una de las propuestas están descritos en la Figura 20 y Figura 21.

Figura 20*Tiempos de operación propuesta 1*

Tiempos de operación de la propuesta 1		
Clasificación y corte de pedúnculo	40	s/caja
Limpieza de ombligo	50	s/caja
Lavado de fruta y desinfección	65,7	s/caja
Engavetado de fruta	21,1	s/caja
Secado	43,80	s/caja
Control de calidad y aplicación de alcohol	50	s/caja
Empacado	46,3	s/caja
Etiquetado	16,83	s/caja

Figura 21*Tiempos de operación propuesta 2*

Tiempos de operación de la propuesta 2		
Clasificación y corte de pedúnculo	40	s/caja
Limpieza de ombligo	50	s/caja
Lavado de fruta y desinfección	65,7	s/caja
Engavetado de fruta y control de calidad	71,1	s/caja
Secado	7,16	s/caja
Empacado	46,3	s/caja
Etiquetado	16,83	s/caja

A continuación, se detallan los cálculos realizados:

$$\text{Número de operarios} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo takt} \times 0,8} \quad (2.22)$$

$$\text{Tiempo disponible} = 8 \text{ horas} = 28800 \text{ segundos}$$

$$\text{Demanda a satisfacer} = 3212 \text{ cajas}$$

Utilizando la fórmula (2,12) se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Tiempo takt} = \frac{28800 \text{ segundos}}{3212 \text{ cajas}} = 8,96 \text{ segundos/caja}$$

Número de operarios y porcentaje de utilización del proceso de clasificación y corte de pedúnculo para la propuesta uno y dos:

$$\text{Número de operarios} = \frac{40}{8,96 \times 0,8} = 6$$

Además, haciendo uso de la fórmula (2,4) se calculó el porcentaje de utilización:

$$\text{Porcentaje de utilización por estación} = \frac{40}{6 \times 8,96} \times 100 = 74,4 \%$$

Los cálculos para los otros procesos se realizaron de forma similar tanto para la propuesta 1 y 2 considerando sus respectivos datos.

A continuación, se muestran los resultados en la Figura 22 y Figura 23, además de un resumen comparativo entre el actual y las propuestas en la Figura 24.

Figura 22

Número de operadores y porcentaje de utilización en la propuesta 1

PROCESO	OPERARIOS REQUERIDOS	UTILIZACIÓN
CLASIFICACIÓN Y CORTE DE PEDÚNCULO	6	74,4%
LIMPIEZA DE OMBLIGO	7	79,7%
LAVADO Y DESINFECCIÓN	10	73,3%
ENGAVETADO	3	78,5%
SECADO	7	69,8%
CONTROL DE CALIDAD	7	79,7%
EMPAcado	7	73,8%
ETIQUETADO	3	62,5%
TOTAL OPERARIOS	50	

Figura 23

Número de operadores y porcentaje de utilización en la propuesta 2

PROCESO	OPERARIOS REQUERIDOS	UTILIZACIÓN
CLASIFICACIÓN Y CORTE DE PEDÚNCULO	6	74,4%
LIMPIEZA DE OMBLIGO	7	79,7%
LAVADO Y DESINFECCIÓN	10	73,3%
ENGAVETADO Y CONTROL DE CALIDAD	10	79,4%
SECADO	1	79,9%
EMPAcado	7	73,8%
ETIQUETADO	3	62,5%
TOTAL OPERARIOS	44	

Figura 24

Resumen comparativo entre el estado actual y las propuestas de rediseño

	Actual	Propuesta 1	Propuesta 2
Producción	3059 cajas/día	3212 cajas/día	3212 cajas/día
Porcentaje de rechazo	12,90%	12,25%	11,61%
Número de operadores	56	50	44

2.4.4 Evaluación del layout

Para realizar la evaluación del layout se utilizó la medida de la ratio de la eficiencia en la fórmula (2.20) que se mide con los parámetros del flujo y contigüidad.

Este indicador evalúa en qué medida la organización espacial del área de trabajo contribuye a un proceso de trabajo fluido. Por lo tanto, sirve como indicador adecuado para comparar configuraciones de diseño y seleccionar la solución óptima.

$$Eficiencia = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} X_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}} \quad (2.23)$$

f_{ij} : flujo entre áreas i y j

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si área } i \text{ es adyacente a } j \\ 0, & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Con esta medida se obtuvo que propuesta de diseño es la más eficiente en términos de flujo y contigüidad.

Como primer paso, se realizó la distribución de las áreas que se consideró para las propuestas de diseño clasificando los que pertenecen al proceso operativo y los de punto de almacenamiento. Cada área se le asignó una simbología y color para diferenciarse entre ellas y con ello realizar el análisis de flujo y contigüidad (Figura 25).

Figura 25

Distribución de las áreas

	DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS		
	No	Área	Simbología
Procesos	1	Recepción de materia prima e ingreso de personal	MP
	2	Pesado de fruta	PF
	3	Clasificado y corte de pedúnculo (seco)	CFR
	4	Limpieza de ombligo (seco)	LO
	5	Lavado de inmersión con cloro (Cepillado y enjuaje)	LV
	6	Lavado por inmersión en químico orgánico	
	7	Engavetado	EG
	8	Secado de fruta	SF
	9	Empaquetado de fruta	ECP
	10	Vertidor de alcohol en ombligo y pedúnculo	VA
	11	Armado de Pallets por calibres	APC
Almacenamientos	12	Almacenamiento de gavetas vacías y rechazos al proveedor	AGCR
	14	Camara de frío	CF
	15	Precamara de frío y Despacho	PFD

Para calcular el flujo total entre las áreas se utilizó el diagrama de relación entre áreas.

Donde previamente se desarrolló una rúbrica que define el tipo de flujo existente entre áreas con un código establecido (Figura 26).

Figura 26

Rúbrica del flujo de fruta entre áreas

Rúbrica	Flujo	Valor	Código
A	Movimiento donde el flujo es máximo entre áreas	4	————
E	Fruta exportable	2	———
I	Retorno por fruta rechazada	1	- - - -

Los resultados del diagrama de relaciones entre áreas deberían de mostrar similitudes en cuanto a áreas como recepción de materia prima, pesado de fruta y clasificado y corte de pedúnculo, donde el flujo es mayor.

Así mismo en la parte final del proceso de empaquetado donde están las áreas de armado de pallets por calibre, cámara de frío y precámara de frío, donde se mueve fruta que será exportada.

El cambio que existe es donde será añadido el proceso de control de calidad y aplicación de alcohol mostrado previamente en los diagramas de OTIDA Figura 27 y Figura 28, y el movimiento por retornar fruta rechazada al proveedor.

Figura 27

Diagrama de relaciones de flujo entre áreas para el diseño propuesto 1

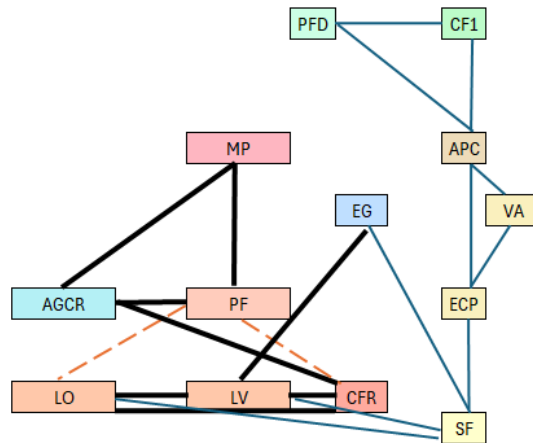
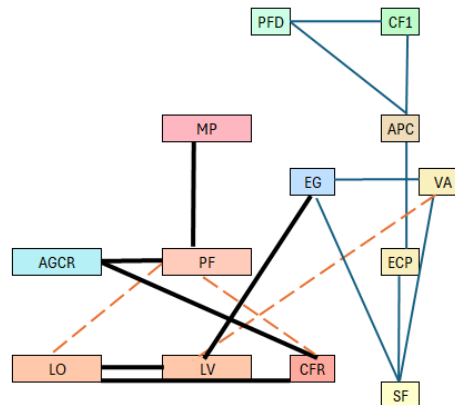


Figura 28

Diagrama de relaciones de flujo entre áreas para el diseño propuesto 2



En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos para cada propuesta de diseño.

Tabla 5*Resultados de la evaluación del layout*

Indicador	Propuesta 1	Propuesta 2
Flujo total	58	52
Contigüidad total	39	39
Eficiencia del Layout	67%	75%

En el apéndice D, se puede observar el proceso de los cálculos realizados para la obtención del flujo y contigüidad total como también la eficiencia del layout para cada una de las propuestas.

Se concluye que más eficiente será la propuesta 2 donde no solamente se reorganiza a los operadores, tiempos estándar en las actividades y el espacio de trabajo, sino también se integrará un equipo en el área de secado, que provee mejor secado a la fruta.

Adicionalmente, previo al proceso de secado se realiza el proceso que se espera implementar, buscando que fruta que presente defectos en calidad no se mezcle con la fruta que será enviada a exportación.

2.4.5 Análisis financiero

Para el desarrollo del análisis financiero, previamente se realizó una investigación por medio de internet, de los productos y materiales necesarios para las propuestas 1 y 2. Por tanto, a partir de esta revisión, se verificaron los precios unitarios publicados en las respectivas páginas web. El detalle de los costos estimados de los equipos y materiales necesarios se puede observar en la Tabla 6 y 7.

Tabla 6*Cotización realizada para la inversión de la propuesta 1*

Inversión Propuesta 1				
Equipos Necesarios	Precio por Unidad	Unidades	Precio Final	Referencia
Transportador de rodillo	1500	1	1500	-
Sopladora/Aspiradora manual	70	5	350	https://www.kywi.com.ec/sopladora-aspiradora-electrica-800w-truper/p?srsItd=AfmBOorG06Zg2bJnuPvBpiiqaAY3KPXgK_B1ITv2myumIO5_o66mETQg
Tinas de plástico de grado alimenticio	10	4	40	https://www.amazon.com/-/es/Paquete-Servicio-Alimentos-Restaurante-Alimenticio/dp/B0BQ39DK62
Guantes en control de calidad y empaquetado	1,35	15	20,25	https://www.induyes.com/products/guantes-master?_pos=1&_sid=2b67dc983&_ss=r
Cepillos para limpieza de fruta	2	12	24	https://www.amazon.com/-/es/verduras-silicona-herramientas-laterales-delicadas/dp/B09QKR7YQT?th=1
Cepillos para lavado de piscina y tinas	13,32	3	39,96	https://www.kywi tienda en linea.com/cepillo-de-limpieza-sm-arnold/p

Mano de obra de instalación del rediseño	460	1	460	-
Cinta de señalización	10,44	20	208,8	https://www.kywi.com.ec/cinta-senalizacion-adhes-amarillo-33mx48mm/p?srsId=AfmBOop55O4VQk9CTCY_hs7ahnn2fNPmI94NzrKocsEpCv2kjCrwxbM#
Señalética	10	5	50	-
Envase para alcohol	0,5	7	3,5	-
Guía de proceso	0	1	0	-
Total			2696,51 USD	

Tabla 7

Cotización realizada para la inversión de la propuesta 2

Inversión Propuesta 2				
Equipos Necesarios	Precio por Unidad	Unidades	Precio Total	Referencia
Transportador de rodillo	1500	1	1500	-
Motorreductor	1100	1	1100	https://www.mercadolibre.com.ec/motoreductor-angular-italiano--3hp-85-rpm-monofasico/up/MECU2662395985#polycard_client=search-desktop&search_layout=grid&position=2&type=product&tracking_id=f19e871a-5359-4866-9efb-8f0dc8d5a0f0&wid=MEC517283961&sid=search
Cinta de transporte	100	1	100	-

Sopladores	30	10	300	https://www.kywi.com.ec/venterol-electrico-130w-2p-110v-aluminio-679356/p
Implementación de sopladores	1650	1	1650	-
Tinas de plástico de grado alimenticio	10	4	40	https://www.amazon.com/-/es/Paquete-Servicio-Alimentos-Restaurante-Alimenticio/dp/B0BQ39DK62
Guantes en control de calidad y empaquetado	1,35	15	20,25	https://www.induyes.com/products/guantes-master?_pos=1&_sid=2b67dc983&_ss=r
Cepillos para limpieza de fruta	2	12	24	https://www.amazon.com/-/es/verduras-silicona-herramientas-laterales-delicadas/dp/B09QKR7YQT?th=1
Cepillo para lavado de piscina y tinas	13,32	1	13,32	https://www.kywitiendaenlinea.com/cepillo-de-limpieza-sm-arnold/p
Cinta de señalización	10,44	15	156,6	https://www.kywi.com.ec/cinta-senalizacion-adhes-amaril-33mx48mm/p?srsId=AfmBOop5504VQk9CTCtY_hs7ahnn2fNPmI94NzrKocsEpCv2kjCrwxbM#
Señalética	10	5	50	-
Mano de obra de instalación de rediseño	460	1	460	-
Instalación eléctrica	500	1	500	-
Envase para alcohol	0,5	7	3,5	-
Guía de proceso	0	1	0	-
Total				5917,67 USD

2.4.5.1 Cálculos de los beneficios. Para calcular cuáles son los beneficios tanto en la propuesta 1 y 2, se basó en la reducción de la tasa de los defectos, es decir, se espera que con los cambios en el proceso y la estandarización de las actividades se pueda reducir daños en la fruta y que se disminuya la cantidad de cajas rechazadas, lo que generalmente afecta en las ganancias de la compañía.

Para la propuesta 1 se espera reducir el 5% de los defectos mientras que en la propuesta 2 en un 10% como se lo mencionó detalladamente en la sección 2.4.

En la Tabla 8 se presenta los datos bases cuando la producción alcanza su máximo desempeño en este caso fueron 3059 cajas empacadas en un día, donde con el aumento de la producción se espera que en ambas propuestas tanto en la 1 y la 2 lleguen a producir 3212 cajas es decir aumentar en un 5%.

Tabla 8

Datos bases del aumento en el rendimiento de la línea

Capacidad Máxima	Producción Actual Diaria	3059
	Nueva Producción Estimada	3212

Una vez se obtuvo este resultado, se calcula la reducción en la tasa de rechazo, donde posee un 12,9% en el diseño actual. Como se lo mencionó anteriormente para la propuesta 1 y 2 se espera reducir esta tasa de rechazo en un 5% y 10% respectivamente, con lo que se espera un ahorro significativo ya que la cantidad de cajas rechazadas alcanzan las 2664 cajas en el diseño actual. Este ahorro calculado se utilizará como beneficio para evaluar la rentabilidad de ambos diseños propuestos.

En la Tabla 9 y 10 se muestra datos bases utilizados para el cálculo y el aumento de las cajas vendidas por reducción de la tasa de defectos.

Tabla 9*Datos bases de los precios actuales de la empresa*

USD/kg	2,5
Kg/caja	4,5
USD/caja	11,25

Tabla 10*Beneficio por reducción en la tasa de rechazo*

Capacidad máxima	Diseño	Porcentaje de rechazo	Aumento de cajas vendidas	Ahorro mensual
	Propuesto 1	12,3	153,98	1732,28 USD
	Propuesta 2	11,6	174,6978	1965,35 USD

Para el segundo diseño propuesto se sumará el ahorro de personal involucrado en el proceso de secado, para esto se calculará con la cantidad de personal requerido en el área, las horas trabajadas al día, costo por hora y días trabajados en el mes. Obteniendo así el ahorro mensual de operadores en el área de secado.

Tabla 11*Beneficio de reducción de mano de obra en el área de secado para la propuesta 2*

Horas Laboral al día	8,33
Costo/Hora	2,5
Días/Mes	21
Números de operarios esperados en el área de secado	3
Ahorro mensual	1311,975 USD

Una vez obtenidas las inversiones iniciales a partir de las cotizaciones para cada propuesta de diseño, así como los beneficios por aumento del rendimiento de la línea y la reducción de mano de obra en el área de secado, se procede a analizar la rentabilidad de las

propuestas. El objetivo fue determinar si genera valor dentro de los 3 meses que se debe de ejecutar el proyecto, utilizando la tasa de descuento mensualizado.

Para el cálculo de la tasa de descuento mensualizada, se utilizó la siguiente fórmula para pasar de tasa anual del 12% a tasa mensual:

$$i_{mensual} = (1 + i_{anual})^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (2.24)$$

$$i_{mensual} = (1 + 12\%)^{\frac{1}{12}} - 1 = 0,95\%$$

Obteniendo que la tasa mensualizada es del 0,95%. Con este valor y los datos previamente calculados, se puede determinar el VAN y TIR para cada proyecto, con el fin de evaluar la rentabilidad que trae consigo a través de los 3 meses. Los resultados se presentan en las Figuras 29 y 30.

Figura 29

Cálculo del VAN y TIR para la propuesta 1

Propuesta 1			
Mes	Inversión	Beneficio	Flujo de caja
0	-2696,51	0,00	-2696,51
1	0	1732,28	1732,28
2	0	1732,28	1732,28
3	0	1732,28	1732,28
VAN			\$2.403,13
TIR			41,6%

Figura 30

Cálculo del VAN y TIR para la propuesta 2

Propuesta 2			
Mes	Inversión	Beneficio	Flujo de caja
0	-5917,67	0	-5917,67
1	0	3277,33	3277,33
2	0	3277,33	3277,33
3	0	3277,33	3277,33
VAN			\$3.730,41
TIR			30,4%

2.4.6 Elección de propuesta

Al comparar los dos proyectos, se elige el que mayor VAN tiene, en este caso es el segundo diseño propuesto. Aunque esta propuesta cuesta el doble que la primera, genera mayores beneficios económicos en comparación con la primera propuesta. Tanto el análisis

financiero como la evaluación del layout evidencian que el esfuerzo por sobre la segunda se compensan con los beneficios que se obtienen.

No obstante, al ser un proyecto de implementación de equipos, vale recordar que el proyecto está sujeto a restricciones, además de que se necesita inversión inmediata para ser ejecutado. En este contexto, resulta primordial que se ejecute la primera propuesta del proyecto ya que es necesario estandarizar el proceso de empacado de pitahaya como base inicial a futuras mejoras continuas.

Al ser un proyecto con poca inversión inicial y realista con las necesidades actuales de la empresa, en los siguientes avances se realizará las guías e instructivos, para estandarizar los tiempos en el proceso.

Capítulo 3

3. IMPLEMENTACIÓN

3.1 SIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA

La simulación actual del proceso de envasado se llevó a cabo en el software FlexSim mostrado en el Apéndice G considerando los siguientes supuestos:

- Representa la capacidad máxima de producción observada (3059 cajas en 8,33 horas de trabajo).
- El arribo de materia prima (pitahaya y gavetas) se modeló a través de una única llegada.
- Los tiempos de operación son el promedio representativo de todos los datos recopilados en el estudio de tiempos.
- No se tienen en cuenta los cambios de ritmo de trabajo de los operadores.

Luego de la ejecución se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tablas 12 y 13.

Tabla 12

Cantidad de cajas producidas

Cantidad de cajas producidas	
Dato real	Simulación en FlexSim
3059	3042

La comparativa entre la cantidad de cajas producidas da un error del 0,55% el cual está por debajo del 5% permitido, lo que asegura la fiabilidad de los datos utilizados para la simulación.

Para el caso de la utilización primero se calculó la utilización de forma analítica utilizando la fórmula (2.4) para posteriormente realizar la comparación con los resultados

arrojados por FlexSim, los cuales se muestran en el Apéndice G tanto para la cantidad de cajas producidas como para la utilización por estación.

Tabla 13

Utilizaciones calculadas vs resultados del software FlexSim del proceso actual

Proceso	Utilización analítica calculada %	Utilización dada por FlexSim %
Clasificación y limpieza de ombligo	28,34	28,02
Desinfección	29,46	26,11
Corte de pedúnculo	45,35	44,85
Engavetado	35,88	35,34
Secado	99,39	95,32
Empaquetado	59,06	60,64
Etiquetado	57,24	52,16

Se observa que los resultados obtenidos en FlexSim están alineados con los cálculos analíticos realizados manualmente, por lo que se procede a realizar el análisis respectivo con respecto a la utilización presente en cada estación.

Para empezar, se visualiza que existen estaciones con tiempo de inactividad y uso excesivo de procesamiento debido a que la cantidad de operadores no es adecuada, por lo que se debe realizar un balance de línea como se lo mencionó en las especificaciones de diseño de la sección 2.1.4.

Estos resultados obtenidos serán comparados posteriormente con la simulación de la propuesta dos.

3.2 PLAN DE PROTOTIPADO

La implementación de la propuesta incluye el plan de prototipado (Figura 31) y análisis de simulación, por otra parte, la adquisición de la máquina u otros recursos está sujeta a la decisión de la empresa.

Figura 31

Plan de prototipado

Qué?	Por qué ?	Cómo ?	Dónde ?	Quién ?	Cuánto ?	Cuándo ?
Balanceo de línea	Asegurar que la línea logre alcanzar el takt time objetivo (8,96 s/caja)	Determinar los tiempos de las actividades del proceso y operarios adecuados por estación hasta garantizar el cumplimiento del takt time y la utilización objetivo	Planta de proceso	Erick Quilli - Luis Durazno	\$0	Noviembre
	Reducir cuellos de botella y sobrecarga de trabajo					
	Garantizar una utilización adecuada para el personal ($\leq 80\%$)					
Simulación de línea balanceada	Comprobar que el proceso cumple con la meta de producción estimada (3212 cajas en un turno de 8 horas)	Realizar modelo de simulación 3D en el software FlexSim	Planta de proceso	Erick Quilli - Luis Durazno	\$0 Licencia gratuita por 30 días	Diciembre
	Ratificar la reducción de personal sin que afecte a la producción					
	Simular el proceso propuesto con la implementación de la máquina de secado con el fin de optimizar el cuello de botella					
Diseño de máquina de secado	Diseñar la máquina de secado adecuada para el proceso	Uso de software Inventor	Planta de proceso	Erick Quilli - Luis Durazno	\$0 Licencia gratuita estudiantil	Diciembre
Planificación de producción	Permitir una planificación anticipada de operadores según la producción a realizar	Crear plantilla en Excel	Planta de proceso	Erick Quilli - Luis Durazno	\$0	Diciembre
Herramientas de estandarización visual y operativa	Definir y documentar la forma correcta de ejecución de cada actividad	Creación de guía de proceso	Planta de proceso	Erick Quilli - Luis Durazno	\$0	Enero
	Comunicar visualmente la ejecución de cada actividad reduciendo la dependencia de instrucciones verbales	Creación de infografía para el personal operativo				
	Ordenar el flujo físico del proceso y evitar la acumulación innecesaria de producto	Enmarcación de áreas				
Mano de obra de instalación del rediseño	Implementar el nuevo layout tomando en cuenta la reubicación de los equipos y estaciones de trabajo	Uso del personal	Planta de proceso	Personal operativo de la empresa	\$460	Enero
Implementar máquina de secado	Mejorar el desempeño del cuello de botella en secado	Ajuste de velocidad de la banda transportadora y flujo de aire de los sopladores en la máquina	Planta de proceso	Equipo técnico contratado	\$4.650	Por definir. La implementación física de la máquina de secado queda a disposición de la empresa
	Optimizar el proceso de secado y reducir la manipulación del producto					

3.3 SIMULACIÓN PROPUESTA 2

Para la simulación de la propuesta 2 se considerando los siguientes supuestos:

- Incremento del 5% de la producción actual lo que corresponde a 3212 cajas.
- Cantidad de operadores por estación obtenida del balanceo de línea.
- 1 turno de 8 horas de trabajo.
- El arribo de materia prima (pitahaya y gavetas) se modelo a través de una única llegada.
- Los tiempos de operación son el promedio representativo de todos los datos recopilados en el estudio de tiempos.
- No se tienen en cuenta los cambios de ritmo de trabajo de los operadores.

Después de la corrida del programa, se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 14 y 15, las cuales indican la producción de cajas y la utilización por estación.

Tabla 14

Cantidad de cajas producidas estimadas con el rediseño

Cantidad de cajas producidas	
Dato estimado	Simulación en FlexSim
3212	3283

Tal como se realizó en la situación actual, en la propuesta dos de igual manera se calculó la utilización de forma analítica (manual) utilizando la fórmula (2.4), para luego realizar la debida comparación con los resultados obtenidos por la simulación en FlexSim, con el fin de validar que el modelo sea consistente.

Los resultados obtenidos mediante la simulación en FlexSim, presentados en el Apéndice G para la cantidad de cajas producidas y utilización por estación, están alineados a los datos calculados analíticamente.

Tabla 15

Utilizaciones calculadas vs resultado del software FlexSim del rediseño

Proceso	Utilización analítica calculada %	Utilización obtenida por FlexSim %
Clasificación y limpieza de ombligo	74,4	76,05
Desinfección	79,7	79,91
Corte de pedúnculo	73,3	74,98
Engavetado	79,3	79,86
Empaquetado	73,8	75,37
Etiquetado	62,5	63,95

3.4 CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

A continuación, se presenta el cumplimiento de las especificaciones de diseño descritas en la sección 2.1.4.

El cumplimiento de la especificación de diseño de “Aumentar el rendimiento de la línea en al menos 400 cajas/hora” y “Aplicar balanceo de línea para determinar la cantidad adecuada de operarios con una utilización entre 50-80% por estación.”, se evidencia mediante los resultados descritos en la Tabla 14 y 15 y las figuras adjuntadas en el Apéndice G, este cumplimiento se dio en base a la simulación realizada.

Por otro lado, se realizó y se implementó guías visuales en el área de trabajo, como se muestra en el Apéndice E, para cumplir con la siguiente especificación de diseño “Creación de instructivos para estandarizar el proceso de empaque.”

Finalmente, el cumplimiento de “Reducir la cantidad de cajas rechazadas en aproximadamente 20 unidades por contenedor enviado mediante mejoras en el proceso.” se

considera como una mejora estructural del proceso de tal forma que la evaluación cuantitativa depende de la implementación real, por otra parte, aunque la decisión final sobre el rechazo de cajas por calidad recae en el cliente, el rediseño tiene un impacto directo sobre las causas determinadas del rechazo.

3.5 IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS VISUALES Y PLANIFICACIÓN DE OPERADORES

Luego de diseñar las guías visuales en Canva como se muestran en el Apéndice E se realizó su debida implementación en el área de trabajo (Figura 32), esto servirá para que los operadores puedan observar el método correcto de ejecución de las operaciones, así como que fruta es rechazada o no.

Figura 32

Evidencia de implementación de guías operativas



De igual manera se implementó la plantilla de planificación de operarios realizada en Excel (Figura 33) para su uso en la empresa, esto permitirá determinar la cantidad adecuada de operadores por estación con una carga laboral equilibrada y dependerá de la cantidad de materia prima a llegar en el día de trabajo, por lo que el jefe de operaciones lo deberá realizar con una anticipación de un día.

Figura 33

Formato de planificación de operarios

PLANIFICACIÓN DE OPERARIOS		
CANTIDAD DE GAVETAS A LLEGAR	1544	
CANTIDA DE CAJAS APROXIMADA A PRODUCIR	3212	
HORAS APROXIMADAS DE TRABAJO	8,03	HORAS
PROCESO	OPERARIOS REQUERIDOS	
CLASIFICACIÓN Y CORTE DE PEDÚNCULO	6	
LIMPIEZA DE OMBLIGO	7	
LAVADO Y DESINFECCIÓN	10	
ENGAVETADO Y CONTROL DE CALIDAD	10	
SECADO	1	
EMPAcado	7	
ETIQUETADO	3	
TOTAL OPERARIOS	44	

3.6 RESULTADOS E IMPACTO EN TRIPLE BOTTOM LINE

En la Tabla 16 se muestran los resultados donde se compara el diseño actual con el rediseño propuesto.

Tabla 16*Resultados entre diseño actual y propuesto*

Características	Diseño Actual (Proceso no estandarizado)	Rediseño Propuesto (Proceso estandarizado)
Cantidad de cajas producidas	3059	3283
Número de operadores	56	44
Horas trabajadas	8,33 horas	8 horas
Carga laboral por estación	Carga laboral variada entre tiempo de ocio y estaciones saturadas.	Carga labora adecuada entre 50-80%.

El impacto del Triple Bottom Line se calculó utilizando las fórmulas (2.0); (2.1); (2.2) y (2.3) para el pilar económico, se obtuvo un aumento de productividad en un 36,5%, además de un incremento en la producción del 7,32% dando un ingreso adicional de 2,520 USD/día.

Por otro lado, para el pilar social se consideró una carga laboral de trabajo saludable por cada estación que está entre 50-80% como se lo puede evidenciar en la Tabla 15 y en el Apéndice G.

Finalmente, haciendo uso de la fórmula (2.5) para el pilar ambiental se obtuvo un consumo de agua de 4 litros por caja, dando como resultado una reducción de 2,5 litros de agua utilizada por caja.

Capítulo 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La estandarización del proceso permitió definir el procedimiento correcto de las operaciones de mayor variabilidad.

El balanceo de línea ayudo a obtener una mejor distribución de actividades, permitiendo una carga laboral equilibrada y saludable por estación.

El rediseño propuesto simulado de la línea de envasado aumento el número de cajas producidas en un 7,32% sin necesidad de incrementar la capacidad instalada, además contribuyo a la sostenibilidad disminuyendo el uso de recursos por unidad producida.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que la propuesta se implemente por fases, comenzando con una fase piloto para probar los cambios propuestos en condiciones operativas reales además de entrenar al personal en los nuevos procedimientos de operación, para asegurar el cumplimiento del método estandarizado.

Establecer controles periódicos al tiempo que la fruta permanece en agua, asegurando que el moho no se presente en la pitahaya.

Dar seguimiento y control al proceso de secado, ya que es un proceso clave y fundamental en la línea de envasado.

Actualizar y divulgar las infografías visuales en el área de trabajo, para de esta manera facilitar el entendimiento de las operaciones por parte de los operarios nuevos.

Referencias

- Akao, Y. (2004). *Quality Function Deployment : Integrating Customer Requirements into Product Design*. CRC Press.
- Banks. (2013). *Discrete-Event System Simulation: Pearson New International Edition*. Pearson Education, Inc.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad*. Cengage Learning Editores, S.A. De C.V.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2019). *Operations management: Sustainability and supply chain management*. Pearson Education, Inc.
- Hillier, F. (2014). *Introduction to Operations Research*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- IMAI, M. (2007). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost APPROACH To Management*. Gabler.
- JURAN, J. M. (1999). *Quality Control Handbook*. (S.E.). MCGH.
- Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2018). *Operations Management. Processes And Supply Chains*. Pearson Education, Inc.
- Slack, C. (2007). *Operations management*. Pearson Education, Inc.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2010). *Facilities planning*. Wiley-Blackwell.

Apéndice A

Tiempos por proceso cuando la producción es máxima y mínima

Figura 34

Tiempos de proceso de clasificación y limpieza de ombligo cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Clasificación y limpieza de ombligo	6,57	5,3
	5,3	7,01
	8,53	5,98
	4,42	3,65
	5,2	4,08
	3,11	6,4
	4,5	8,2
	7,05	6,85
	6,37	6,38
	4,83	7,5
	5,51	4,53
	6,5	3,9
	5,28	4,66
	5,43	5,25
	4,03	4,02
	3,61	6,29
	2,86	8,67
	3,46	4,76
	4,03	5,43
	6	4
7,5	5,4	
8,5	6,55	
4,5	4,28	
4,76	7,91	
5,5	5,67	

Figura 35

Tiempos de proceso de desinfección cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Desinfección	2,55	2,45
	1,83	2,87
	1,95	3,01
	2,83	2,15
	1,95	3,65
	1,48	3,54
	3,68	2,55
	2,01	2,17
	2,01	2,84
	2,16	2,16
	2,7	3,11
	2,11	1,77
	2,39	2,33
	3,01	1,95
	2,58	2,21
	2,56	1,64
	2,1	3,02
	2,01	2,15
	2,16	1,82
	2,01	2,66
1,56	3,21	
2,21	2,22	
1,75	1,89	
2,81	1,78	
1,6	3,19	

Figura 36

Tiempos de proceso de corte de pedúnculo cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Corte de pedúnculo	5,34	3,04
	5,19	4,28
	6,99	4,39
	3,78	5,49
	4,08	3,99
	5,28	4,55
	3,36	5,32
	3,38	3,33
	3,96	3,02
	3,88	2,71
	2,89	4,72
	4,19	4,89
	3,03	3,92
	3,24	3,83
	3,68	4,14
	4,66	4,77
	3,96	4,41
	5,18	3,45
	5,14	3,53
	5,11	3,44
3,71	4,66	
3,66	3,74	
3,51	3,66	
5,01	5,1	
5,03	3,95	

Figura 37

Tiempos de proceso de engavetado cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Engavetado	1,75	1,59
	1,55	2
	2,29	2,65
	1,53	1,88
	2,48	1,96
	2,03	2,65
	2,02	2,87
	1,22	1,87
	1,71	2,1
	2,21	2,03
	2,1	1,78
	2,32	1,2
	2,03	2,21
	2,54	2,67
	2	1,75
	2,39	1,63
	2,35	2,29
	1,64	2,23
	2,19	1,96
	2,38	2,14
	2,21	2,21
	1,14	2,36
	1,48	1,56
1,75	2,71	
2,58	2,12	

Figura 38

Tiempos de proceso de secado cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Secado	72	54
	59	60
	60	75
	75	72
	58	55
	70	66
	67	49
	78	84
	59	63
	60	48
	75	50
	68	60
	59	68
	58	72
	70	60
	65	59
	60	78
	59	60
	54	60
	49	54
50	66	
50	60	
58	75	
63	50	
66	60	

Figura 39

Tiempos de proceso de empaquetado cuando la producción es máxima y mínima

Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Empaquetado	63	44
	35	48
	48	38
	36	31
	60	38
	37	39
	33	50
	46	43
	44	67
	30	62
	41	40
	38	60
	68	35
	32	48
	55	40
	36	48
	47	40
	37	35
	60	38
	33	50
	51	36
	40	39
	35	35
	38	45
69	48	

Figura 40

Tiempos de proceso de etiquetado cuando la producción es máxima y mínima

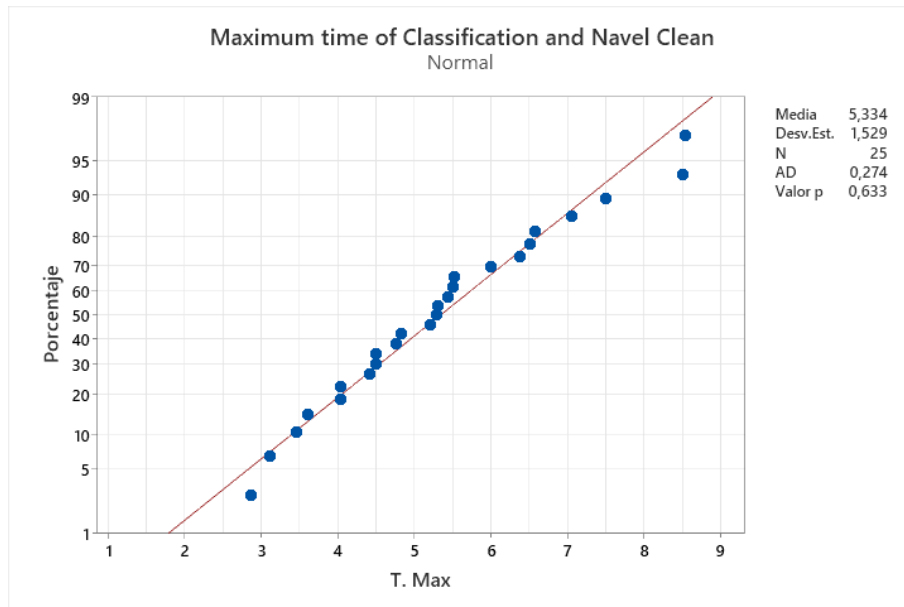
Proceso	T. P. MAX	T. P. MIN
Etiquetado	21	13
	11	11
	14	12
	10	18
	17	17
	12	16
	19	14
	15	20
	22	15
	17	17
	22	16
	15	20
	18	11
	15	15
	14	13
	11	10
	17	23
	13	21
	14	12
	18	17
	11	24
	13	10
	19	11
12	16	
23	17	

Apéndice B

Prueba de normalidad de los procesos tanto cuando la producción es máxima y mínima

Figura 41

Prueba de normalidad para tiempo de clasificación y limpieza de ombligo cuando la producción es máxima

**Figura 42**

Prueba de normalidad para tiempo de clasificación y limpieza de ombligo cuando la producción es mínima

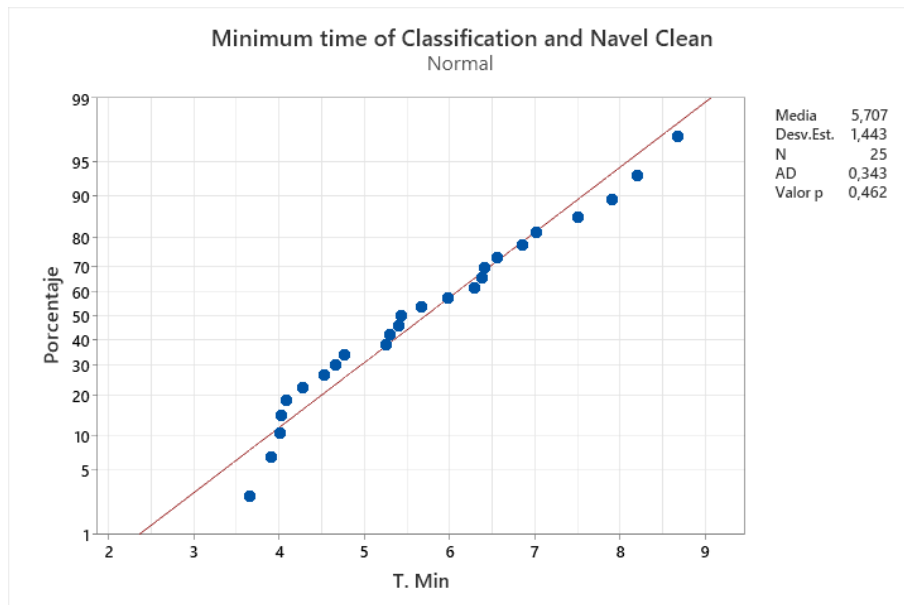


Figura 43

Prueba de normalidad para tiempo de desinfección cuando la producción es máxima

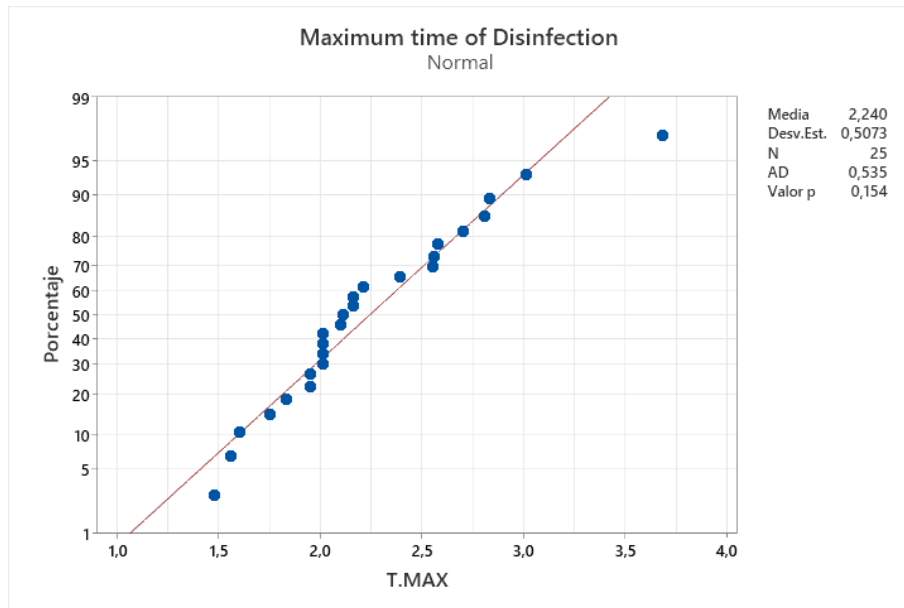


Figura 44

Prueba de normalidad para tiempo de desinfección cuando la producción es mínima

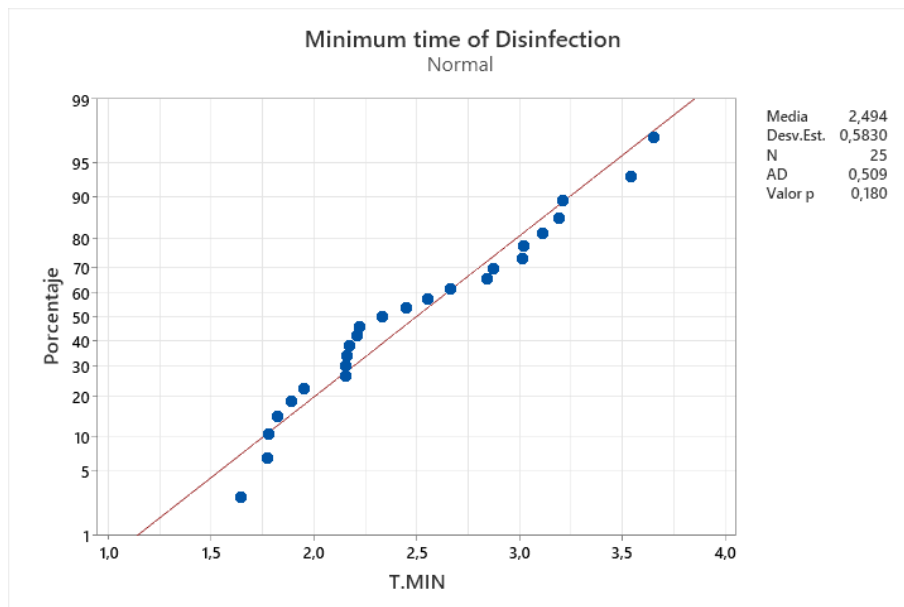


Figura 45

Prueba de normalidad para tiempo de corte de pedúnculo cuando la producción es máxima

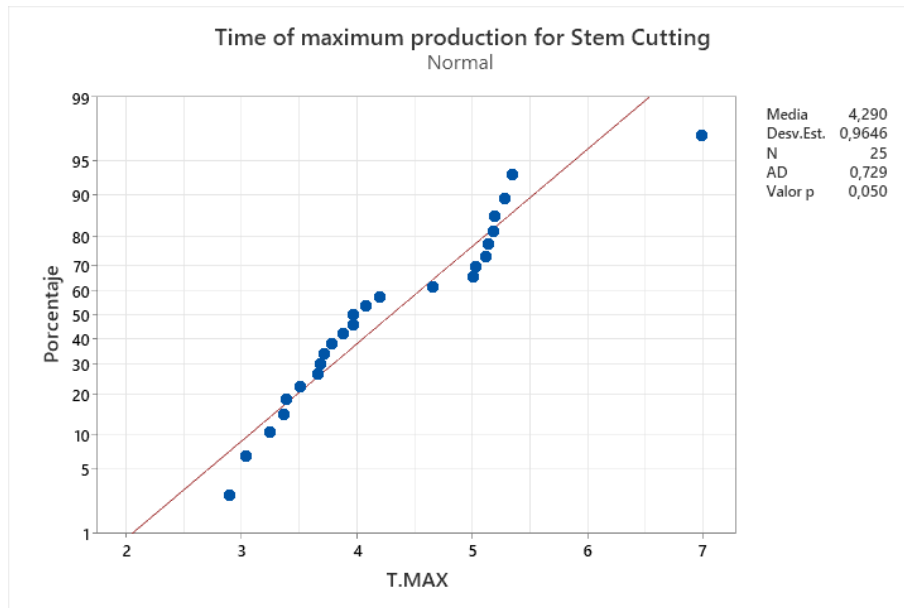


Figura 46

Prueba de normalidad para tiempo de corte de pedúnculo cuando la producción es mínima

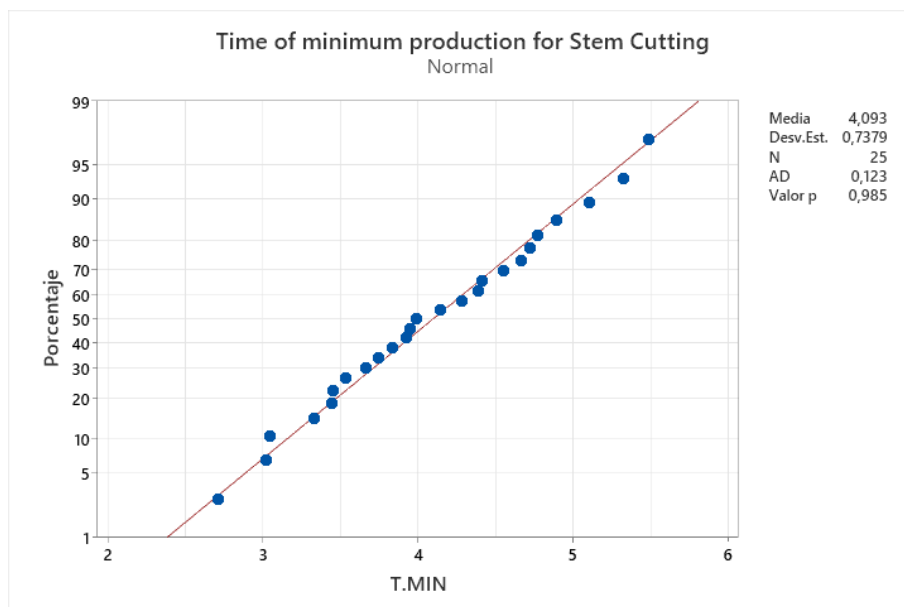


Figura 47

Prueba de normalidad para tiempo de engavetado cuando la producción es máxima

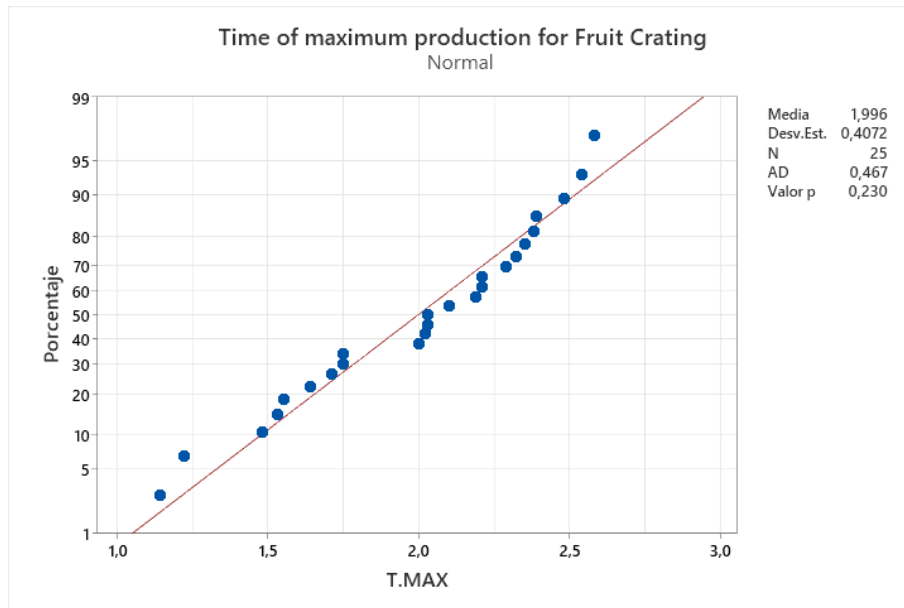


Figura 48

Prueba de normalidad para tiempo de engavetado cuando la producción es mínima

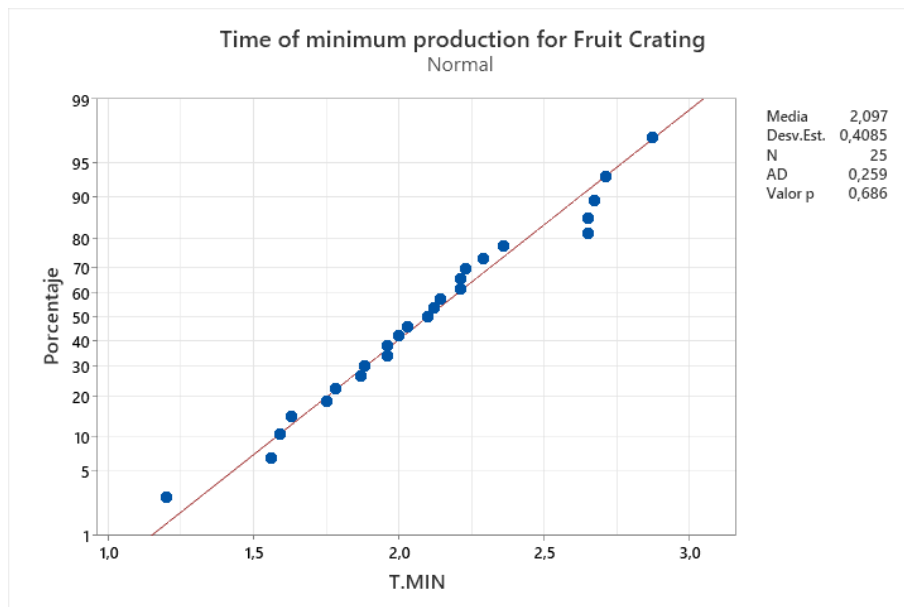
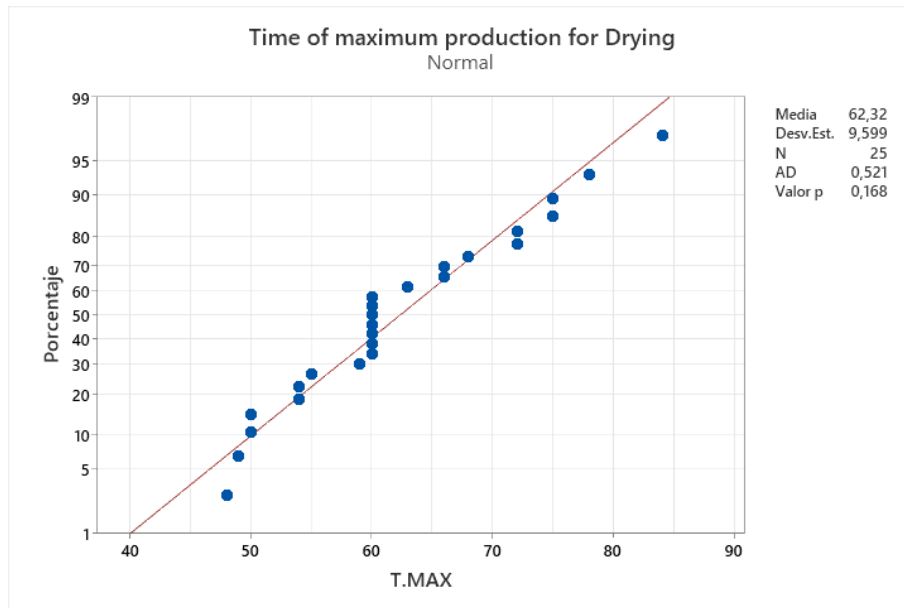


Figura 49

Prueba de normalidad para tiempo de secado cuando la producción es máxima

**Figura 50**

Prueba de normalidad para tiempo de secado cuando la producción es mínima

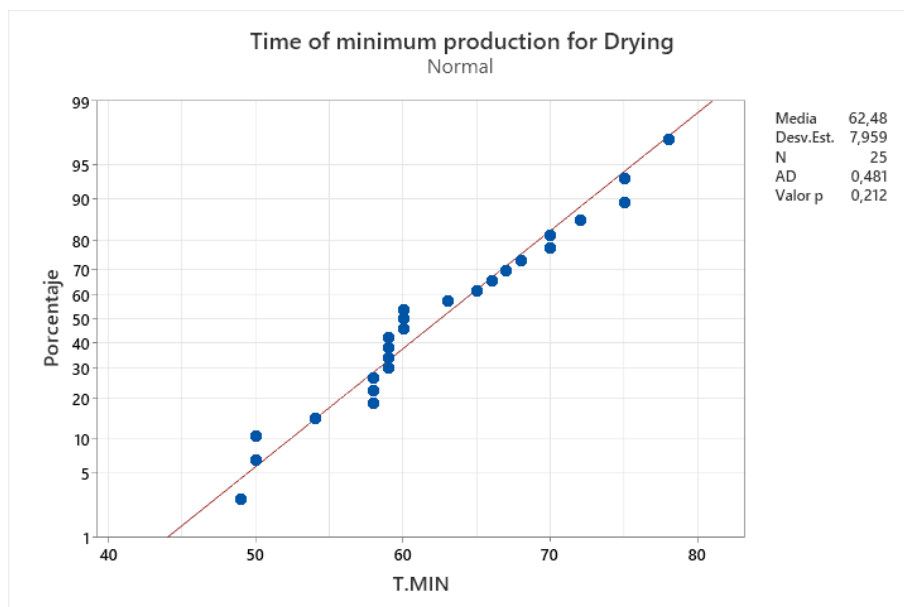
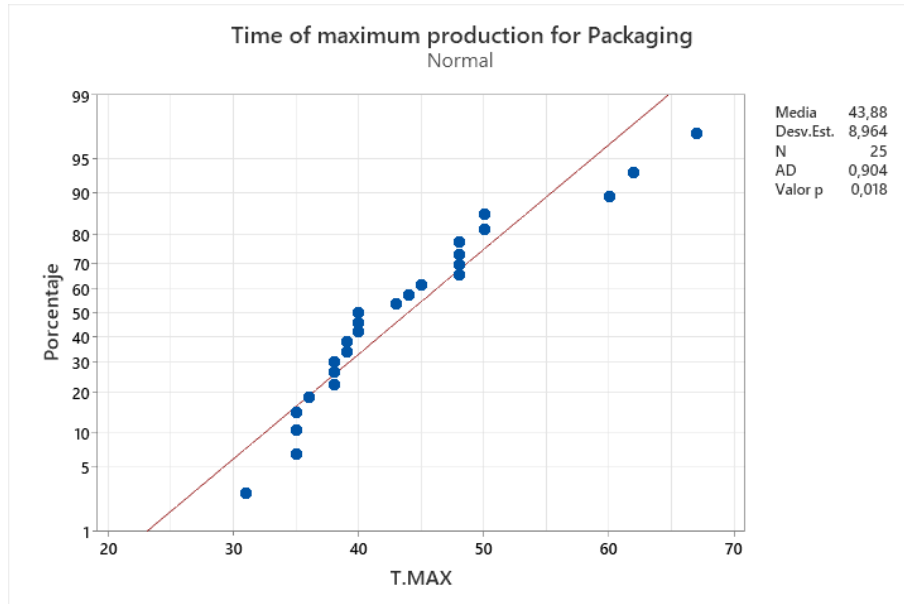


Figura 51

Prueba de normalidad para tiempo de empaquetado cuando la producción es máxima

**Figura 52**

Prueba de normalidad para tiempo de empaquetado cuando la producción es mínima

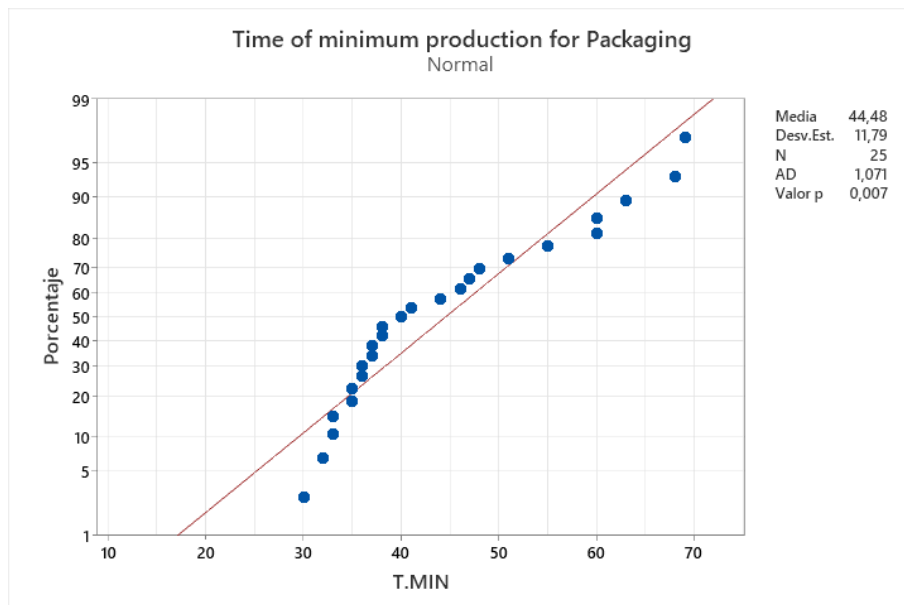
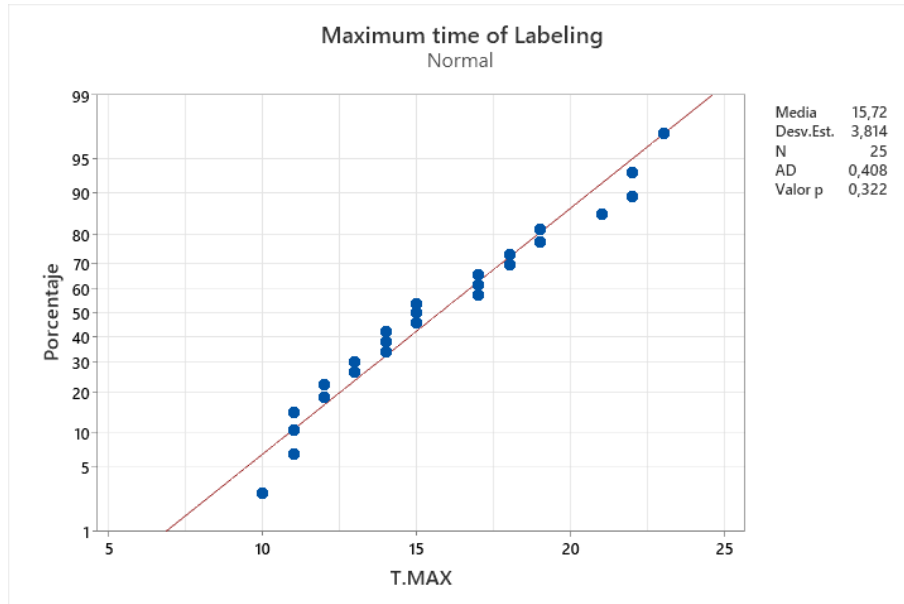
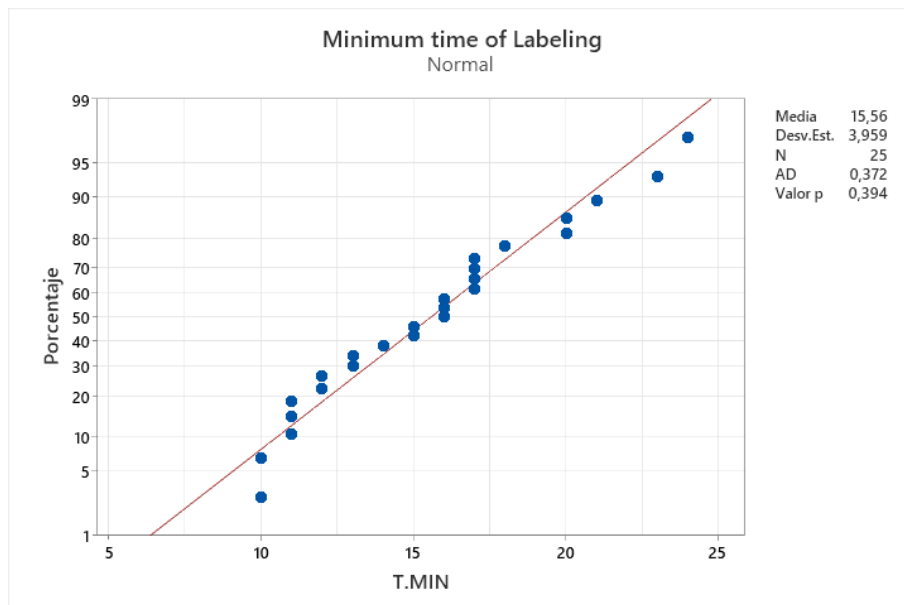


Figura 53

Prueba de normalidad para tiempo de etiquetado cuando la producción es máxima

**Figura 54**

Prueba de normalidad para tiempo de etiquetado cuando la producción es mínima



Apéndice C

Valor P de las pruebas de diferencia de medias por proceso

Figura 55

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de clasificado y limpieza de omblijo

Prueba

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

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

Valor T GL Valor p

-0,89 47 0,380

Figura 56

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de desinfección

Prueba

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

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

Valor T GL Valor p

-1,64 47 0,108

Figura 57

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de corte de pedúnculo

Prueba

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

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

Valor T GL Valor p

0,81 44 0,423

Figura 58

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de engavetado de fruta

Prueba

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

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

<u>Valor T</u>	<u>GL</u>	<u>Valor p</u>
-0,88	47	0,385

Figura 59

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de secado

Prueba

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

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

<u>Valor T</u>	<u>GL</u>	<u>Valor p</u>
-0,06	46	0,949

Figura 60

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de empaquetado

Prueba

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

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

<u>Valor T</u>	<u>GL</u>	<u>Valor p</u>
-0,20	44	0,840

Figura 61

Valor p de la prueba de diferencia de medias en el proceso de etiquetado

Prueba

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

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

<u>Valor T</u>	<u>GL</u>	<u>Valor p</u>
0,15	47	0,885

Figura 64*Medida total entre flujo y contigüidad de la propuesta 1*

Eficiencia diseño 1														
	MP	PF	CFR	LO	LV	EG	SF	ECP	VA	APC	AGCR	CF	PFD	Total
MP	-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PF		ç	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5
CFR			-	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8
LO				-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
LV					-	4	2	0	0	0	0	0	0	6
EG						-	2	0	0	0	0	0	0	2
SF							-	2	0	0	0	0	0	2
ECP								-	2	2	0	0	0	4
VA									-	0	0	0	0	0
APC										-	0	2	0	2
AGCR											-	0	0	0
CF												-	2	2
PFD													-	0
Total														39

Figura 65*Flujo total de la propuesta 2*

Flujo 2														
	MP	PF	CFR	LO	LV	EG	SF	ECP	VA	APC	AGCR	CF	PFD	Total
MP	-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8
PF		-	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5
CFR			-	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8
LO				-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
LV					-	4	0	0	1	0	0	0	0	5
EG						-	2	2	2	0	0	0	0	6
SF							-	2	2	0	0	0	0	4
ECP								-	2	2	0	0	0	4
VA									-	2	0	0	0	2
APC										-	0	2	2	4
AGCR											-	0	0	0
CF												-	2	2
PFD													-	0
Total														52

Figura 66*Análisis de contigüidad de la propuesta 2*

Contigüidad 2													
	MP	PF	CFR	LO	LV	EG	SF	ECP	VA	APC	AGCR	CF	PFD
MP	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PF		-	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
CFR			-	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
LO				-	1	1	0	0	0	0	0	0	0
LV					-	1	1	0	0	0	0	0	0
EG						-	1	0	1	0	0	0	0
SF							-	1	1	0	0	0	0
ECP								-	0	1	0	0	0
VA									-	0	1	0	0
APC										-	0	1	0
AGCR											-	0	0
CF												-	1
PFD													-

Figura 67*Medida total entre flujo y contigüidad de la propuesta 2*

Eficiencia diseño 2														
	MP	PF	CFR	LO	LV	EG	SF	ECP	VA	APC	AGCR	CF	PFD	Total
MP	-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PF		-	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5
CFR			-	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8
LO				-	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
LV					-	4	0	0	0	0	0	0	0	4
EG						-	2	0	2	0	0	0	0	4
SF							-	2	2	0	0	0	0	4
ECP								-	0	2	0	0	0	2
VA									-	0	0	0	0	0
APC										-	0	2	0	2
AGCR											-	0	0	0
CF												-	2	2
PFD													-	0
Total														39

Apéndice E

Infografía de las guías visuales para los operarios

Figura 68

Guías de tipo de rechazo por fruta



Figura 69

Guía de corte de pedúnculo

CORTE DE PEDÚNCULO

¿POR QUÉ SE HACE EL CORTE?


Evita daños al fruto y reduce pudriciones.

CÓMO DEBE DE LLEGAR

Sobresale al menos 2 cm de la superficie

Debe superar un dedo índice 


PEDÚNCULO GRANDE



CÓMO DEBE QUEDAR



PEDÚNCULO PEQUEÑO



CÓMO DEBE QUEDAR



RESULTADOS

- Forma en V
- Sin Óxido
- Seco
- Blanco

IMAGEN DE REFERENCIA






Figura 70

Guía de limpieza de ombligo

LIMPIEZA DE OMBLIGO

¿POR QUÉ SE LIMPIA?

Eliminar restos florales y reducir riesgos de pudrición

ANTES

El ombligo presenta restos florales secos y suciedad.



DESPUÉS

El ombligo queda limpio y sin daños



CÓMO SE REALIZA

- Movimiento circular suave


- Del centro hacia afuera


- Sin presión


- Seco



Figura 71

Guía de secado



Apéndice F

Plano del diseño actual, propuestas 1 y 2

Figura 72

Diseño del layout actual

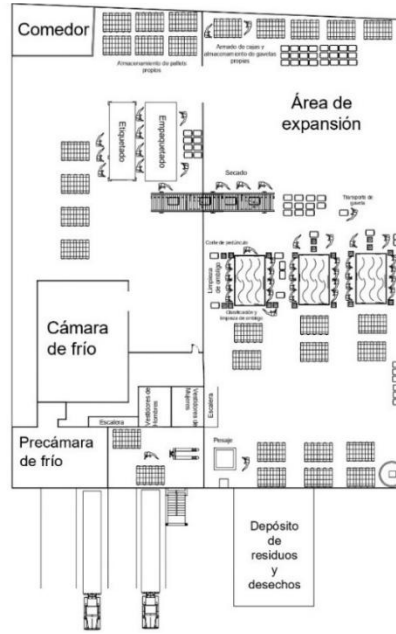
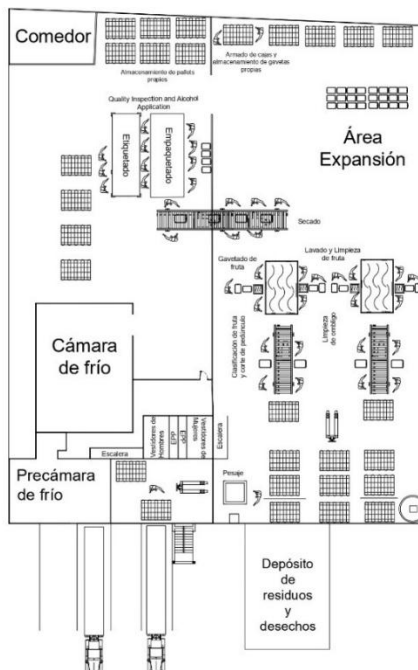


Figura 73

Diseño del layout de la propuesta 1



Apéndice G

Resultados del FlexSim del estado actual y propuesta 2

Figura 75

Utilización por cada estación de la simulación actual

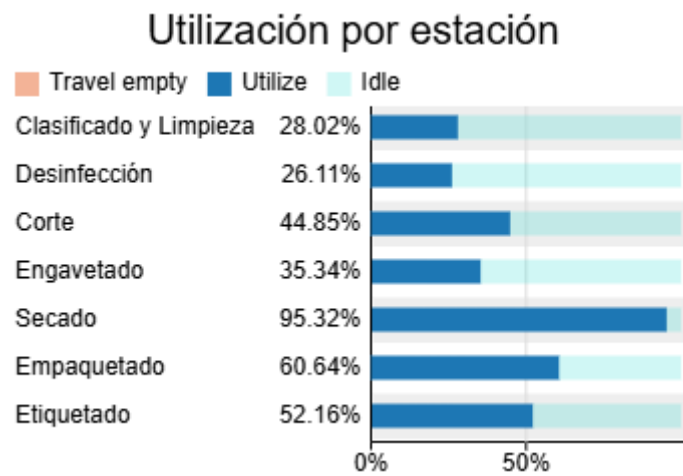


Figura 76

Cantidad de pallets producidos de la simulación actual

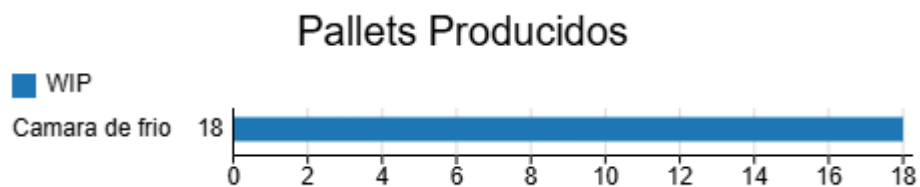


Figura 77

Simulación del estado actual

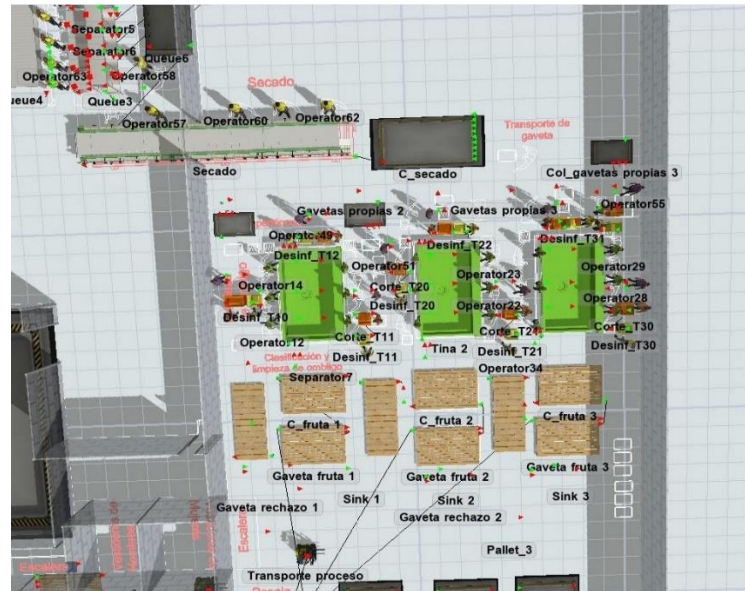


Figura 78

Cantidad de pallets producidos de la simulación propuesta 2

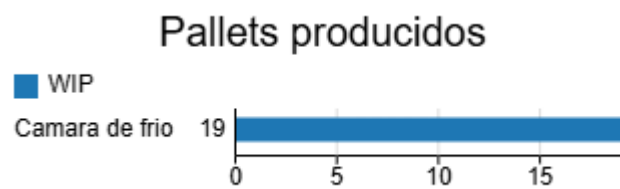
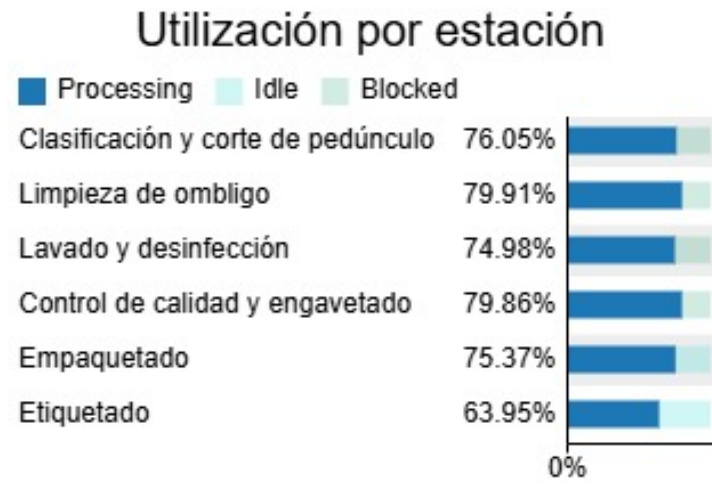


Figura 79

Utilización por cada estación de la simulación propuesta 2

**Figura 80**

Simulación de la propuesta 2



Apéndice H

Evidencia de las presentaciones

Figura 81

Evidencia de la presentación a la empresa del avance 1

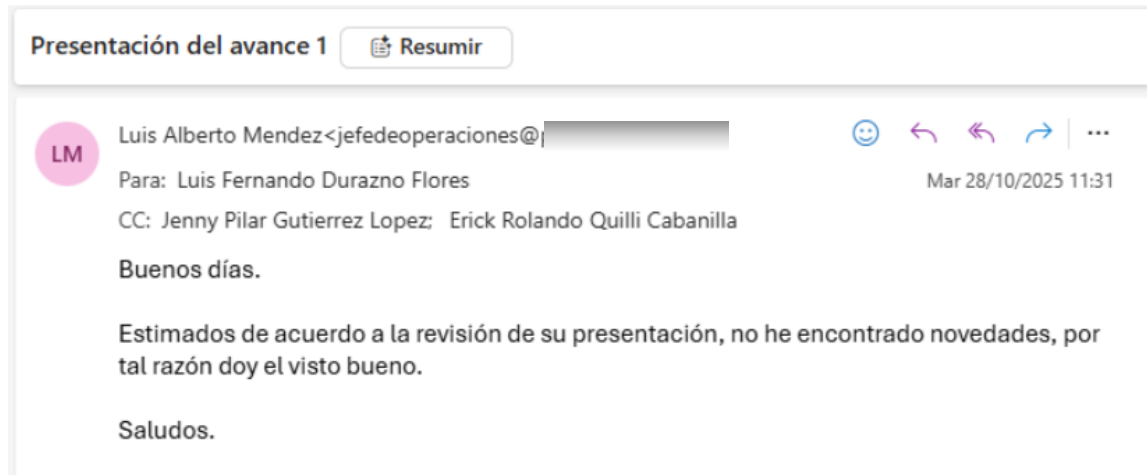


Figura 82

Evidencia de la presentación a la empresa del avance 2

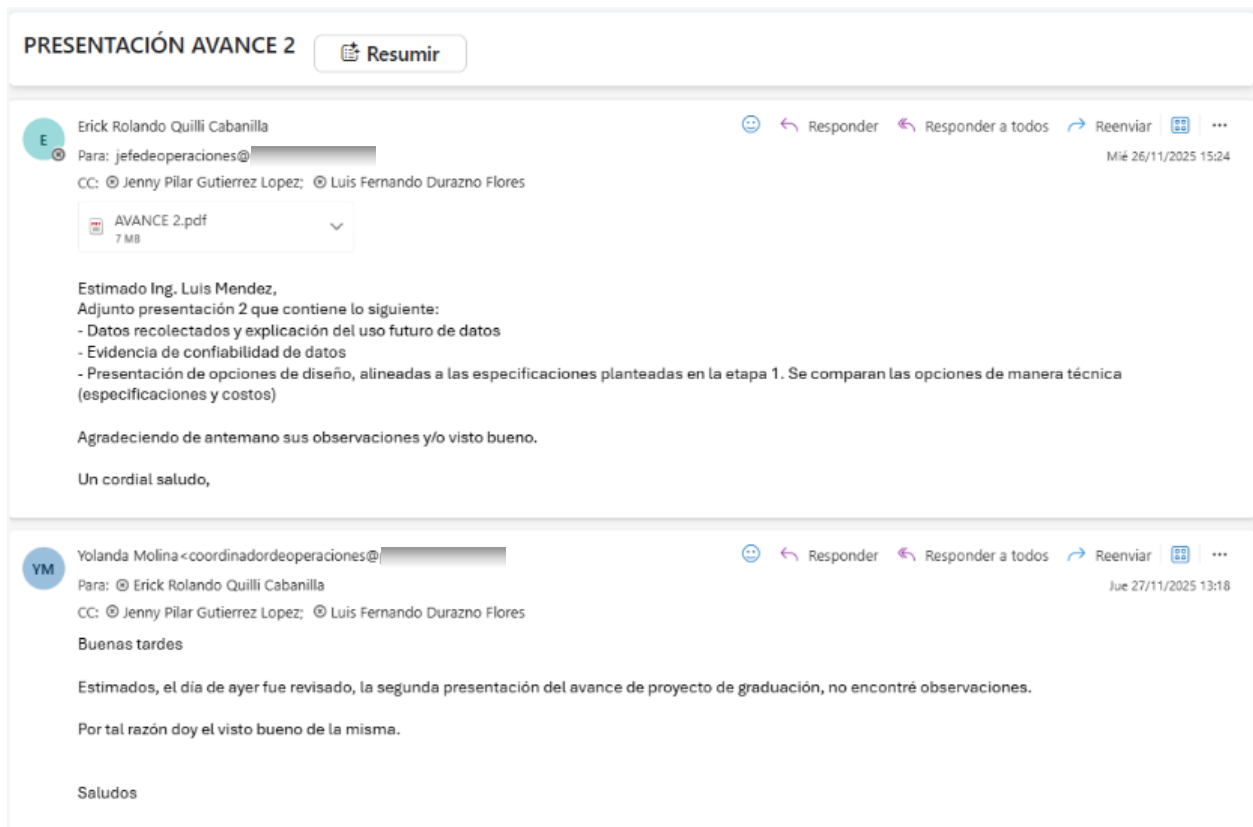


Figura 83

Evidencia de la presentación a la empresa del avance 3

Presentación del avance 3 [Resumir](#)

Luis Fernando Durazno Flores
 Para: coordinadoreoperaciones@...
 CC: Erick Rolando Quilli Cabanilla; Jenny Pilar Gutierrez Lopez
 Mié 17 Dic 2025 11:50

Reenvió este mensaje el Mié 17 Dic 2025 15:32.

AVANCE 3.pdf
 7 MB

Estimada Yolanda Molina,

Adjunto presentación 3 que contiene lo siguiente:

- Soluciones detalladas y modeladas, priorizadas con las partes interesadas
- Plan detallado de implementación de las soluciones (cronograma, responsabilidades, presupuesto)

Agradeciendo de antemano sus observaciones y/o visto bueno.

Un cordial saludo,

Luis Fernando Durazno Flores
 Para: gerencia@...
 AVANCE 3.pdf
 7 MB

Yolanda Molina <coordinadoreoperaciones@...>
 Para: Luis Fernando Durazno Flores
 CC: Erick Rolando Quilli Cabanilla; Jenny Pilar Gutierrez Lopez
 Estimado Erick
 Buen día,
 Conforme a revisión no tenemos observaciones.
 Saludos Cordiales,

Figura 84

Evidencia de la presentación a la empresa del avance 4

PRESENTACIÓN AVANCE 4 [Resumir](#)

Erick Rolando Quilli Cabanilla
 Para: gerencia@...
 CC: Jenny Pilar Gutierrez Lopez; Luis Fernando Durazno Flores
 Mié 14 Ene 2026 13:27

Avance 4 MI.pdf
 7 MB

Estimado Ing. Daniel Pólit

Adjunto presentación 4 que contiene lo siguiente:

- Resultados de las soluciones implementadas y simuladas de acuerdo al plan presentado en la etapa 3.
- Validación de resultados y cumplimiento de especificaciones de diseño establecidas en etapa 1.

Agradeciendo de antemano sus observaciones y/o visto bueno.

Un cordial saludo.

Daniel Polit <gerencia@...>
 Para: Erick Rolando Quilli Cabanilla
 CC: Jenny Pilar Gutierrez Lopez; Luis Fernando Durazno Flores
 Estimados
 De acuerdo a la revisión que hicimos ayer todo quedo muy bien y conforme con lo que habíamos acordado.
 Muchas gracias
 Saludos

[Responder](#) [Responder a todos](#) [Reenviar](#)