

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de una planta empacadora de fruta para exportación

INGE-2809

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Josué Bernabé Salas Chiriguaya

Rosa Elizabeth Vergara Piguave

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto va dedicado a mis padres, Dennis Salas y Luz Chiriguaya, cuyo esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sido el motor que me permitió llegar hasta este momento.

A mi hermana Jenniffer y mis sobrinos, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor me inspiran día a día.

A mis tías, que en los momentos más difíciles de la carrera siempre estuvieron presentes tendiéndome la mano.

A mi pastora Odalia, por sus valiosos consejos, y a mi pastor Ronald, quien ya partió de este mundo pero continúa siendo parte esencial de mis logros.

A todos mis maestros e instituciones que contribuyeron a mi formación, en especial a mi gran amigo, Lcdo. Ángel Paredes, a quien valoro profundamente por su pasión y entrega a la docencia.

Josue Bernabé Salas Chiriguaya

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado la vida, la fortaleza y la sabiduría para alcanzar este logro.

A mis padres, José Vergara y Bélgica Piguave, por su amor, sacrificio y constante apoyo, que han sido mi mayor motivación.

A mi hermano Jonathan, por acompañarme con paciencia y aliento en cada paso del camino.

A mi abuelita Julia Castillo, que siempre estuvo presente con sus consejos, me guio en cada momento y, desde mi niñez, me inspiró a conocer más a Dios, siendo ella quien me lo presentó desde tierna edad.

A la profesora Eva María Mera, por haberme acompañado durante mi carrera y convertirse en un referente de excelencia académica.

Rosa Elizabeth Vergara Piguave

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para culminar mi carrera.

A mi compañera Rosa Vergara, por su compromiso y apoyo en cada etapa de este trabajo; a mis compañeros de estudio, en especial a Adrián, Ashley, Claudio, Stephanie y Brigitte, quienes me regalaron recuerdos inolvidables, así como a Thalía, Camila, Daniel, Xavier y muchos otros que, por espacio, no puedo mencionar.

A Karelys, por acompañarme desde el inicio de esta aventura y brindarme siempre aliento y cariño.

A mis profesores de la carrera, en especial a la Ing. María Laura, por su guía y dedicación en nuestra formación.

Al Ing. Daniel Polit, Ing. Luis Méndez, Ing. Denisse Rodríguez y a su equipo de trabajo, por permitirme ser parte de este proyecto.

Josue Bernabé Salas Chiriguaya

Agradecimientos

Mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada etapa de mi vida. A mis padres, José y Bélgica, por ser mi soporte incondicional, mi inspiración y motor para seguir adelante. A mi hermano Jonathan, por estar siempre presente y brindarme su apoyo en los momentos más decisivos.

A mi compañero Josué, por su compromiso y respaldo constante en el desarrollo de este proyecto. A mis amigos Karelys, Claudio, Adrián, Stephanie, Ashley, Thalía y a muchos más, quienes siempre llevaré en mi corazón.

Al Ing. Daniel Polit, Ing. Denisse Rodríguez, Ing. Luis Méndez y a su equipo, que hicieron posible la culminación de este trabajo de titulación.

Rosa Elizabeth Vergara Piguave

Declaración Expresa

Nosotros Josué Bernabé Salas Chiriguaya y Rosa Elizabeth Vergara Piguave 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 al/los autor/es 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, 28 Mayo del 2025.


Josué Bernabé Salas
Chiriguaya


Rosa Elizabeth Vergara
Piguave

Evaluadores

María Fernanda López Sarzosa

Profesor de Materia

Omar Darío Coloma Hurel

Tutor de proyecto

Resumen

En un entorno económico dinámico, la competitividad empresarial requiere estrategias que aseguren eficiencia y cumplimiento de estándares. La empresa analizada enfrenta limitaciones al tercerizar el empaque en instalaciones sin infraestructura adecuada, afectando el flujo de materiales, el movimiento de personal y la distribución de áreas. Ante ello, se planteó diseñar una planta de empaque estandarizada y orientada a la exportación, que optimice procesos y garantice calidad. Mediante el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) se identificaron los requerimientos del cliente y, con la Planificación Sistemática de la Distribución (SLP), se definieron procesos, relaciones entre áreas y espacios requeridos. El diseño se validó con balanceo de línea y simulación en FlexSim. Los resultados evidencian que la propuesta considera expansión futura, minimiza cruces de flujos y alcanza un *throughput* de 129 gavetas por hora, superando el mínimo de 120. Además, el costo unitario de empaque se redujo de \$1.80 a \$1.66 por caja, generando un ahorro anual de \$69,888. El análisis financiero confirmó la viabilidad, con una TIR del 22% y un VAN de \$128,009. En conclusión, el diseño mejora el uso del espacio (46%) y la productividad, constituyendo una base sólida para el crecimiento sostenible y la competitividad internacional.

Palabras Clave: Empaque de pitahaya, Diseño de procesos, Planificación sistemática del diseño.

Abstract

In a dynamic economic environment, business competitiveness requires strategies that ensure efficiency and compliance with standards. The company analyzed faces limitations when outsourcing packaging to facilities without adequate infrastructure, affecting the flow of materials, the movement of personnel, and the distribution of areas. In response, a standardized, export-oriented packaging plant was designed to optimize processes and guarantee quality. Through Quality Function Deployment (QFD), customer requirements were identified, and with Systematic Layout Planning (SLP), processes, relationships between areas, and required spaces were defined. The design was validated with line balancing and simulation in FlexSim. The results show that the proposal considers future expansion, minimizes flow crossings, and achieves a throughput of 129 drawers per hour, exceeding the minimum of 120. In addition, the unit cost of packaging was reduced from \$1.80 to \$1.66 per box, generating annual savings of \$69,888. The financial analysis confirmed the feasibility, with an IRR of 22% and a NPV of \$128,009. In conclusion, the design improves space utilization (46%) and productivity, providing a solid foundation for sustainable growth and international competitiveness.

Keywords: Dragon fruit packaging, Process design, Systematic layout Planning.

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas	X
ÍNDICE DE PLANOS	XI
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Justificación del Problema	3
1.4 Objetivos.....	4
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	4
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	4
1.5 Marco teórico.....	5
<i>1.5.1 Voz del cliente (VOC)</i>	5
<i>1.5.2 Quality Function Deployment (QFD)</i>	5
<i>1.5.3 Systematic Layout Planning (SLP)</i>	5
<i>1.5.4 Occupational Repetitive Actions (OCRA) Methodology</i>	6
Capítulo 2.....	7

2.1	Metodología.....	8
2.1.1	<i>Alcance del Proyecto</i>	8
2.1.2	<i>Voz del cliente (VOC)</i>	8
2.1.3	<i>Despliegue de la función de la calidad</i>	12
2.1.4	<i>Restricciones de diseño</i>	15
2.2	Triple resultado final.....	15
2.2.1	<i>Aspecto social</i>	15
2.2.2	<i>Aspecto medioambiental</i>	16
2.2.3	<i>Aspecto económico</i>	16
2.3	Objetivo de Desarrollo Sostenible	16
2.4	Declaración de Oportunidad	17
2.5	Medición y Recolección de Datos	17
2.5.1	<i>Plan de recolección de datos</i>	17
2.5.2	<i>Recolección y confiabilidad de los datos</i>	20
2.6	Análisis	27
2.6.1	<i>Dimensiones de los departamentos o áreas de la planta</i>	27
2.6.2	<i>Proximidad de las áreas</i>	28
2.6.3	<i>Desarrollo de alternativas de diseño</i>	30
2.6.4	<i>Evaluación de alternativas de diseño</i>	35
2.6.5	<i>Propuesta de diseño de distribución de la planta</i>	36
2.6.6	<i>Diseño del proceso</i>	38

2.6.7	<i>Plan de implementación</i>	43
2.6.8	<i>Estudio de tiempos.</i>	45
2.6.9	<i>Estudio de Movimientos.</i>	49
2.6.10	<i>Simulación del proceso</i>	52
Capítulo 3		55
3.1	Resultados y análisis	56
3.1.1	<i>Restricciones y Especificaciones de diseño</i>	56
3.1.2	<i>Balance de línea</i>	57
3.1.3	<i>Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto</i>	58
3.1.4	<i>Resultados de la simulación</i>	60
3.1.5	<i>Triple resultado final</i>	62
Capítulo 4		65
4.1	Conclusiones y recomendaciones	66
4.1.1	<i>Conclusiones</i>	66
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	67
Referencias		68

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

OCRA *Occupational Repetitive Actions Checklist*

QFD *Quality Function Deployment*

SLP *Systematic Layout Planning*

VOC *Voice of Customer*

Índice de figuras

Figura 1	<i>Voz del cliente: Jefe de operaciones</i>	10
Figura 2	<i>Voz del cliente: CEO</i>	10
Figura 3	<i>Voz del cliente: Asistentes</i>	11
Figura 4	<i>Voz del cliente: Operadores</i>	11
Figura 5	<i>Despliegue de la Función de la calidad</i>	13
Figura 6	<i>Diagrama de correlación de especificaciones técnicas</i>	14
Figura 7	<i>Tipo de Pitahayas</i>	20
Figura 8	<i>Tipo de Calibre</i>	21
Figura 9	<i>Participación por Tipo de Fruta</i>	23
Figura 10	<i>Pareto de Participación por Calibre</i>	24
Figura 11	<i>Matriz relacional entre áreas</i>	30
Figura 12	<i>Diagrama Nodal Alternativa 1</i>	30
Figura 13	<i>Diagrama Nodal Alternativa 2</i>	31
Figura 14	<i>Diagrama de Bloques Alternativa 1</i>	33
Figura 15	<i>Diagrama de Bloques Alternativa 2</i>	34
Figura 16	<i>Matriz de Evaluación Alternativa 1</i>	35
Figura 17	<i>Matriz de Evaluación Alternativa 2</i>	36
Figura 18	<i>Prototipo baja resolución – Proceso de Clasificación</i>	38
Figura 19	<i>Limpieza de ombligo</i>	38
Figura 20	<i>Prototipo baja resolución – Proceso de Empaque</i>	39

Figura 21	<i>Sistema de Proceso de Clasificación</i>	39
Figura 22	<i>Tijera de Corte de Pedúnculo</i>	40
Figura 23	<i>Tina de lavado</i>	40
Figura 24	<i>Tina de Desinfección</i>	41
Figura 25	<i>Rodillos de lavado</i>	41
Figura 26	<i>Secadora</i>	42
Figura 27	<i>Sistema de Proceso de Empaque</i>	42
Figura 28	<i>Pallets de Empaque</i>	43
Figura 29	<i>Planilla de Determinación de Suplementos</i>	46
Figura 30	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Clasificación de Fruta</i>	47
Figura 31	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Lavado y Limpieza de ombligo</i>	47
Figura 32	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Desinfección de fruta</i>	48
Figura 33	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Secado de fruta</i>	48
Figura 34	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Empaque de Fruta</i>	48
Figura 35	<i>Valoración del Ritmo de Trabajo – Colocación de PLU</i>	48
Figura 36	<i>Diagrama Bimanual Clasificación de fruta</i>	50
Figura 37	<i>Therblig del Proceso de Clasificación</i>	51
Figura 38	<i>Diagrama Bimanual Proceso de Empaque</i>	51
Figura 39	<i>Therblig del Proceso de Clasificación</i>	52
Figura 40	<i>Simulación área de Recepción, Clasificación de fruta</i>	53
Figura 41	<i>Simulación área de Lavado, Desinfección y secado de fruta</i>	53

Figura 42 <i>Simulación de Empaque y Ensamble de Pallets</i>	54
Figura 43 <i>Cumplimiento de Especificaciones de Diseño</i>	56
Figura 44 <i>Nº de personas por estación</i>	58
Figura 45 <i>Flujo de caja</i>	59
Figura 46 <i>Cajas empacadas en la Simulación</i>	61
Figura 47 <i>Throughput de procesos</i>	62
Figura 48 <i>Comparación de costo unitario de empaque</i>	64

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Grado de relación entre especificaciones técnicas y requerimientos del cliente</i>	12
Tabla 2 <i>Grados de correlación</i>	14
Tabla 3 <i>Plan de Recolección de Datos</i>	18
Tabla 4 <i>Alineación de Recolección de Datos con Especificaciones de Diseño</i>	19
Tabla 5 <i>Formato Packing List</i>	22
Tabla 6 <i>Desperdicio de materia Prima</i>	26
Tabla 7 <i>Dimensiones de áreas y su nomenclatura</i>	27
Tabla 8 <i>Valorización de proximidad entre áreas</i>	28
Tabla 9 <i>Motivos de relaciones</i>	29
Tabla 10 <i>Total de Bloques por Área</i>	32
Tabla 11 <i>Plan de implementación</i>	44
Tabla 12 <i>Distribución de Tiempos de proceso</i>	49
Tabla 13 <i>Balance y cálculo de operadores</i>	57
Tabla 14 <i>Costo Total del Proyecto</i>	59

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 <i>Especificaciones del lugar de trabajo</i>	25
PLANO 2 <i>Propuesta de Diseño de Distribución de la Planta</i>	37

Capítulo 1

1.1 Introducción

Ecuador ofrece una variedad de productos que son destinados no solo al consumo local, sino también a la exportación hacia otros países en Norteamérica, Asia y Europa. Con el fin de llegar a estos mercados, se deben cumplir los requerimientos del cliente, principalmente, referentes a la calidad y tiempo de entrega. En el caso de frutas exóticas, es relevante identificar daños por insectos, hongos, oxidación, golpes y humedad, por lo que son clasificadas, lavadas y empacadas para preservar su estado hasta que llegue al país destino. Además, se requiere que estos procesos sean realizados de forma óptima, para satisfacer la demanda del cliente, y al ser estos en su mayoría manuales, deben considerarse diseños ergonómicos que disminuyan la fatiga física del personal.

La empresa donde se lleva a cabo el proyecto se encarga, en su mayoría, de la exportación de pitahaya, y en la actualidad terceriza el proceso de empaque de la fruta. Estas entidades se caracterizan por tener espacios de trabajo reducidos por la acumulación de elementos de almacenamiento y empaque. Además, el diseño de sus instalaciones no garantiza una adecuada barrera contra la intrusión de insectos en las cajas, lo que ocasiona reprocesos o descartes de fruta ya empacada, lo que genera reproceso o descarte de la fruta ya empacada. Es por esta razón que surge la necesidad de establecer su propia empacadora de fruta, utilizando metodologías de diseño para determinar *layouts* que garanticen un flujo y condiciones de trabajo adecuados y eficientes.

1.2 Descripción del Problema

Actualmente, el aumento en la demanda de frutas exóticas como la pitahaya en el mercado internacional, impulsa a las compañías exportadoras de frutas a mejorar sus procesos para cumplir con los estándares de calidad, tiempos de entrega y volúmenes de exportación. Sin embargo, muchas de las empacadoras de frutas para exportación enfrentan

limitaciones de capacidad e infraestructura que no permite el cumplimiento estándares de calidad, y generan procesos ineficientes, afectando directamente la competitividad.

Considerando esta situación una empresa comercializadora de frutas exóticas para exportación requiere dejar de depender de terceros para realizar el proceso de empaque de las frutas, por lo que en 2025 ha considerado iniciar sus operaciones como empackadora, para tener un mejor control de las operaciones, y garantizar la calidad de sus productos, por lo que se ha identificado la necesidad analizar el flujo de materiales, el personal necesario y el diseño de sus procesos para sacar provecho de sus recursos y cumplir con las normativas que se requieran.

1.3 Justificación del Problema

Una organización que depende de terceros dentro de su cadena de suministro debe incorporar por la mejora continua como parte esencial de su estrategia. Sin embargo, cuando la capacidad de influir en los eslabones externos es limitada y estos generan impactos negativos en el cumplimiento de los objetivos orientados a satisfacer las necesidades del cliente, se vuelve imprescindible evaluar la conveniencia de internalizar los procesos claves. En este contexto, asumir directamente el proceso de empaque permitiría a la empresa obtener un mayor control operativo, garantizar la calidad del producto y reducir los costos asociados a la tercerización.

Para lograr esto, es fundamental emplear metodologías enfocadas en el diseño de áreas, procesos y puestos de trabajo, con el fin de optimizar el flujo operativo y usar eficientemente recursos, tales como el personal, la materia prima e insumos. Realizar un análisis del estado actual de las empackadoras es relevante para elaborar propuestas que contribuyan a aumentar la productividad y reducir los defectos de calidad que puedan originarse durante los procesos.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Diseñar una planta empacadora de pitahayas que, en un plazo de tres meses, cumpla las especificaciones técnicas y las restricciones de diseño, optimice el flujo de personal y materiales, garantice la calidad del producto para mejorar la competitividad de la empresa en el mercado de exportación.

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Desarrollar alternativas de diseño de distribución para la planta de empaque utilizando el método de Planificación Sistemática de Distribución (SLP), con el fin de comparar alternativas que optimicen el flujo de materiales, reduzcan movimientos innecesarios y mejoren la utilización del espacio.
2. Aplicar técnicas de balanceo de línea y análisis de carga de trabajo, con el fin de determinar el número de personal requerido para cada parte del proceso, optimizar la utilización de recursos, y garantizar una operación eficiente y continua del proceso.
3. Realizar la simulación del modelo de la planta en *FlexSim* para evaluar el desempeño de la propuesta de diseño seleccionada, considerando las estaciones de trabajo y el personal requerido, con el fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño y asegurar un mínimo de 120 gavetas por hora.

1.5 Marco teórico

A continuación, se presentarán conceptos esenciales que se abordarán durante el proyecto.

1.5.1 *Voz del cliente (VOC)*

Esta herramienta es empleada en diferentes estudios como la base del análisis a partir de las necesidades del cliente. Se pueden realizar grupos de enfoque, compuestos de distintos expertos, con el fin de incluir diferentes perspectivas respecto a un mismo problema o caso de estudio (Almelhem, Sós & Földesi, 2025). Además, se pueden aplicar cuestionarios para recopilar la información en base a la selección de opciones múltiples, aunque hay que considerar que las preguntas pueden estar correlacionadas, y se deben aplicar técnicas estadísticas para interpretar adecuadamente los datos recolectados (Gutiérrez Pulido, Gutiérrez González, Garibay López & Díaz Caldera, 2014).

1.5.2 *Quality Function Deployment (QFD)*

La casa de la calidad consiste principalmente en una matriz que permite reorganizar los requerimientos del cliente y asignarles un valor de importancia. Posteriormente, se establecen las características técnicas que contribuyen a satisfacer dichas necesidades. Finalmente, se realiza una evaluación entre estos componentes para determinar, según la importancia del requerimiento y su relación con cada característica técnica, cuáles serán las que el diseño debe cumplir de manera prioritaria (Lorenzo, Mira, Olarte, Guerrero, & Moyano, 2004).

1.5.3 *Systematic Layout Planning (SLP)*

Esta metodología se compone de distintas fases, comenzando por la identificación de las actividades operacionales, de apoyo y estratégicas, con el fin de evaluar sus relaciones de manera cuantitativa según el grado de cercanía requerido por el flujo de materiales o de

información. Dicho análisis se representa en un diagrama de relaciones, que junto con el diagrama de requerimiento de espacio permite generar alternativas de distribución de áreas, las cuales finalmente se evalúan en términos de eficiencia de flujo para determinar la disposición más adecuada (Khariwal, Kumar, & Bhandari, 2021).

1.5.4 Occupational Repetitive Actions (OCRA) Methodology

Esta metodología se encarga de evaluar el riesgo de enfermedades musculoesqueléticas tanto en el lado derecho como izquierdo del tronco superior del cuerpo, causadas por la ejecución de acciones repetitivas. Se evalúa a través de una lista de verificación que incluye puntuaciones para frecuencia de actividades, uso de la fuerza, posiciones anormales y factores adicionales (uso de guantes, vibraciones, etc.). Estos valores son ajustados mediante los factores de duración y tiempo insuficiente de recuperación. Finalmente, se comparan los resultados a una escala determinada para indicar el nivel de riesgo y considerar acciones correctivas (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002).

Capítulo 2

2.1 Metodología.

2.1.1 Alcance del Proyecto

La empresa se dedica a la exportación de frutas exóticas, principalmente pitahaya, hacia países de Norteamérica. En primer lugar, recibe los pedidos de los clientes, y con base a la estimación en kilogramos disponibles de fruta en las haciendas proveedoras, negocia la cantidad determinada para comercializar. Luego coordina el traslado de la fruta hacia las empacadoras, y posteriormente, organiza el envío por vía aérea o marítima. El proyecto se centra en el proceso de empaque de la fruta, con el propósito de dejar de depender de terceros en esta operación.

2.1.2 Voz del cliente (VOC)

En la etapa inicial del proyecto se hizo entrevistas tanto en el área administrativa como operativa, para identificar sus necesidades y problemas actuales con respecto a los subprocesos del empaque de fruta, que se detallan a continuación:

- Gerente General: resaltó la importancia de las limitantes actuales del diseño, ya que hay condiciones que no se pueden modificar como el nivel del piso, paredes o techo. Además, se debe considerar la acumulación de desperdicios y conflictos entre el flujo del personal y material, ya que estos pueden agravarse dependiendo de la distribución que se diseñe.
- Jefe de operaciones: destacó la necesidad de un diseño que facilite el movimiento tanto de personas como materiales, así como que se minimice el daño de la fruta por manipulación, y se determine el cuello de botella del proceso, acorde a los tiempos de producción, para mejorar la eficiencia
- Asistentes Administrativos: se mencionó que se busca obtener mayor control y trazabilidad del producto través de la empacadora, se debe tener un flujo sin

retrocesos, y una capacidad que logre cumplir con las variaciones de la demanda.

Además, se resaltó que uno de los requerimientos para exportar la fruta es el cumplimiento con los estándares de seguridad alimentaria, que debe priorizarse en el diseño.

- Operadores: las condiciones de trabajo fueron el punto principal a tratar, ya que los procesos realizados son enteramente manuales. El uso de herramientas que requieren fuerza y el levantamiento de gavetas con frutas causan dolor en las manos y generan malestar físico en los trabajadores. La posición de trabajo es de pie, con jornadas que se pueden extender hasta las 24 horas para completar los pedidos. La eficiencia de sus procesos está directamente relacionada a la calidad de la fruta que reciben desde las zonas de cultivo, y por los requerimientos del cliente, que cambian continuamente, y provocan pérdidas de tiempo.

Cada uno de estos enunciados fueron recopilados, como se muestra en las figuras 1, 2, 3 y 4, con el fin de conocer a mayor profundidad el proceso y los requerimientos por cada una de estas áreas. El diseño no solo afectará a los flujos de trabajo, sino también al bienestar del trabajador, y con ello a la productividad.

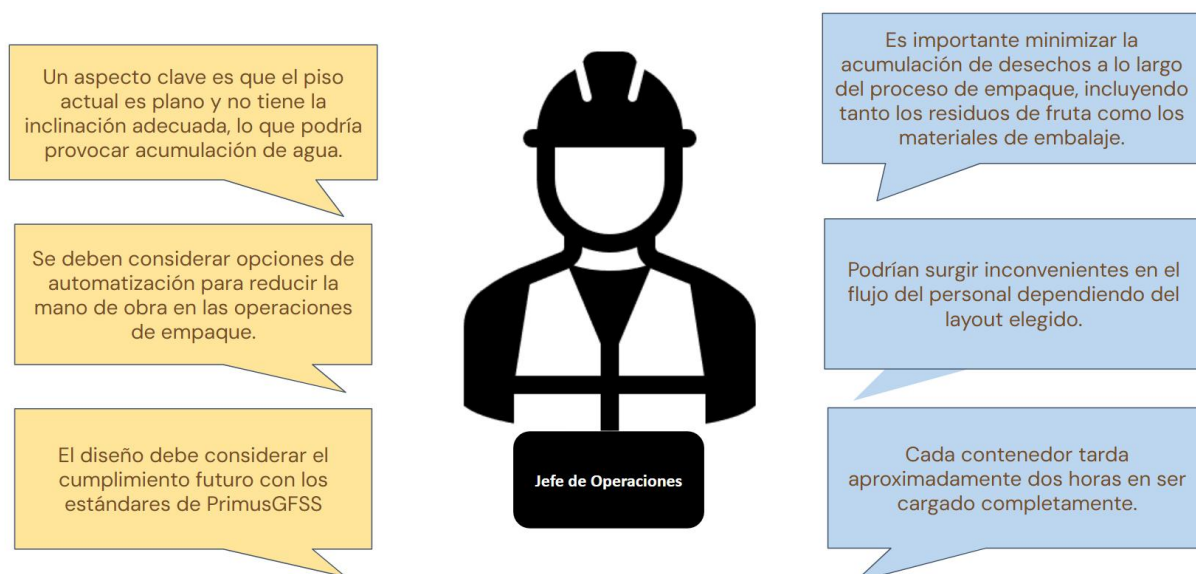
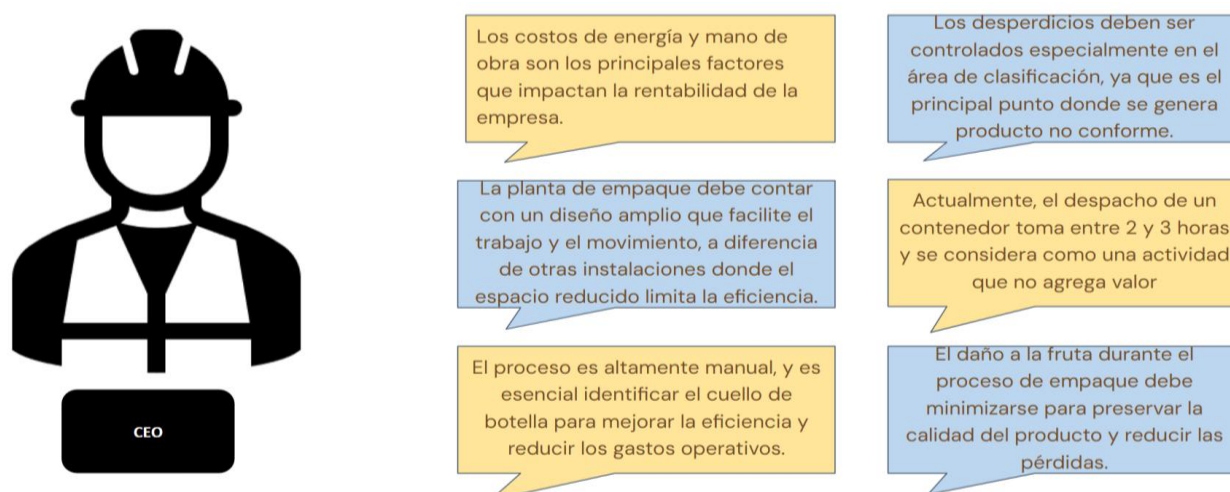
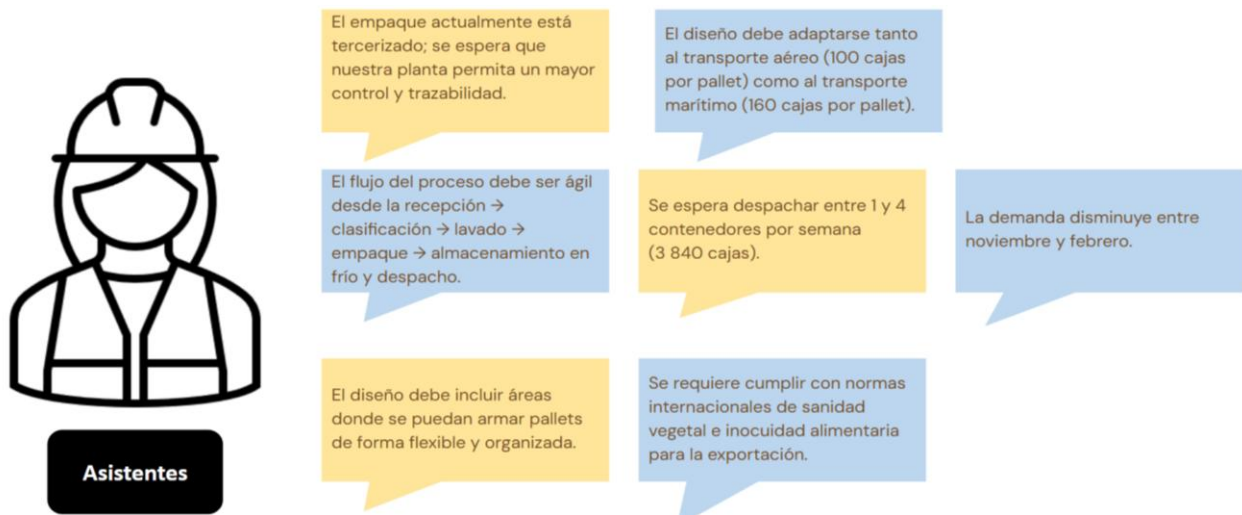
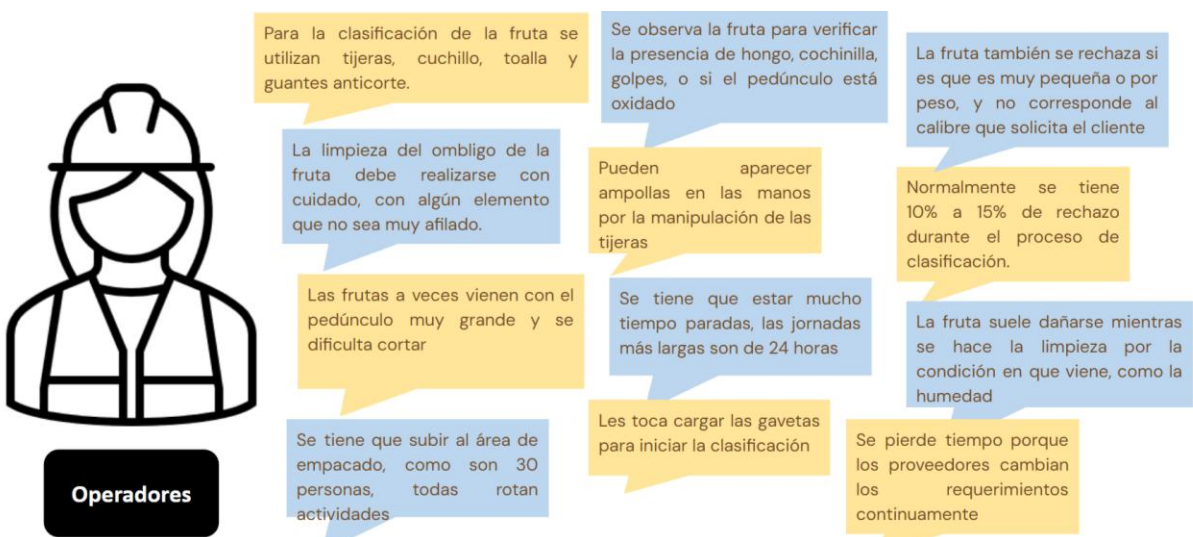
Figura 1*Voz del cliente: Jefe de operaciones***Figura 2***Voz del cliente: CEO*

Figura 3*Voz del cliente: Asistentes***Figura 4***Voz del cliente: Operadores*

2.1.3 Despliegue de la función de la calidad

La información recopilada se resumió en 6 principales requerimientos de clientes, que fueron evaluados en conjunto a nuestro cliente clave para determinar su grado de importancia, siendo una calificación de 10 el más importante, hasta 5 para medianamente importante. Además, se definieron 8 especificaciones técnicas para poder cubrir las necesidades descritas. La calificación se hará acorde a lo que se muestra en la Tabla 1

Grado de relación entre especificaciones técnicas y requerimientos del cliente

Tabla 1

Grado de relación entre especificaciones técnicas y requerimientos del cliente

Grado de Relación	Símbolo	Valor numérico asignado
Fuerte		9
Moderado		3
Débil		1
No hay Relación	Vacío	0

El resultado de esta evaluación se presenta en la Figura 5

Despliegue de la Función de la calidad, donde las especificaciones más relevantes para el proyecto son: los puntos de recolección de materiales deben estar ubicados a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo del operario; el rendimiento de la línea debe ser al menos 120 gavetas por hora; el cruce máximo permitido entre los flujos de materiales y de personal es $\leq$ 25% del total de nodos.

Figura 5

Despliegue de la Función de la calidad

Cómo?			Especificaciones Técnicas							
			Se debe utilizar como máximo el 50% del espacio disponible para preservar capacidad de expansión futura	El diseño debe mantener un flujo unidireccional desde la recepción hasta el despacho (sin retrocesos)	La capacidad de uso de los tachos de residuos debe ser ≤ 80% antes de su recolección	El 100% del área de armado de pallets debe estar claramente demarcado y señalizado	Los puntos de recolección de materiales deben ubicarse a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo del operador	El cruce máximo permitido entre flujos de materiales y de personal es ≤ 25% del total de nodos	El desperdicio de materia prima no debe exceder el 10% del total procesado	El rendimiento de la línea debe ser al menos 120 gavetas por hora
Qué?		Importancia Cliente (Rango: Bajo=0; Alto=10)								
			Requerimientos del Cliente							
1	El diseño debe permitir futuras expansiones.	6								
2	Asegurar un flujo eficiente y seguro de materiales y personal.	10								
3	Minimizar la acumulación de desechos.	5								
4	Organización visual y física, asegurando que cada elemento tenga un lugar específico.	7								
5	Minimizar movimientos que no agregan valor.	9								
6	Balancear la línea de empaque para definir el personal requerido.	8								
EVALUACIÓN DE IMPORTANCIA		ABSOLUTO	174	186	55	186	312	198	72	306
		RELATIVO (%)	12%	12%	4%	12%	21%	13%	5%	21%

Así mismo, se evaluó la correlación existente entre las especificaciones técnicas (figura 6), para determinar cómo influye entre sí el cumplimiento individual de estas. La Tabla 2 muestra los símbolos usados y su significado.

Tabla 2

Grados de correlación

Positiva	+
Negativa	-
No existe correlación	Vacía

Figura 6

Diagrama de correlación de especificaciones técnicas

Se debe utilizar como máximo el 50% del espacio disponible para preservar capacidad de expansión futura	1								
El diseño debe mantener un flujo unidireccional desde la recepción hasta el despacho (sin retrocesos)	2								
La capacidad de uso de los tachos de residuos debe ser $\leq 80\%$ antes de su recolección	3								
El 100% del área de armado de pallets debe estar claramente demarcado y señalizado	4								
Los puntos de recolección de materiales deben ubicarse a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo del operador	5								
El cruce máximo permitido entre flujos de materiales y de personal es $\leq 25\%$ del total de nodos	6								
El desperdicio de materia prima no debe exceder el 10% del total procesado	7								
El rendimiento de la línea debe ser al menos 120 gavetas por hora	8								

De esta forma, se entiende que, por ejemplo, la especificación de que los puntos de recolección de materiales deben ubicarse a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo, contribuirá de forma positiva a que los flujos de materiales y del personal se crucen en menos del 25% total de nodos.

2.1.4 Restricciones de diseño

Existen limitaciones que deben ser consideradas al momento de proponer un diseño, y estas fueron establecidas en conjunto al gerente general de la compañía y el jefe de operaciones.

Las restricciones definidas indican que:

- El edificio disponible cuenta con dimensiones fijas, además las áreas administrativas, cámara y precámara de frío, comedor y vestidores se encuentran en posiciones fijas.
- Las frutas exóticas son productos perecederos y delicados; por ello, el diseño debe minimizar los daños por manipulación y garantizar la conservación de la cadena de frío.
- El diseño debe contemplar la posibilidad de futuras expansiones, así como espacios flexibles que se adapten a las variaciones en la demanda de productos.
- La distribución debe limitarse al uso exclusivo del espacio a nivel del suelo.

2.2 Triple resultado final

Para la evaluación global de nuestro proyecto es necesario definir tres métricas que abarcan el aspecto social, aspecto medioambiental y el aspecto económico.

2.2.1 Aspecto social

En el caso del aspecto social, al definirse el proceso de empackado como mayoritariamente manual, se consideró relevante proponer como indicador el Índice de Riesgo, a través de la aplicación del método *Occupational Repetitive Actions* (OCRA), que considera los siguientes factores y forma de cálculo:

- Frecuencia de Movimientos (FF)
- Fuerza Ejercida (FFz)

- Posturas Forzadas (FP)
- Factores de Riesgo Adicionales (FC)
- Factor de duración (MD)
- Tiempo de Recuperación Insuficiente (MR)

$$Check\ list\ OCRA = [FF + FFz + FP + FC] * [MD * MR] \quad (2.1)$$

Este factor se evalúa en ambos lados del tronco superior del cuerpo de la persona.

2.2.2 Aspecto medioambiental

En el aspecto medioambiental, se consideró importante evaluar la eficiencia del uso del agua, ya que el proceso de lavado de fruta se realizará utilizando tinajas de capacidad de $2m^3$ de agua. Esta métrica se define de la siguiente forma:

$$Uso\ Eficiente\ del\ Agua\ (UEA) = \left(\frac{Peso\ de\ la\ fruta\ lavada\ en\ Kg}{Volumen\ de\ agua\ utilizado\ en\ L} \right) \quad (2.2)$$

2.2.3 Aspecto económico

Finalmente, en el aspecto económico, es útil definir el Costo de Empaque Unitario, es decir, por caja, ya que este se podrá comparar con la propuesta y verificar si representa un ahorro a la compañía.

$$Costo\ de\ empaque\ unitario = \frac{Costo\ de\ empaque}{Total\ de\ cajas\ exportadas}$$

$$Costo\ de\ empaque = Costo\ Directo + Costo\ Indirecto \quad (2.3)$$

2.3 Objetivo de Desarrollo Sostenible

El proyecto se enfoca en el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 8, que promueve el trabajo decente y el crecimiento económico. En primer lugar, la implementación de los diseños propuestos generará un impacto operativo al optimizar los flujos de trabajo, los

recursos y la infraestructura, lo cual se traducirá en una mayor productividad. Además, se fomenta la aplicación de prácticas laborales seguras, promoviendo condiciones ergonómicas adecuadas y la creación de empleo digno.

2.4 Declaración de Oportunidad

La declaración de oportunidad es aquella que surge a partir de los problemas operativos que actualmente atraviesa la empresa en relación con el proceso de empaclado. Se debe identificar claramente quién, qué ocurre, dónde se da, cómo es y por qué ocurre, resultando en lo siguiente: “Actualmente, la empresa terceriza el proceso de empaque; sin embargo, estas instalaciones no cuentan con una infraestructura adecuada ni con condiciones óptimas en cuanto al flujo de materiales, movimiento del personal y distribución de áreas. Esto representa una oportunidad para diseñar una planta de empaque con procesos estandarizados y orientados a la exportación, que garanticen la calidad del producto, cumplan con los requisitos internacionales, mejoren la competitividad y optimicen el flujo del proceso operativo.”

2.5 Medición y Recolección de Datos

2.5.1 Plan de recolección de datos

La obtención de datos relevantes para el caso de estudio, que se describen en la Tabla 3, se realizó a través de los sistemas de almacenamiento de datos en la empresa, y se llevó a cabo la técnica de muestreo para la toma de tiempos y estudio de movimientos. Además, se verificó que estén alineados a las especificaciones antes descritas en la herramienta de la casa de calidad (QFD) (Tabla 4).

Tabla 3*Plan de Recolección de Datos*

Datos por recolectar	Unidad de medida	Tipo de dato	Método de recolección	Factores de estratificación	¿Se aplicará muestreo ?	Objetivo	Responsable
Lista de sku's	Unidades	Cuantitativo	Por tipo y conteo	-	NO	Identificar los productos que se empacarán para exportación	Rosa Vergara / Asistente de exportación
Demanda semanal	Cajas/ semana	Cuantitativo	Lista de empaque	Por SKU	SÍ	Identificar la demanda semanal de cada SKU	Asistente de planificación / Rosa Vergara / Josué Salas
Distribución de áreas	-	-	Documentos de la empresa	Por subáreas	NO	Servir como base para modelos de simulación, definir zonas e identificar nodos	Jefe de operaciones / Rosa Vergara / Josué Salas
Desperdicio de materia prima	Porcentaje	Cuantitativo	Observación y medición	-	NO	Cuantificar la pérdida de materia prima durante el proceso e identificar causas principales	Rosa Vergara / Josue Salas
Tiempos de proceso	Minutos	Cuantitativo	Observación y medición	Por subáreas	SÍ	Insumos para los modelos en FlexSim	Rosa Vergara / Josué Salas
Estudio de movimientos	-	Cuantitativo / Cualitativo	Observación y medición	Por proceso	SÍ	Identificar y eliminar movimientos innecesarios en el proceso de empaque	Rosa Vergara / Josué Salas

Tabla 4*Alineación de Recolección de Datos con Especificaciones de Diseño*

DATOS A RECOGER	TIPO DE DATO	MÉTODO DE RECOLECCIÓN	FACTORES DE ESTRATIFICACIÓN	OBJETIVO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
					Se debe utilizar como máximo el 50% del espacio disponible para preservar capacidad de expansión futura	El diseño debe mantener un flujo unidireccional desde la recepción hasta el despacho (sin retrocesos)	La capacidad de uso de los tachos de residuos debe ser $\leq 80\%$ antes de su recolección	El 100% del área de armado de pallets debe estar claramente demarcado y señalizado	Los puntos de recolección de materiales deben ubicarse a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo del operador	El cruce máximo permitido entre flujos de materiales y de personal es $\leq 25\%$ del total de nodos	El desperdicio de materia prima no debe exceder el 10% del total procesado	El rendimiento de la línea debe ser al menos 120 gavetas por hora
LISTA DE SKU's	Cuantitativo	—	Por tipo, tamaño y formato de empaque	Identificar los productos que se empacarán para exportación				✓				
DEMANDA SEMANAL	Cuantitativo	Lista de empaque	Por SKU	Identificar la demanda semanal de cada SKU				✓				
DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS	—	Documentos de la empresa	Por subáreas	Servir como base para modelos de simulación, definir zonas e identificar nodos	✓				✓	✓		
DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA	Cuantitativo	Observación y medición	—	Cuantificar la cantidad de materia prima perdida durante el proceso			✓				✓	
TIEMPOS DE PROCESO	Cuantitativo	Observación y medición	Por subáreas	Insumos para los modelos en FlexSim		✓			✓	✓		✓
ESTUDIO DE MOVIMIENTOS	Cuantitativo / Cualitativo	Observación y medición	Por proceso	Identificar y eliminar movimientos innecesarios en el proceso de empaque					✓	✓		✓

2.5.2 *Recolección y confiabilidad de los datos*

Para obtener un análisis válido de los resultados, se debe comprobar la calidad de los datos a través de su fuente, método de obtención, frecuencia de medición y la representatividad de las muestras. Esto permite plantear acciones correctivas en la medición de datos en caso de ser necesario. A continuación, se presentarán los datos recolectados con la validación de su veracidad.

2.5.2.1 *Lista de SKU's.*

El portafolio de *Sku's* de la compañía se clasifica, en primer lugar, por tipo de fruta:

- Pitahaya Roja:
 - Pulpa Roja
 - Pulpa Blanca
- Pitahaya Golden

Figura 7

Tipo de Pitahayas



Nota. Adaptado de “La exótica fruta que regula el azúcar en sangre y evita el agotamiento”, 2023, Clarín (<https://surl.li/ewdfsc>)

Otra forma de clasificar la pitahaya es por calibres, los cuales se determinan según la cantidad de frutas que pueden colocarse en una caja. Esta clasificación busca que las frutas

quepan adecuadamente en el espacio, y que, al mismo tiempo, se cumpla con el peso total requerido de 4.5 a 4.6 kg.

Figura 8

Tipo de Calibre



Nota. Adaptado de “Pitahaya Amarilla Variedad Palora”, 2021, Bolsa de Productos (<https://surl.lu/pkknry>)

2.5.2.2 Demanda semanal.

Los datos fueron recopilados y validados mediante un archivo en formato Excel denominado '*Packing List*', utilizado por la empresa para registrar el número de cajas enviadas al cliente, clasificadas por tipo de fruta y calibre. Esta información se verifica contra los pedidos negociados con el cliente, los cuales pueden ajustarse en función al tipo de fruta disponible, lo que garantiza su precisión y consistencia. En la Tabla 5 se muestra un ejemplo, el análisis se basa en datos correspondientes al período comprendido entre enero y mayo de 2025.

Tabla 5

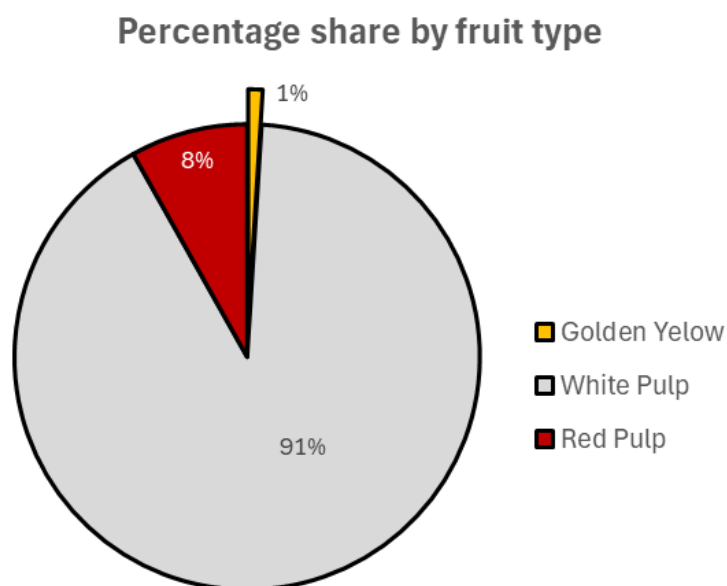
Formato Packing List

PACKING LIST													
Customer:					Date:	02/06/2025							
		COUNT											
Pallet	Product	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total Boxes
1	Red Dragon Fruit					160							160
2	Red Dragon Fruit			160									160
3	Red Dragon Fruit	160											160
4	Red Dragon Fruit					160							160
5	Red Dragon Fruit		160										160
6	Red Dragon Fruit		160										160
7	Red Dragon Fruit			160									160
8	Red Dragon Fruit		160										160
9	Red Dragon Fruit		160										160
10	Red Dragon Fruit			160									160
11	Red Dragon Fruit							160					160
12	Red Dragon Fruit					160							160
13	Red Dragon Fruit		160										160
14	Red Dragon Fruit							160					160
15	Red Dragon Fruit	57	14	68	21								160
16	Red Dragon Fruit				160								160
17	Red Dragon Fruit			160									160
18	Red Dragon Fruit							160					160
19	Red Dragon Fruit					160							160
20	Red Dragon Fruit							160					160
21	Red Dragon Fruit					160							160
22	Red Dragon Fruit				13	18							31
	Red Dragon Fruit									41			41
	Red Dragon Fruit		1	22	12	12		32		9			88
23	Red Dragon Fruit			160									160
24	Red Dragon Fruit		10	25	7	44		49		25			160
Total Boxes		217	825	915	213	874	0	721	0	75	0	0	3840
	Count	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	%	6%	21%	24%	6%	23%	0%	19%	0%	2%	0%	0%	100%
		Observación: Pallet 24 Termógrafo YSNYBBBF					Total Boxes:		3840				

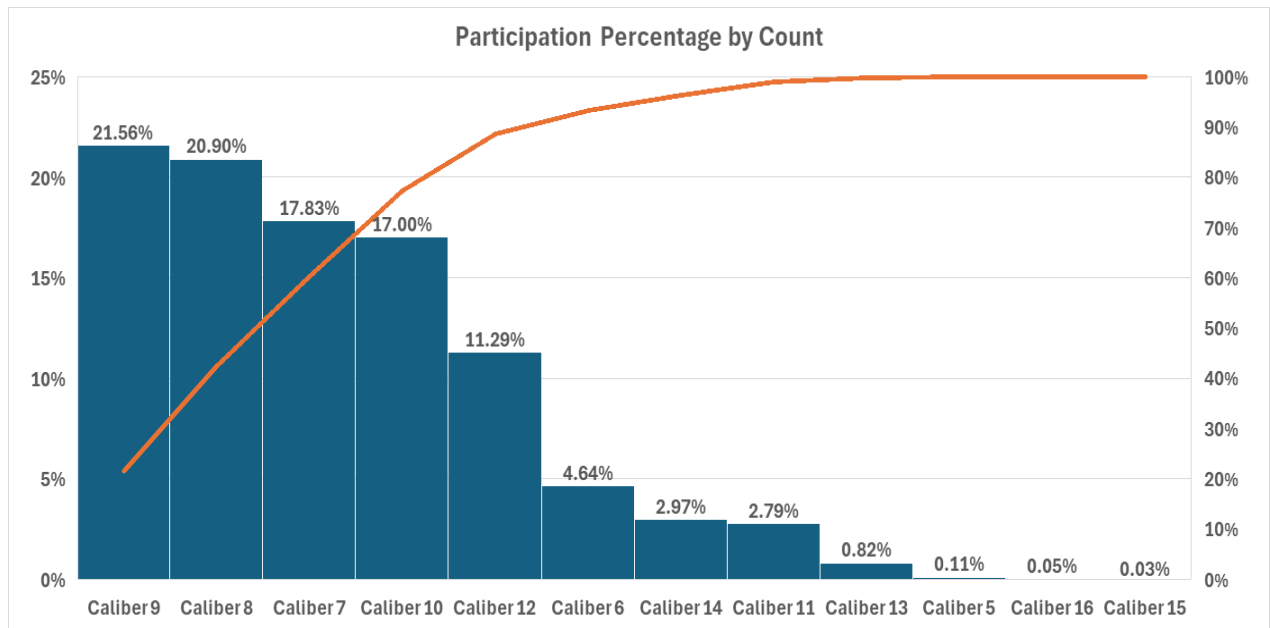
De la información obtenida se logra identificar cual es el tipo de fruta que con mayor frecuencia se exporta, esto se muestra en la figura 9, donde la pitahaya de pulpa roja tiene una participación del 91%, y la pitahaya roja de pulpa blanca un 8%, y finalmente la pitahaya amarilla apenas representando un 1%.

Figura 9

Participación por Tipo de Fruta



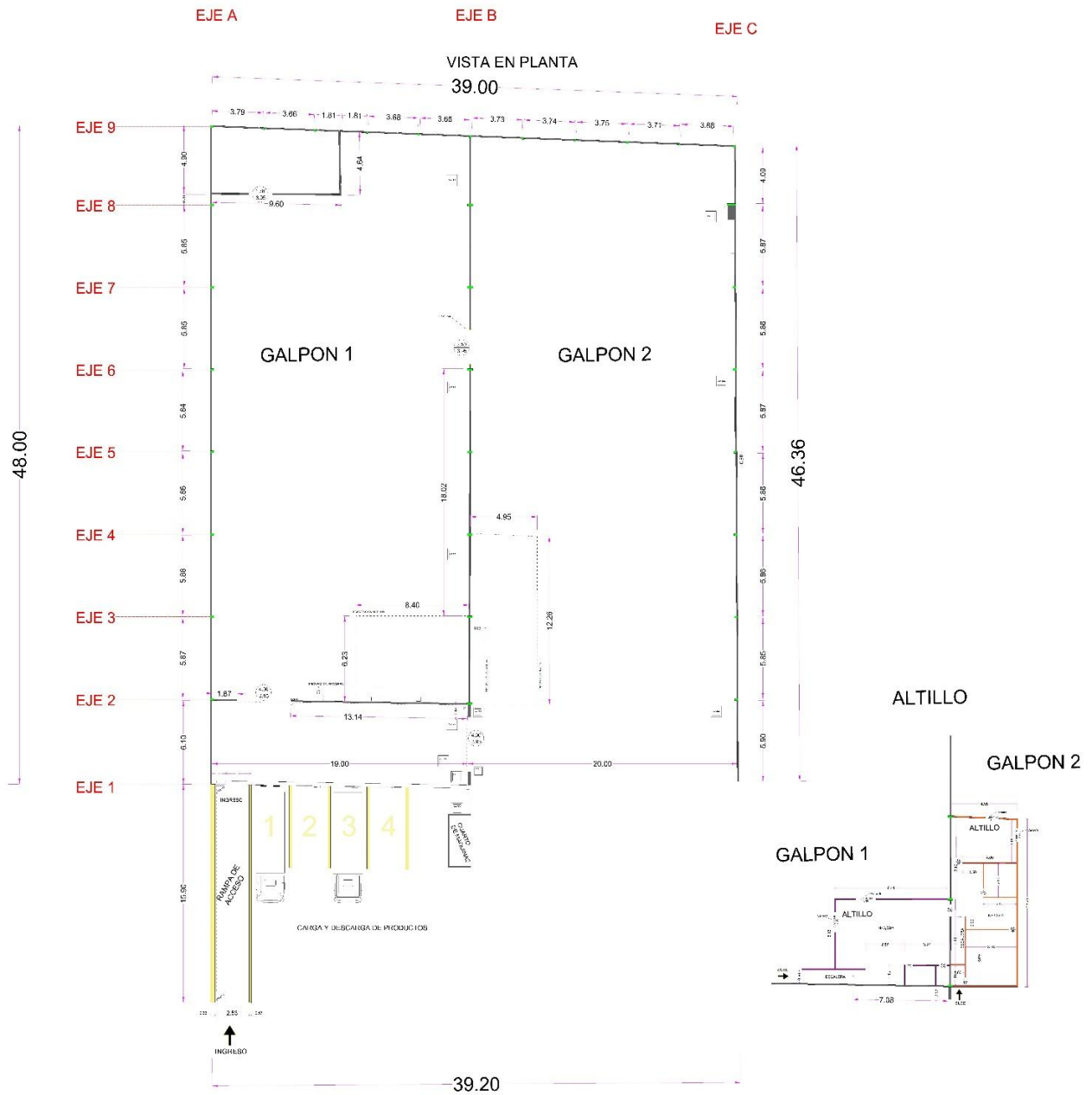
Mediante la técnica de Pareto, se identificó que los calibres con mayor frecuencia corresponden a los comprendidos entre el 7 y el 10, seguidos muy de cerca por el calibre 12, como se evidencia en la figura 10.

Figura 10*Pareto de Participación por Calibre***2.5.2.3 Distribución del área.**

El PLANO1 presenta los planos del área destinada para la instalación de la empacadora, según el diseño inicial proporcionado por el jefe de operaciones de la empresa. Dicho plano incluye las dimensiones del terreno y la distribución preliminar del espacio disponible. El área total del terreno es de $1,952 \text{ m}^2$.

PLANO 1

Especificaciones del lugar de trabajo



Nota. Compartido por Jefe de Operaciones

2.5.2.4 Desperdicio de Materia Prima.

Para determinar el porcentaje de desperdicio de materia prima se utilizó el registro de recepción de fruta en la empacadora, que incluye datos como fecha, hacienda de origen, gavetas recibidas, cajas obtenidas, kilogramos empacados, rechazados y el total por lote, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Desperdicio de materia Prima

FECHA	HACIENDA	GAV	CAJAS	Kg empacados	Rechazo recepcion	Total de kilos Lote
23-jun-25		523	973	4378.5	181.9	4,888.90
23-jun-25		523	73	328.5		
23-jun-25		171	288	1296	353.72	1,726.22
23-jun-25		171	17	76.5		
23-jun-25		194	344	1548	149.9	1,783.40
23-jun-25		194	19	85.5		
23-jun-25		5	9	40.5	3.3	43.80
23-jun-25		2	1	4.5	9.68	14.18
23-jun-25		7	16	72	2.8	74.80
23-jun-25		34	67	301.5	23.6	343.10
23-jun-25		34	4	18		
23-jun-25		44	28	126	147.8	408.80
23-jun-25		44	30	135		
24-jun-25		125	226	1017	33.85	1,194.85
24-jun-25		125	32	144		
24-jun-25		14	25	112.5	20.5	133.00
24-jun-25		99	223	1003.5	48.1	1,155.10
24-jun-25		99	23	103.5		
24-jun-25		98	80	360	239.9	851.90
24-jun-25		98	56	252		
25-jun-25		31	62	279	25.9	304.90
25-jun-25		328	197	886.5	81.3	3,078.30
25-jun-25		328	469	2110.5		
25-jun-25		101	240	1080	59.8	1,139.80
25-jun-25		4	7	31.5	7.8	39.30
25-jun-25		135	279	1255.5	38.7	1,294.20
25-jun-25		500	500	2250		2,250.00
25-jun-25		447	917	4126.5	65.7	4,192.20

Nota. Se muestra información, registros del mes de junio.

El análisis de junio calculó el porcentaje de rechazo (kg rechazados / kg recibidos). Según el jefe de operaciones, el valor esperado es de 10%, pero en promedio se obtuvo 19.21% de fruta rechazada, con una desviación estándar de 18.11%, reflejando gran variabilidad por factores como plagas o mala manipulación en las haciendas proveedoras.

2.5.2.5 Costo de Empaque Unitario.

Este dato fue obtenido a partir de los registros en el *software Odoo* sobre el costo por caja, cuyo componente principal correspondía al valor asumido por la empresa exportadora por el servicio de empaque. Dicho costo podía variar dependiendo de si insumos como cajas,

mallas y zunchos eran proporcionados por la empacadora o por la empresa exportadora. No obstante, de manera general se estimó un valor de \$1.80 por caja.

2.6 Análisis

Para realizar el diseño de la planta empacadora de pitahaya se utilizó el método de Planificación Sistemática de Diseño de planta (SLP por sus siglas en inglés), para esto se tomaron en cuenta aspectos como las áreas involucradas dentro del proceso, la estimación del espacio y la relación de proximidad entre áreas o actividades. Además, la distribución de la planta debe cumplir con las restricciones, especificaciones de diseño.

2.6.1 Dimensiones de los departamentos o áreas de la planta

A continuación, se muestran los departamentos/áreas a considerar para la distribución de la planta y el espacio disponible o necesario para cada una de ellas:

Tabla 7

Dimensiones de áreas y su nomenclatura

Departamento/Área	Nomenclatura	Área (m2)
Recepción de materia prima y entrada de personal	RMP	56
Pesaje de fruta	PF	25
Clasificado de fruta	CF	116
Lavado de fruta	LF	21
Secado de fruta	SF	48
Empaque Pitahaya	EP	42
Armado de Pallets por calibres	AP	25
Cámara de frío	CDF	84
Cámara de frío futura 1 (Futura)	CDF1	84
Cámara de frío futura 2 (Futura)	CDF2	84
Precámara de frío	PDF	59
Insumos Químicos	IQ	15
Insumos Materia Prima (Cajas, film, etc)	IMP	40
Área de gavetas vacías del proveedor	GVP	5
Área pallets previo a clasificación	PMP	16

Área gavetas propias	GP	12
Área de rechazo	AR	3
Área de cajas armadas	AC	16
Comedor	CM	47
Vestuarios	VE	36
Zona de Tanques	ZT	24
Agrocalidad	AI	12
	TOTAL	900

Para este análisis no se consideró el área administrativa ya que esta se encuentra en un segundo nivel de piso, por lo que no interfiere directamente con el resto de las áreas.

2.6.2 Proximidad de las áreas

Para una mejor distribución de las áreas dentro del espacio disponibles se utilizó la escala de valorización de proximidad mostrada en la tabla 8, con la cual se evaluó la importancia de proximidad por la relación entre las áreas.

Tabla 8

Valorización de proximidad entre áreas

Código	Proximidad	Valor	Línea
A	Absolutamente necesaria	4	
E	Especialmente importante	3	
I	Importante	2	
O	Aceptable	1	
U	No importante	0	
X	Indeseable	-1	

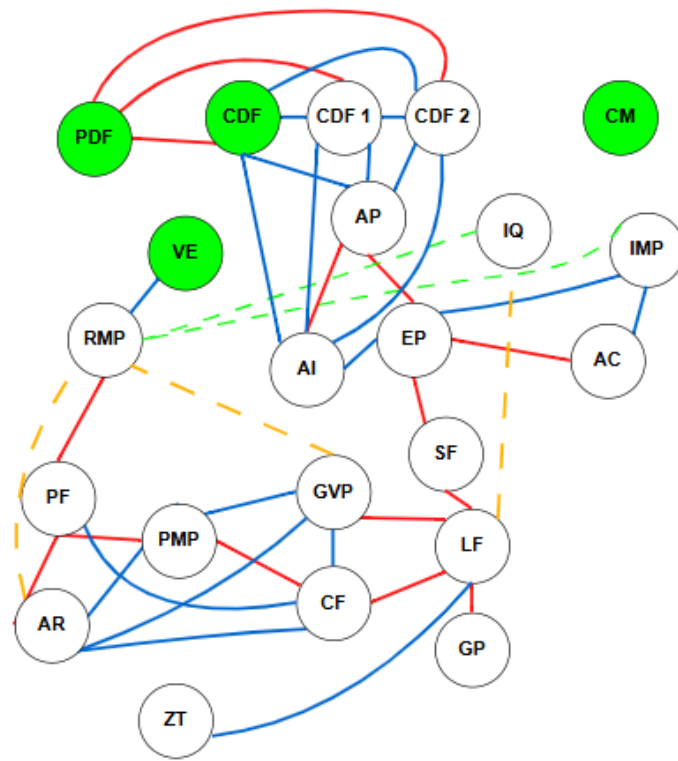
Así mismo para poder generar propuestas de distribución y evaluarlas se genera una comparación de costos de actividad entre las áreas, en otras palabras, evaluando los motivos e intensidad con la que se relacionan las áreas, como se muestra a continuación.

Tabla 9

Motivos de relaciones

Código	Motivos
1	Flujo de información alto
2	Flujo de información medio
3	Flujo de información bajo
4	Flujo de material/documentación alto
5	Flujo de material/documentación bajo
6	Frecuencia de uso alta
7	Frecuencia de uso baja
8	Contaminación
9	Ruido

Esta información se recopila finalmente en la matriz relacional en la cual se especifica la proximidad entre las áreas, tal como se muestra en la figura 11.

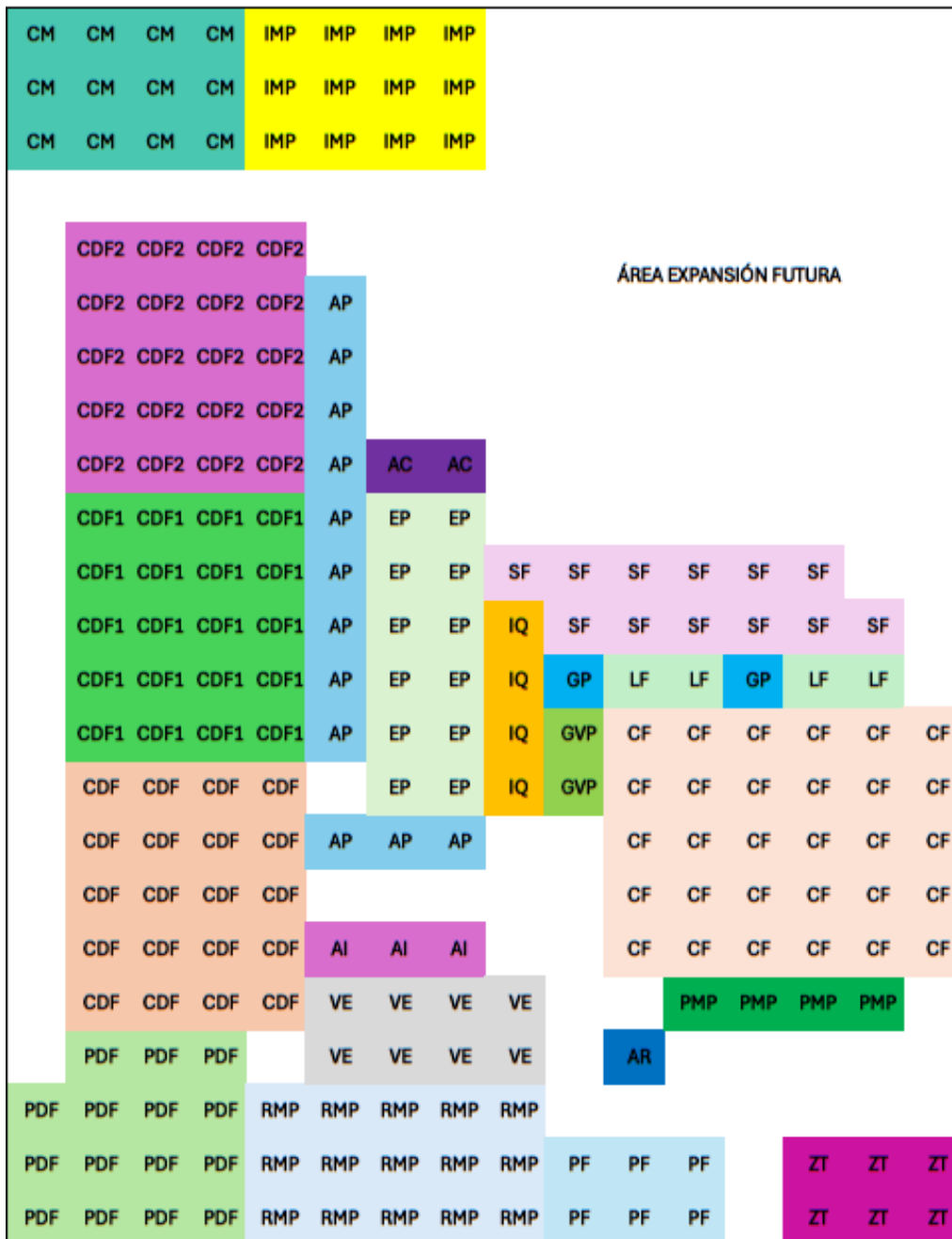
Figura 13*Diagrama Nodal Alternativa 2*

Con el diagrama nodal y el espacio requerido por cada área se plantean las alternativas de diseño mediante un diagrama de bloques. Para esto se consideró que cada bloque concentrará un área de $4 m^2$, a continuación, en la tabla 10 se muestra la cantidad de bloques por cada área o zona de la empacadora.

Tabla 10*Total de Bloques por Área*

Departamento/Área	Nomenclatura	Área (m2)	Total de Bloques
Recepción de materia prima y entrada de personal	RMP	56	14
Pesaje de fruta	PF	24	6
Clasificado de fruta	CF	116	29
Lavado de fruta	LF	20	5
Secado de fruta	SF	48	12
Empaque Pitahaya	EP	44	11
Armado de Pallets por calibres	AP	24	6
Cámara de frío	CDF	84	21
Cámara de frío futura 1	CDF1	84	21
Cámara de frío futura 2	CDF2	84	21
Precámara de frío	PDF	60	15
Insumos Químicos	IQ	16	4
Insumos Materia Prima (Cajas, film, etc.)	IMP	40	10
Área de gavetas vacías del proveedor	GVP	4	1
Área pallets previo a clasificación	PMP	16	4
Área gavetas propias	GP	12	3
Área de rechazo	AR	4	1
Área de cajas armadas	AC	16	4
Comedor	CM	48	12
Vestuarios	VE	36	9
Zona de Tanques	ZT	24	6
Agrocalidad	AI	12	3
	TOTAL	872	218

Con esta información se procedió a graficar el diagrama de bloques para representar una mejor visualización de la distribución de las áreas en el espacio de trabajo.

Figura 14*Diagrama de Bloques Alternativa 1*

2.6.4 Evaluación de alternativas de diseño

Una vez realizados los diagramas de bloques se realizó la evaluación de las alternativas basándose en importancia de relación entre las áreas por la distancia que separa a una de la otra, esta distancia es calculada por la cantidad de cuadros que separan a un área de la otra.

$$MIN \sum_i \sum_j R_{ij} * D_{ij} \quad (2.4)$$

$$R_{ij} = \text{Valor de la relación entre las áreas } i \text{ y } j. \quad (2.5)$$

$$D_{ij} = \text{Longitud rectilínea (número de bloques recorridos) entre las áreas } i \text{ y } j \quad (2.6)$$

En la figura 16 se muestra el resultado de la alternativa 1 el cual obtiene un valor de 124, tomando en cuenta que la separación de bodegas de insumos de materia prima, e insumos químicos estén por separados.

Figura 16

Matriz de Evaluación Alternativa 1

[illegible]

En la figura 17 se evalúa el impacto de tener una zona de insumo única, agregando tanto insumos químicos como materia prima. Y modificando la posición de áreas estratégicas de soporte. Dando como resultado un valor de 149.

Figura 17

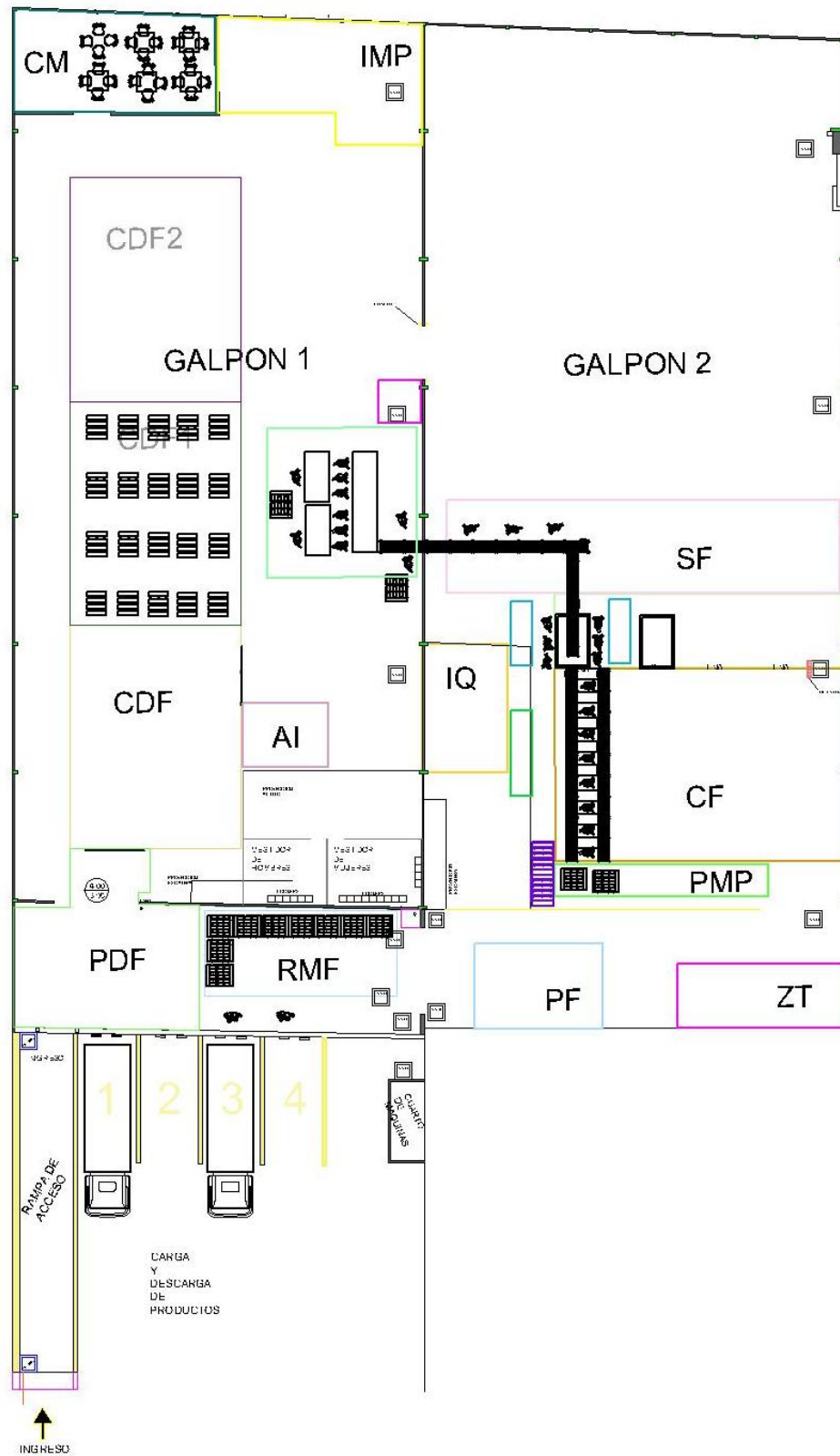
Matriz de Evaluación Alternativa 2

NODOS	RMP	PF	CF	LF	SF	EP	AP	CDF	CDF1	CDF2	PDF	IQ	IMP	GVP	PMP	GP	AR	AC	CM	VE	AI	ZT	TOTAL
RMP	-	0										15	3	12			2			0			32
PF		-	3												0		0						3
CF			-	0		-2									0		3		-17				-16
LF				-	0	-2						20	-3	4		0		-5	-16			0	-2
SF					-	0																0	0
EP						-	0						6					0			6	-8	4
AP							-	0	0	0											8		8
CDF								-	0	15	0	-11									12		16
CDF1									-	0	20	-6									18		32
CDF2										-	40	-1									33		72
PDF											-	-8											-8
IQ												-											0
IMP													-					24				-18	6
GVP														-	18		12						30
PMP															-								0
GP																-							0
AR																	-	-6	-22				-28
AC																		-					0
CM																			-				0
VE																				-			0
AI																					-		0
ZT																						-	0
																						TOTAL	149

Al analizar las dos opciones se obtiene que la alternativa 1 tiene una mejor interacción entra la relación de las áreas y la distancia entre ellas.

2.6.5 Propuesta de diseño de distribución de la planta

A continuación, se muestra la propuesta de diseño de la planta empacadora de pitahaya, es importante mencionar que para una fase inicial se consideró los espacios de cámara de frío futuras como el área de ensamble de pallets, ya que esto ayuda a minimizar los recorridos. Esto debido a que la expansión se realizará a largo plazo.

PLANO 2*Propuesta de Diseño de Distribución de la Planta*

2.6.6 *Diseño del proceso*

Cómo parte del diseño de proceso se realizó una simulación inicial con operadoras del proceso de clasificación y empaque, de esta manera se logró conocer las tareas, y herramientas necesarias en este proceso, esto permitió encontrar oportunidades para el diseño del proceso el cual se estudió en conjunto con el equipo del proyecto.

Figura 18

Prototipo baja resolución – Proceso de Clasificación



Figura 19

Limpieza de ombligo



Figura 20

Prototipo baja resolución – Proceso de Empaque



2.6.6.1 Clasificación de fruta.

Durante este proceso se realizan las tareas de inspección de fruta, y corte de pedúnculo. El área de trabajo contará con puestos individuales donde el ingreso y salida de gavetas se dará por rodillos, así mismo se tienen tableros por el cual se descartará la fruta de rechazo.

Figura 21

Sistema de Proceso de Clasificación



Figura 22

Tijera de Corte de Pedúnculo



Nota: Obtenido de Mercado libre (<https://surl.lt/iwyroh>)

2.6.6.2 Lavado y limpieza de ombligo

En esta sección del proceso, se realizará la limpieza del ombligo de la fruta, así mismo como el lavado de esta en agua. La estación cuenta con una tina con capacidad de hasta $2m^3$, así mismo para mantener hasta 10 gavetas de frutas.

Figura 23

Tina de lavado



2.6.6.3 *Desinfección de fruta*

En esta etapa del proceso se realiza la desinfección de la fruta, de esta forma se asegura que a la fruta esté libre de fuentes de contaminación, como se conserve en buenas condiciones.

Figura 24

Tina de Desinfección



2.6.6.4 *Secado de fruta*

El secado se realiza durante el transporte de gavetas a través de los rodillos, en esta parte del proceso se hace uso de secadoras industriales.

Figura 25

Rodillos de lavado



Figura 26*Secadora*

Nota: Obtenido de: Catalogo Kywi tiendas en línea (<https://surl.lt/iwyroh>)

2.6.6.5 *Empaque de fruta*

En el proceso de empaque se utilizan cajas de cartón correspondientes a los clientes, en la cuales se colocan la fruta, acorde al calibre, y completando un peso aproximado de 4.5kg. También se hace uso de una estación de gavetas que servirá cola o estantería de gavetas.

Figura 27*Sistema de Proceso de Empaque*

Nota: Unidad de gavetas, Balanzas y cajas de empaque.

2.6.6.6 *Ensamble de pallets*

En el proceso de ensamble se emplean pallets de madera con dimensiones de $1.12 \times 0.92 \times 0.15$ m. Con base en el análisis de la demanda proyectada, se establece la distribución de puestos de ensamble de la siguiente manera: dos puestos destinados a los calibres de mayor recurrencia (7 al 10), un puesto para los calibres 12, 6, 14 y 11, un puesto para los calibres 13 y 5, y finalmente un puesto para los calibres 15 y 16.

Figura 28

Pallets de Empaque



Nota: Obtenido de Kipardi Solutions (<https://n9.cl/ck36xu>)

2.6.7 *Plan de implementación*

Dado que la compañía requería inicial operaciones, se realizó un plan de implementación inicial, el cual consta con una fase inicial del sistema de clasificación, en este caso conformado por 3 puestos de trabajo, por lo cual es requerido 3 metros de rodillos de ingreso de gavetas, y otros 3 metros de rodillos de salida. A continuación, en la tabla 11 se detallan el plan de implementación de prototipado, así mismo las tareas y los costos involucrados.

Tabla 11*Plan de implementación*

Herramientas	Actividad	Responsable	Inicio	Fin	Validación	Costos involucrados
Unidad de gavetas de empaque	Lanzamiento del prototipo	Josué Salas Rosa Vergara	Jul 29, 2025	Ago 1, 2025	Jefe de operaciones	\$ 10.509
Sistema de clasificación					Gerente general	
Pallets						
Gavetas						
Cajas de empaque						
Excel/ Minitab/ Herramientas de grabación	Estudio de tiempos		Ago 4, 2025	Ago 17, 2025		\$ -
Excel/ Herramientas de grabación	Estudio de movimientos		Ago 4, 2025	Ago 17, 2025		\$ -
Excel	Definir el balance de línea		Ago 18, 2025	Ago 24, 2025		\$ -
Excel	Definir el número de operadores por área		Ago 18, 2025	Ago 24, 2025		\$ -
AutoCAD/FlexSim	Modelación del prototipo		Jul 29, 2025	Ago 17, 2025		\$ -
FlexSim	Validación del prototipo		Ago 17, 2025	Ago 19, 2025		\$ -
AutoCAD/FlexSim	Ajustes del prototipo		Ago 19, 2025	Ago 24, 2025		\$ -
FlexSim	Aprobación del prototipo		Ago 24, 2025	Ago 24, 2025		\$ -
FlexSim	Análisis de resultados		Ago 24, 2025	Ago 27, 2025		\$ -

Nota. Las actividades fueron cerradas en su totalidad

2.6.8 Estudio de tiempos.

Estos datos fueron recolectados de manera directa, utilizando dispositivos de cronometraje. Inicialmente, los tiempos se registraron durante la ejecución de simulaciones de las actividades, realizadas por personal capacitado bajo condiciones controladas que replicaron los procesos típicos de la empacadora. El tamaño de muestra fue de mínimo 30 observaciones para cada tarea.

Posteriormente, se evaluó los suplementos que debían considerarse para determinar un tiempo estándar y más ajustado a la realidad. En primer lugar, se consideró aquellos que son constantes, dependiendo del género del operador, y aquellas relacionadas a posturas, uso de fuerza, condiciones externas y monotonía de la operación, tal como se visualiza en la Figura 29.

Figura 29

Planilla de Determinación de Suplementos

ESTUDIO DE TIEMPOS - DETERMINACIÓN DE LOS SUPLEMENTOS

¿Género del operario?		☐ HOMBRE	☒ MUJER
Suplementos Constantes	Necesidades personales	0	7
	Básico por fatiga	0	4
¿El trabajo se realiza de pie?		Sí 4	
Postura anormal	¿Cómo es la postura habitual para realizar el trabajo?	Ligeramente incómoda 1	
Uso de la fuerza	Levanta, tira o empuja un peso equivalente a:	10 Kg 4	
Iluminación	La percepción de iluminación es:	Normal 0	
Condiciones atmosféricas	Índice de enfriamiento, termómetro de Kata (milicalorías/cm2/seg)	0	
Tensión visual	La operación realizada requiere:	Precisión 2	
Ruido	La sensación de ruido percibido es:	Continuo 0	
Tensión mental	La operación realizada es:	Algo compleja 1	
Monotonía	La operación realizada es:	Bastante monótona 4	
Monotonía física	La operación realizada es:	Aburrida 1	



Los suplementos del elemento son del:

28%

En la Figura 30 se visualiza el formato donde se registró la toma de tiempos y se calculó el tiempo estándar de cada proceso, la valoración del ritmo de trabajo se hizo en base al desempeño del operador. Adicionalmente, se comprobó si con los datos ya recolectados era necesario aumentar el tamaño de muestra para obtener mayor confiabilidad y precisión en los datos.

Figura 30*Valoración del Ritmo de Trabajo – Clasificación de Fruta*

ESTUDIO DE TIEMPOS - TIEMPOS OBSERVADOS Y VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO

												SUMA	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar		
Elemento 11	Nombre del elemento	Tiempo observado	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 30	1:47:39	0:02:00	28%		0:02:33
	Clasificación de fruta (min/gaveta)		0:01:29	0:01:15	0:01:58	0:01:29	0:01:39	0:01:23	0:01:31	0:01:24	0:01:22	0:02:30					
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:01:29	0:01:15	0:01:58	0:01:29	0:01:39	0:01:23	0:01:31	0:01:24	0:01:22	0:02:30					

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (2.7)$$

$Z = 1.96$ (para un nivel de confianza del 95%)

$\sigma = 0.434681$ (Desviación estándar)

$E = 0.2$ (12 seg)(margen de error)

$$n = \left(\frac{1.96 \cdot 0.434681}{0.2} \right)^2 = (4.26)^2 \approx 18.15 \text{ obs.}$$

Con un $n = 18.15$ no se requiere más observaciones. A continuación, se muestran los tiempos estándar de los demás procesos.

Figura 31*Valoración del Ritmo de Trabajo – Lavado y Limpieza de ombligo*

Elemento 12	Nombre del elemento	Tiempo observado	00:04.0	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:03	0:00:04	0:00:03.0	0:00:08	0:00:06	0:00:06	0:06:28	0:00:06	28%		0:00:08
	Limpieza de ombligo (s/fruta)																
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:00:04	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:08	0:00:06	0:00:06					

Figura 32*Valoración del Ritmo de Trabajo – Desinfección de fruta*

Elemento 1.3	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:00:06	0:00:09	0:00:09	0:00:11	0:00:06	0:00:10	0:00:07	0:00:09	0:00:04	0:00:05	0:03:41	0:00:08	28%	0:00:10
	Desinfección de fruta															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:00:06	0:00:09	0:00:09	0:00:11	0:00:06	0:00:10	0:00:07	0:00:09	0:00:04	0:00:05				

Figura 33*Valoración del Ritmo de Trabajo – Secado de fruta*

Elemento 1.4	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:00:18	0:00:24	0:00:19	0:00:31	0:00:35	0:00:10	0:00:26	0:00:42	0:00:14	0:00:25	0:13:22	0:00:27	28%	0:00:34
	secado de fruta															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:00:18	0:00:24	0:00:19	0:00:31	0:00:35	0:00:10	0:00:26	0:00:42	0:00:14	0:00:25				

Figura 34*Valoración del Ritmo de Trabajo – Empaque de Fruta*

Elemento 1.5	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:01:04	0:00:41	0:00:36	0:01:11	0:00:49	0:00:42	0:00:54	0:00:44	0:01:29	0:02:19	0:48:47	0:00:46	28%	0:00:59
	t. empaque															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:01:04	0:00:41	0:00:36	0:01:11	0:00:49	0:00:42	0:00:54	0:00:44	0:01:29	0:02:19				

Figura 35*Valoración del Ritmo de Trabajo – Colocación de PLU*

Elemento 1.6	Nombre del elemento	Tiempo observado	00:03.6	00:04.9	00:06.4	00:05.3	00:04.0	00:02.8	00:06.1	00:04.3	00:04.6	00:06.7	0:03:24	0:00:05	28%	0:00:07
	Colocar PLU															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:00:04	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:04	0:00:03	0:00:06	0:00:04	0:00:05	0:00:07				

Finalmente, se identificó, utilizando el software Minitab, la distribución de cada una de estas variables, a través de la evaluación de la prueba de hipótesis:

$$H_0 = \text{Los datos siguen una distribución Normal}$$

$$H_1 = \text{Los datos no siguen una distribución Normal}$$

$$p > 0.05 \rightarrow \text{No hay suficiente evidencia estadística para rechazar } H_0$$

Las variables analizadas se ajustaron a una distribución normal, como se observa en la Tabla 12. Estos tiempos fueron utilizados como variables de entrada para la simulación del proceso.

Tabla 12

Distribución de Tiempos de proceso

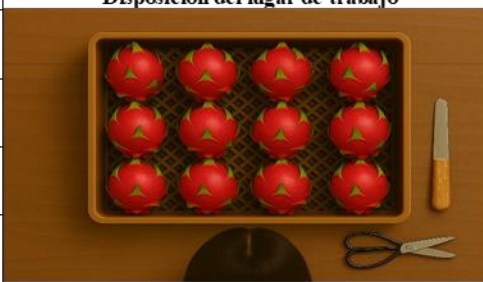
Tiempo de proceso	Distribución	Parámetros
Clasificación de fruta (min/gaveta)	Normal	Media: 1.99518 Desv. estándar: 0.43468
Lavado de fruta y limpieza de ombligo (seg/fruta)	Normal	Media: 6.21958 Desv. estándar: 1.94649
Desinfección de fruta (seg/fruta)	Normal	Media: 7.473 Desv. estándar: 1.9934
Secado de fruta (seg/gaveta)	Normal	Media: 52.59125 Desv. estándar: 22.46282
Empaque de fruta (seg/caja)	Normal	Media: 42.31 Desv. estándar: 14.67062
Colación de PLU (seg/caja)	Normal	Media: 5.01467 Desv. estándar: 1.36582

2.6.9 Estudio de Movimientos.

Se condujo de igual forma un estudio de movimientos a través del uso de dispositivos con cronometraje y de videos grabados durante la realización de los principales procesos, como son: Clasificación y limpieza de fruta, y Empacado.

En la Figura 36 se observa el Diagrama Bimanual realizado del primer proceso, con esto se pudo identificar las principales tareas que ejerce cada mano, de forma general, mientras se limpia el ombligo y corta el pedúnculo de la Pitahaya.

Figura 36*Diagrama Bimanual Clasificación de fruta*

DIAGRAMA BIMANUAL							
Hoja	1				Disposición del lugar de trabajo		
Dibujo	Mesa de trabajo						
Operación	Clasificación y limpieza de Pitahaya (Actual)						
Lugar	Área de clasificación de fruta						
Fecha	17/8/2025						
Secuencia	Mano Izquierda	Símbolo	Tiempo estimado (s)		Tiempo estimado (s)	Símbolo	Mano Derecha
1	Toma la fruta de la gaveta	G	0.65		0.65	G	Toma herramienta
2	Sostiene la fruta	H	0.45		0.45	P	Coloca en posición
3	Coloca en posición	P	0.41		0.41	U	Inserta en ombligo
4	Sostiene la fruta	H	6.13		6.13	U	Limpia ombligo
5	Revisa la fruta	I	0.54		0.54	RL	Coloca herramienta en mesa
6	Coloca en posición	P	1.6		1.6	G	Toma tijeras
7	Sostiene la fruta	H	0.56		0.56	P	Coloca en posición
8	Sostiene la fruta	H	3.34		3.34	U	Corta pedúnculo
9	Coloca fruta en gaveta	RL	0.66		0.66	RL	Coloca tijeras en mesa
			14.34		14.34		

Como resultado de este estudio se determinó que existen en total 9 *Therbligs* (Figura 37) que son ineficientes, y se proponen las siguientes mejoras: se puede asignar a una persona para limpiar el ombligo o cortar el pedúnculo, con el fin de evitar cambios frecuentes de herramienta; proporcionar un soporte para herramientas que mantenga los utensilios correctamente posicionados; utilizar herramientas que no requieran de aplicación de fuerza mayor, por ejemplo, tijeras eléctricas.

Figura 37*Therblig del Proceso de Clasificación*

Mano Izquierda				Mano Derecha			
Eficientes		Ineficientes		Eficientes		Ineficientes	
G - Tomar	1	H - Sostener	4	G - Tomar	2	P - Posicionar	2
RL - Soltar	1	P - Posicionar	2	RL - Soltar	2		
		I - Inspeccionar	1	U - Usar	3		

En el Diagrama Bimanual realizado el segundo proceso, se pudo detallar las tareas desde la colocación de la caja de empaque armada, hasta el acomodo de las frutas con el cumplimiento del peso de 4.5 a 4.6 Kg por caja.

Figura 38*Diagrama Bimanual Proceso de Empaque*

DIAGRAMA BIMANUAL							
Hoja	1				Disposición del lugar de trabajo		
Dibujo	Mesa de trabajo						
Operación	Empaque de Pitahaya (Actual)						
Lugar	Área de empaque de fruta						
Fecha	17/8/2025						
Secuencia	Mano Izquierda	Símbolo	Tiempo estimado (s)		Tiempo estimado (s)	Símbolo	Mano Derecha
1	Toma la caja armada	G	1.38		1.38	D	no hay carga
2	Coloca la caja en balanza	P	1.43		1.43	P	Coloca la caja en balanza
3	Toma la fruta	G	2.53		2.53	G	Toma la fruta
4	Coloca fruta en caja	RL	1.92		1.92	RL	Coloca fruta en caja
5	Sostiene la caja	H	2.1		2.1	G	Toma la fruta
6	Sostiene la caja	H	2.59		2.59	RL	Coloca fruta en caja
7	Toma la fruta	G	3.3		3.3	G	Toma la fruta
8	Coloca fruta en caja	RL	4.92		4.92	RL	Coloca fruta en caja
9	Acomoda la fruta	P	3.7		3.7	P	Acomoda la fruta
10	Toma la caja	G	0.75		0.75	G	Toma la caja
11	Coloca caja en la mesa	RL	1.2		1.2	RL	Coloca caja en la mesa
			25.82		25.82		

A partir de este estudio, se estableció que existen en total 7 Therblig ineficientes (Figura 39), y se proponen las siguientes mejoras: el tamaño de la balanza debe ser adecuado para evitar que la caja se mueva, o puede estar integrada directamente en la mesa de trabajo; la pantalla de peso puede colocarse en la parte superior para que la persona no tenga que inclinarse para verla; la persona responsable de colocar el PLU puede ir acomodando las frutas mientras realiza esa tarea; y colocar las cajas en la parte superior de la mesa, pero sin ocupar espacio en esta.

Figura 39

Therblig del Proceso de Clasificación

Mano Izquierda				Mano Derecha			
Eficientes		Ineficientes		Eficientes		Ineficientes	
G - Tomar	4	H - Sostener	2	G - Tomar	4	P - Posicionar	2
RL - Soltar	3	P - Posicionar	2	RL - Soltar	4	D - Sin carga	1

2.6.10 Simulación del proceso

La finalidad de la simulación del proceso es debido a que se desea identificar la versión futura del proceso, ya que inicialmente se realizó una implementación inicial. Para la simulación fue necesario utilizar los datos recolectados en las fases anteriores, así mismo las unidades de carga.

Consideraciones:

- Se realizan 4 arribos de 150 gavetas con fruta, en este caso de acuerdo con lo observados, 20 frutas por gaveta.
- Cada pallet ingresado al proceso es de 24 gavetas.
- Al finalizar el proceso de desinfección de la fruta, la cantidad de frutas por gavetas es aproximadamente 12 frutas.

- Se considerarán pallets de 100 cajas como unidad final de producción en el almacenamiento de cámara de frío.

Figura 40

Simulación área de Recepción, Clasificación de fruta

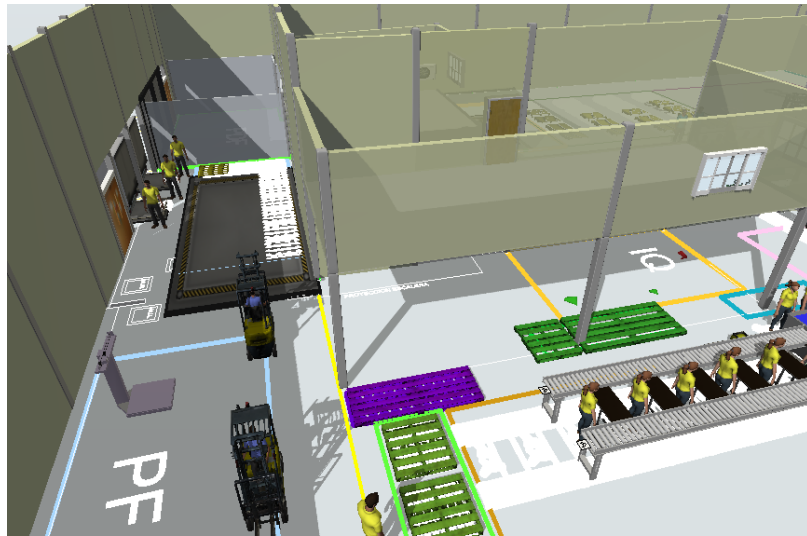


Figura 41

Simulación área de Lavado, Desinfección y secado de fruta

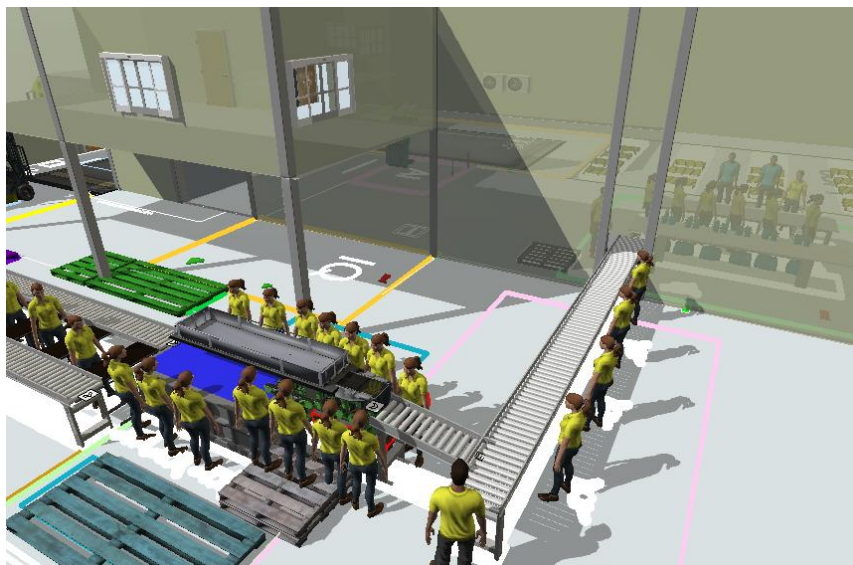


Figura 42

Simulación de Empaque y Ensamble de Pallets



Capítulo 3

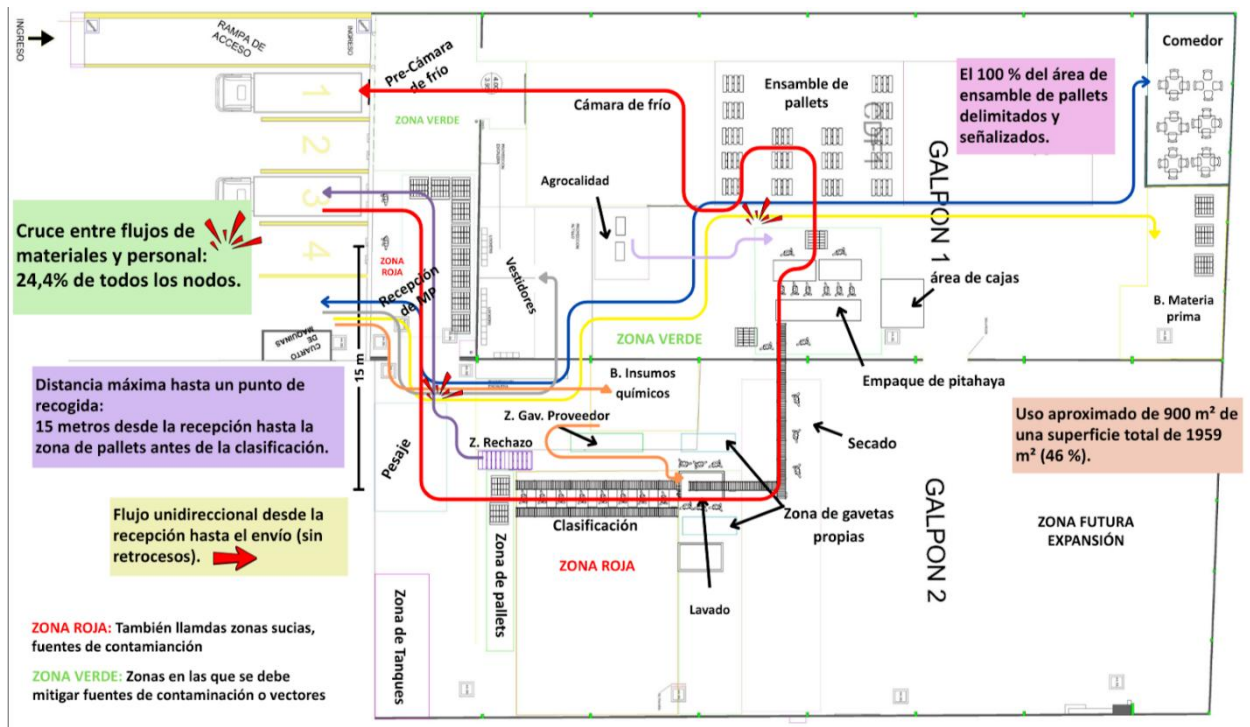
3.1 Resultados y análisis

3.1.1 Restricciones y Especificaciones de diseño

En primer lugar, al seleccionar la propuesta final de la distribución del diseño, es necesario corroborar el cumplimiento de las especificaciones de diseño plasmadas en el QFD. En la Figura 43 se puede visualizar cada una de estas. Entre las más relevantes se consideran: los puntos de recolección de materiales deben estar ubicados a un máximo de 20 metros del puesto de trabajo del operario; el rendimiento de la línea debe ser al menos 120 gavetas por hora; el cruce máximo permitido entre los flujos de materiales y de personal es $\leq 25\%$ del total de nodos.

Figura 43

Cumplimiento de Especificaciones de Diseño



3.1.2 Balance de línea

El flujo durante el proceso no debe verse afectado por estaciones cuellos de botella, ni por tiempos ociosos en otras, por lo que se plantea el balance de línea. Se determinó la tasa de trabajo que corresponde a 0.469 minutos por gaveta, por ende, ninguna estación debe superar ese tiempo. Sin embargo, como se observa en la Tabla 13, la duración de cada operación supera esta tasa, por lo que se debe determinar una n cantidad de operadores en cada una para que sea menor o igual a esta, y poder garantizar que se cumplan como mínimo 120 gavetas por hora en la línea de producción.

Tabla 13

Balance y cálculo de operadores

Operación	Tiempo estándar	Tiempo estándar (Minutos por gaveta)	Operarios	Nº Operarios	Operación más lenta	Gavetas por hora
Clasificación (min/gaveta)	2.55	2.55	5.44	6.00	0.425	141
Lavado y Limpieza de ombligo (minutos/fruta) (20 Frutas por gaveta)	0.13	2.67	5.69	6.00	0.444	135
Desinfección de fruta (minutos/fruta)	0.17	3.33	7.11	8.00	0.417	144
Secado (minutos/gaveta)	1.13	1.89	4.03	5.00	0.378	159
Empacado (minutos/caja) (2,4 cajas por gaveta)	0.98	2.36	5.03	6.00	0.393	153
Colocación de PLU (minutos/caja)	0.12	0.28	0.60	1.00	0.280	214
Total	5.08	13.08	27.90	32.00	2.34	147
Tiempo de Ciclo	450 min del turno/900 gavetas	0.469				

En la operación de secado fue necesario considerar una persona adicional a la que se indica inicialmente, porque no se cumple el tiempo de ciclo mínimo requerido. La estación que requiere de mayor cantidad de personal es la de Desinfección de fruta por el tiempo que toma realizar esta actividad.

Figura 44

Nº de personas por estación



3.1.3 Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto

Se estableció la rentabilidad del proyecto determinando los costos relacionados a la inversión y los ingresos en base a la proyección de la demanda.

En los costos se consideró: la inversión en infraestructura, instalaciones, mobiliario, equipos; el capital de trabajo, que involucra los salarios, costos fijos e insumos, necesarios para cubrir los meses en los que no se percibe una ganancia neta; y los componentes del diseño del proceso de clasificación, que son rodillos, bandejas, mesas de trabajo, entre otros. El resumen de estos rubros puede visualizarse en la Tabla 14.

Tabla 14*Costo Total del Proyecto*

Categoría de Gasto	Total (USD)
Inversión en Capital	\$ 183,371.00
Capital de Trabajo	\$ 66,055.35
Solución Seleccionada	\$ 10,000.00
TOTAL GENERAL	\$ 259,426.35

En los ingresos, se proyectó que en el primer año se venderán aproximadamente dos contenedores por semana, lo que equivale a 249,600 cajas, a un precio final de \$2 por caja.

Además, se estima incrementar las ventas en un contenedor adicional por año.

Considerando estos datos, se realizó un flujo de caja proyectado a 5 años, para poder evaluar la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN), este se visualiza en la Figura 45. Se puede observar que se espera tener un retorno positivo de la inversión a partir del cuarto año.

Figura 45*Flujo de caja*

Flujo de Caja	AÑO 0	1ER AÑO	2DO AÑO	3ER AÑO	4TO AÑO	5TO AÑO
Total Ingresos		\$ 499,200.00	\$ 748,800.00	\$ 998,400.00	\$ 1,248,000.00	\$ 1,497,600.00
Costo Fijos		\$ 304,560.06	\$ 304,560.06	\$ 304,560.06	\$ 304,560.06	\$ 304,560.06
Costo Variable		\$ 280,878.00	\$ 421,317.00	\$ 561,756.00	\$ 702,195.00	\$ 842,634.00
Total Egresos (Costos fijos y variables)		\$ 585,438.06	\$ 725,877.06	\$ 866,316.06	\$ 1,006,755.06	\$ 1,147,194.06
Utilidad		-\$ 86,238.06	\$ 22,922.94	\$ 132,083.94	\$ 241,244.94	\$ 350,405.94
Inversión inicial						
Gastos de Capital	\$ 193,371.00					
Capital de Trabajo	\$ 66,055.34					
Flujo Neto	-\$ 259,426.34	-\$ 86,238.06	\$ 22,922.94	\$ 132,083.94	\$ 241,244.94	\$ 350,405.94
Flujo Descontado		-\$ 76,998.27	\$ 18,274.03	\$ 94,014.74	\$ 153,315.52	\$ 198,829.74
Flujo Acumulado	-\$ 259,426.34	-\$ 345,664.40	-\$ 322,741.46	-\$ 190,657.52	\$ 50,587.42	\$ 400,993.36

La tasa de descuento que se consideró en este proyecto es la del 12% y la Tasa Interna de Retorno se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (3.1)$$

Donde:

$$I_0 = \text{Inversión inicial}$$

$$C_n = \text{Flujo de caja o beneficios generados por la inversión en cada periodo}$$

$$r = \text{Tasa Interna de Retorno}$$

El resultado de la TIR fue de 21.7%, que supera a la tasa de descuento planteada inicialmente, lo que indica que el proyecto es rentable y genera un rendimiento superior al mínimo requerido.

El Valor Actual Neto se calcula considerando la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+r)^t} - I_0 \quad (3.2)$$

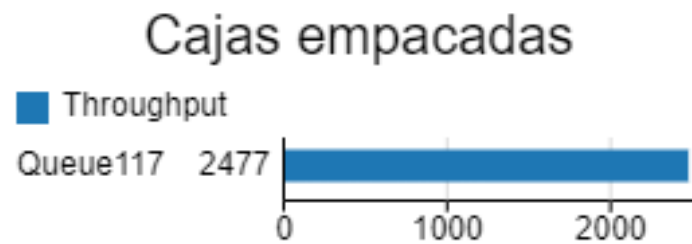
El resultado del VAN fue de \$128,009.42, que indica que el proyecto es una inversión que generará un resultado financiero positivo.

3.1.4 Resultados de la simulación

En base a la simulación realizada, se obtuvieron los siguientes resultados: al finalizar una corrida de 8 horas diarias de producción, se obtuvo en total 2,477 cajas empacadas, como se observa en la Figura 46, que equivale aproximadamente a un contenedor diario.

Figura 46

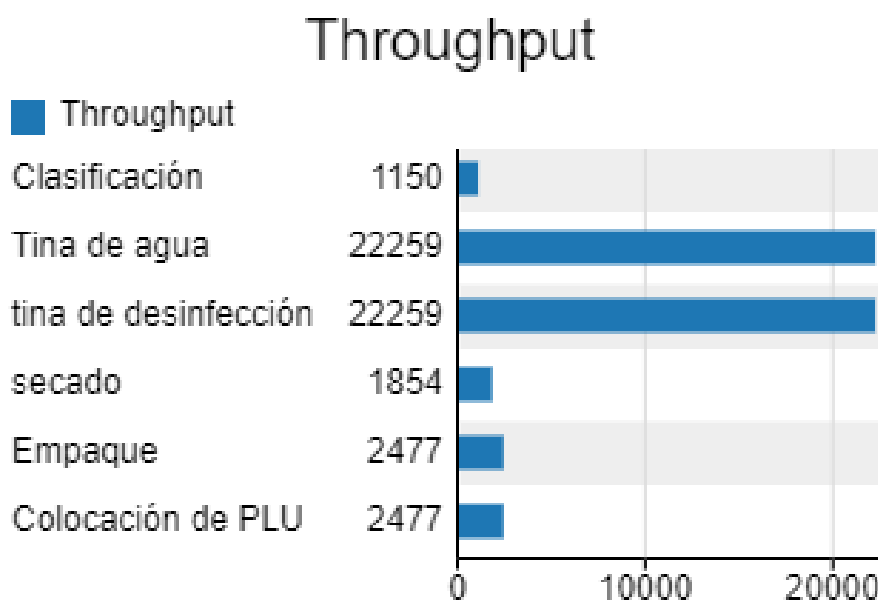
Cajas empacadas en la Simulación



Nota. Una gaveta en promedio da como resultado 2.4 Cajas

Adicionalmente, se pudo obtener el *Throughput* por cada proceso de la línea, que equivale a lo siguiente:

- Clasificación: 143.75 gavetas/hora.
- Lavado: 139.12 gavetas/hora (considerando 20 frutas por gaveta).
- Desinfección: 139.12 gavetas/hora (20 frutas por gaveta).
- Secado: 139.05 gavetas/hora (equivalente a 12 frutas por gaveta, calculado mediante regla de tres).
- Empaque: 129 gavetas/hora (cada gaveta genera en promedio 2.4 cajas).
- Colocación de PLU: 129 gavetas/hora (promedio de 2.4 cajas por gaveta)

Figura 47*Throughput de procesos*

3.1.5 Triple resultado final

En el caso del triple resultado final, ya que el diseño realizado es desde cero, y no se pudo realizar mediciones en otras empresas empacadoras por restricción de acceso, los indicadores son propuestos para la empresa, para que esta pueda empezar a cuantificarlos y, mediante técnicas de mejora continua, puedan desarrollarlos y establecer las metas adecuadas.

En base a la implementación piloto realizada anteriormente, se obtuvieron los siguientes valores:

3.1.5.1 Factor medioambiental

Factor medioambiental: Eficiencia en el uso del agua. El valor que se registra actualmente corresponde a 1.7 Kg/L, y considerando que la producción alcance su continuidad, y se trabaje en piso 8 horas, se espera que este valor sea cercano a 6 Kg/L.

$$EUA = \frac{(\text{Peso de futra lavada en Kg})}{(\text{Volumen del agua utilizada en L})} = 1.7 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \quad (3.3)$$

Es importante tomar en cuenta que, bajo la especificación de diseño de 120 gavetas por horas, este indicador debería presentarse como mínimo en un $6 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$, lo cual no ocurre actualmente debido a que no se ha producido durante un turno completo.

3.1.5.2 Factor social

Factor Social: Índice de Riesgo. Se utilizó la Metodología OCRA, que ayuda a evaluar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores causados por tareas repetitivas. Se obtiene dos valores, que corresponden al lado izquierdo y derecho del tronco superior.

Al aplicar la lista de verificación y calificar según las condiciones en el proceso de clasificación, a partir de varias observaciones hechas a diferentes operadores, se obtuvo el siguiente resultado:

Lado derecho: 44.64

Lado Izquierdo: 28.56

Ambos valores caen en la categoría de No Aceptable – Nivel de Riesgo Alto, y en el lado derecho es más alto porque esta es la mano que mayoritariamente se utiliza al manipular herramientas para procesar la fruta.

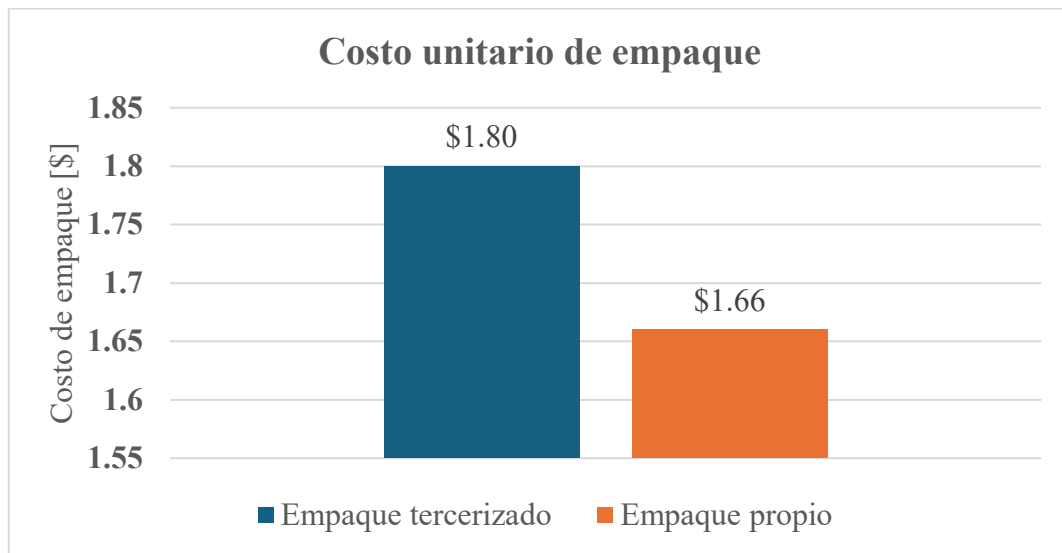
3.1.5.3 Factor económico

Se obtuvieron los resultados con respecto al Costo Unitario de Empaque a partir de la producción del mes de agosto, y este se comparó con el costo que aplicaban las empacadoras que antes realizaban este proceso. El costo inicial era de \$1.80 por caja, y el resultado

obtenido en la empacadora propia fue de \$1.66 por caja. Esto representa, considerando la venta de 4 contenedores por semana, un ahorro de \$69,888 al año.

Figura 48

Comparación de costo unitario de empaque



Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se desarrollaron dos alternativas de distribución para la planta empleando el método SLP (Planificación Sistemática de Distribución de planta), las cuales fueron evaluadas considerando la relación de importancia y la distancia entre las áreas propuestas. La primera alternativa obtuvo un puntaje de 124, mientras que la segunda alcanzó 149. Con base en estos resultados, se seleccionó la primera propuesta, ya que minimiza las distancias entre las áreas clave, optimiza el flujo de materiales y personas, y permite un aprovechamiento más eficiente del espacio (46%), cumpliendo además con las restricciones de diseño establecidas.
- Se aplicaron con éxito las técnicas de balanceo de línea, obteniéndose los siguientes resultados: el proceso de clasificación y corte de pedúnculo requiere 2.55 minutos por gaveta y seis operadores; la limpieza de ombligo y lavado en agua se realiza en 0.13 minutos por fruta con seis operadores; la desinfección toma 0.17 minutos por fruta con ocho operadores; el secado requiere 1.13 minutos por gaveta con cinco operadores; el empaque se realiza en 0.98 minutos por caja con seis operadores; y el PLU y etiquetado se efectúa en 0.12 minutos por caja con un solo operador. Estos resultados permiten optimizar la utilización de recursos y reducir los tiempos ociosos en la línea de producción.
- Se logró realizar la simulación en *FlexSim* de la distribución seleccionada, lo que permitió evaluar el desempeño de las estaciones de trabajo y del personal asignado. Los resultados confirmaron que la propuesta cumple con las especificaciones de diseño y asegura la producción de hasta 129 gavetas por hora.

4.1.2 Recomendaciones

- Implementar una política de aseguramiento de calidad e inocuidad, que prevenga riesgos de contaminación cruzada derivados de la confusión de gavetas o la rotación de personal entre distintas áreas. Para ello, se debe garantizar el estricto cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).
- Realizar un estudio ergonómico integral orientado a mejorar las condiciones de los puestos de trabajo, considerando que el proceso implica actividades manuales y repetitivas.
- Evaluar la instalación de servicios higiénicos propios, en concordancia con lo establecido en la Norma Técnica de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Referencias

- Colombini D, Occhipinti E, Grieco A (2002) A check-list model for the quick evaluation of risk exposure (ocra index). In: Colombini DEO, Antonio G (eds) Ergonomics book series, Vol 2. Elsevier, New York, pp 111–117
- Gutiérrez Pulido, Humberto, Gutiérrez González, Porfirio, Garibay López, Cecilia, & Díaz Caldera, Lizbeth. (2014). Multivariate analysis and QFD as tools to listen to the voice of the customer and improve service quality. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(1), 62-73. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000100007>
- Marah Almelhem, Eszter Sós, Péter Földesi, Stakeholders analysis of deposit refund waste collection system based on quality function deployment method, *Cleaner Waste Systems*, Volume 12, 2025, 100370, ISSN 2772-9125, <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100370>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277291252500168X>)
- Susana Lorenzo, José Mira, Mayerly Olarte, Johana Guerrero, Silvia Moyano, Análisis matricial de la voz del cliente: QFD aplicado a la gestión sanitaria, *Gaceta Sanitaria*, Volume 18 Issue 6, 2004, Pages 464-471, ISSN 0213-9111, [https://doi.org/10.1016/S0213-9111\(04\)72034-8](https://doi.org/10.1016/S0213-9111(04)72034-8)
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213911104720348>)
- Shubham Khariwal, Pradeep Kumar, Manish Bhandari, Layout improvement of railway workshop using systematic layout planning (SLP) – A case study, *Materials Today: Proceedings*, Volume 44, Part 6, 2021, Pages 4065-4071, ISSN 2214-7853,

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.444>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320380652>)

Apéndice A

CHECK LIST DE OCRA – OBSERVACIÓN 1

Checklist OCRA		Ficha: Resultados
Proceso: Clasificación	Fecha: 22/8/2025	
Descripción: Durante la actividad se realiza inspección de fruta y corte de pedúnculo		
		
Factores de riesgo por trabajo repetitivo		
	Derecha	Izquierda
Tiempo de recuperación insuficiente (MR):	1.7	1.7
Frecuencia de movimientos (FF):	4	3
Aplicación de fuerza (FFz):	4	0
Hombro:	1	1
Codo:	4	4
Muñeca:	0	0
Mano-dedos:	8	4
Esteriotipo (FC):	0	0
Posturas forzadas (FP):	13	9
Factores de riesgo complementarios (FC):	2	2
Factor de Duración (MD):	1	1
Indice de riesgo y valoración		
	Derecha	Izquierda
Indice de Riesgo:	39.1	23.8
Check list	Color	Nivel de riesgo
Hasta 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 -14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

CHECK LIST DE OCRA – OBSERVACIÓN 2

Checklist OCRA	Ficha: Resultados	
Proceso: Clasificación	Fecha:	22/8/2025
Descripción: Durante la actividad se realiza inspección de fruta y corte de pedúnculo		
		
Factores de riesgo por trabajo repetitivo		
	Derecha	Izquierda
Tiempo de recuperación insuficiente (MR):	1.7	1.7
Frecuencia de movimientos (FF):	6	4
Aplicación de fuerza (FFz):	6	0.5
Hombro:	1	1
Codo:	2	4
Muñeca:	2	0
Mano-dedos:	4	4
Estereotipo (FC):	0	0
Posturas forzadas (FP):	9	9
Factores de riesgo complementarios (FC):	2	2
Factor de Duración (MD):	1	1
Indice de riesgo y valoración		
	Derecha	Izquierda
Indice de Riesgo:	39.1	26.4
Check list	Color	Nivel de riesgo
Hasta 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 -14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

CHECK LIST DE OCRA – OBSERVACIÓN 3

Checklist OCRA	Ficha: Resultados																								
Proceso: Clasificación	Fecha: 22/8/2025																								
Descripción: Durante la actividad se realiza inspección de fruta y corte de pedúnculo																									
																									
Factores de riesgo por trabajo repetitivo																									
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Derecha</th> <th style="width: 50%;">Izquierda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de movimientos (FF): 4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Aplicación de fuerza (FFz): 6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Hombro: 6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Codo: 4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Muñeca: 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mano-dedos: 8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Esteriotipo (FC): 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Posturas forzadas (FP): 18</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Factores de riesgo complementarios (FC): 2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Factor de Duración (MD): 1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Derecha	Izquierda	Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7	1.7	Frecuencia de movimientos (FF): 4	4	Aplicación de fuerza (FFz): 6	0	Hombro: 6	6	Codo: 4	4	Muñeca: 0	0	Mano-dedos: 8	4	Esteriotipo (FC): 0	0	Posturas forzadas (FP): 18	14	Factores de riesgo complementarios (FC): 2	2	Factor de Duración (MD): 1	1
Derecha	Izquierda																								
Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7	1.7																								
Frecuencia de movimientos (FF): 4	4																								
Aplicación de fuerza (FFz): 6	0																								
Hombro: 6	6																								
Codo: 4	4																								
Muñeca: 0	0																								
Mano-dedos: 8	4																								
Esteriotipo (FC): 0	0																								
Posturas forzadas (FP): 18	14																								
Factores de riesgo complementarios (FC): 2	2																								
Factor de Duración (MD): 1	1																								
Indice de riesgo y valoración <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 50%;">Derecha</th> <th style="width: 50%;">Izquierda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Indice de Riesgo:</td> <td style="text-align: center; background-color: #800080; color: white;">51.0</td> <td style="text-align: center; background-color: #800080; color: white;">34.0</td> </tr> </tbody> </table>			Derecha	Izquierda	Indice de Riesgo:	51.0	34.0																		
	Derecha	Izquierda																							
Indice de Riesgo:	51.0	34.0																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Check list</th> <th style="width: 10%;">Color</th> <th style="width: 50%;">Nivel de riesgo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 7,5</td> <td style="background-color: #90EE90;">Verde</td> <td>Aceptable</td> </tr> <tr> <td>7,6 - 11</td> <td style="background-color: #FFFF00;">Amarillo</td> <td>Muy leve o incierto</td> </tr> <tr> <td>11,1 - 14</td> <td style="background-color: #FF6347;">Rojo suave</td> <td>No aceptable. Nivel leve</td> </tr> <tr> <td>14,1 - 22,5</td> <td style="background-color: #FF0000;">Rojo fuerte</td> <td>No aceptable. Nivel medio</td> </tr> <tr> <td>Desde 22,5</td> <td style="background-color: #800080;">Morado</td> <td>No aceptable. Nivel alto</td> </tr> </tbody> </table>		Check list	Color	Nivel de riesgo	Hasta 7,5	Verde	Aceptable	7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto	11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve	14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio	Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto						
Check list	Color	Nivel de riesgo																							
Hasta 7,5	Verde	Aceptable																							
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto																							
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve																							
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio																							
Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto																							

CHECK LIST DE OCRA – OBSERVACIÓN 4

Checklist OCRA	Ficha: Resultados																								
Proceso: Clasificación	Fecha: 24/8/2025																								
Descripción: Durante la actividad se realiza inspección de fruta y corte de pedúnculo																									
																									
Factores de riesgo por trabajo repetitivo																									
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Derecha</th> <th style="width: 50%;">Izquierda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de movimientos (FF): 6</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Aplicación de fuerza (FFz): 4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Hombro: 6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Codo: 4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Muñeca: 0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mano-dedos: 8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Esteriotipo (FC): 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Posturas forzadas (FP): 18</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Factores de riesgo complementarios (FC): 2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Factor de Duración (MD): 1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Derecha	Izquierda	Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7	1.7	Frecuencia de movimientos (FF): 6	4	Aplicación de fuerza (FFz): 4	0	Hombro: 6	6	Codo: 4	4	Muñeca: 0	2	Mano-dedos: 8	4	Esteriotipo (FC): 0	0	Posturas forzadas (FP): 18	16	Factores de riesgo complementarios (FC): 2	2	Factor de Duración (MD): 1	1
Derecha	Izquierda																								
Tiempo de recuperación insuficiente (MR): 1.7	1.7																								
Frecuencia de movimientos (FF): 6	4																								
Aplicación de fuerza (FFz): 4	0																								
Hombro: 6	6																								
Codo: 4	4																								
Muñeca: 0	2																								
Mano-dedos: 8	4																								
Esteriotipo (FC): 0	0																								
Posturas forzadas (FP): 18	16																								
Factores de riesgo complementarios (FC): 2	2																								
Factor de Duración (MD): 1	1																								
Indice de riesgo y valoración																									
Indice de Riesgo:	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Derecha</th> <th style="width: 50%;">Izquierda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #800080; color: white;">51.0</td> <td style="background-color: #800080; color: white;">37.4</td> </tr> </tbody> </table>	Derecha	Izquierda	51.0	37.4																				
Derecha	Izquierda																								
51.0	37.4																								
Check list	Color	Nivel de riesgo																							
Hasta 7,5	Verde	Aceptable																							
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto																							
11,1 -14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve																							
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio																							
Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto																							

CHECK LIST DE OCRA – OBSERVACIÓN 5

Checklist OCRA	Ficha: Resultados	
Proceso: Clasificación	Fecha:	24/8/2025
Descripción: Durante la actividad se realiza inspección de fruta y corte de pedúnculo		
		
Factores de riesgo por trabajo repetitivo		
	Derecha	Izquierda
Tiempo de recuperación insuficiente (MR):	1.7	1.7
Frecuencia de movimientos (FF):	6	3
Aplicación de fuerza (FFz):	6	0.5
Hombro:	1	1
Codo:	4	2
Muñeca:	2	0
Mano-dedos:	4	4
Estereotipo (FC):	0	0
Posturas forzadas (FP):	11	7
Factores de riesgo complementarios (FC):	2	2
Factor de Duración (MD):	1	1
Indice de riesgo y valoración		
	Derecha	Izquierda
Indice de Riesgo:	42.5	21.3

Check list	Color	Nivel de riesgo
Hasta 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
Desde 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto