UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

ÁREA: Producción y operaciones
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción
AUTOR: Yolanda Patricia González Flores
TUTOR: Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

Ambato - Ecuador
agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Yolanda Patricia González Flores, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
CESAR ANIBAL ROSERO MANTILLA

Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
YOLANDA PATRICIA
GONZALEZ FLORES

Yolanda Patricia González Flores

C.C. 1803832136

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
YOLANDA PATRICIA
GONZALEZ FLORES

Yolanda Patricia González Flores

C.C. 1803832136

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por la señorita Yolanda Patricia González Flores, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
ELSA PILAR URRUTIA URRUTIA

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
JEANETTE DEL PILAR URENA AGUIRRE

Ing. Jeanette del Pilar Ureña Aguirre, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
JESSICA PAOLA LOPEZ ARBOLEDA

Ing. Jessica Paola López Arboleda, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi familia, el refugio que me ha sostenido con amor incondicional y me han regalado risas que curan.

Especialmente a mi madre Vilma, la brújula de mi vida, cuyo amor y sacrificio han sido la base de mis sueños. Su fe en mí ha movido montañas.

A ti, Jazmín, mi compañera de vida, cuyo apoyo constante y palabras de ánimo han sido mi ancla en los momentos de tormenta.

Y a mi tío Patricio, mi mentor y aliado incondicional. Sus consejos y su fe en mi potencial han sido el viento bajo mis alas.

Yolanda Patricia González Flores

AGRADECIMIENTO

Primero, gracias a Dios, por ser mi guía celestial y mantenerme en la ruta correcta incluso cuando me sentía perdido en el laberinto académico.

A mis padres, Alberto González y Vilma Flores, les agradezco por ser mi red de seguridad y mi fuente de energía. Sin ustedes, no podría cumplir mis sueños y principalmente gracias por el sacrificio que han hecho y por cada palabra de aliento que me han brindado. A mi tío Patricio, el sabio gurú de la familia. Sus palabras de aliento y sus consejos que han sido el faro que me guiaba en los momentos más oscuros. Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba.

A mis hermanos Leonardo y Jazmín, mis primeros amigos y rivales de toda la vida. Gracias por el apoyo, las risas, y por recordarme que siempre tengo con quién jugar y conversar para despejar la mente. A mi gato Effy, mi compañero peludo y terapeuta de cuatro patas. Gracias por exigir atención en los momentos más inoportunos y recordarme que siempre hay tiempo para una pausa y un ronroneo.

A Marcelo, mi entrenador personal de la motivación. Gracias por ser mi Rocky Balboa, empujándome a continuar y a no tirar la toalla ante cualquier dificultad que se me presente. A mis compañeros y amigos, gracias por las risas, las distracciones necesarias y por las reuniones que a menudo han estado acompañadas de la compañía sutil de una buena cerveza, lo que más valoro es el apoyo incondicional que me han brindado.

Al grupo de investigación "Enhancing the Agrifood Supply Chain towards Industry 5.0 (AGRO5) in the Ecuadorian Andes" por permitirme ser parte de un proyecto que no solo me ha permitido expandir mis horizontes académicos, sino también conectarme más profundamente con las raíces y la idiosincrasia de nuestra tierra. A la empresa Jambi Kiwa, por ser el puente entre la teoría y la práctica. Gracias por los recursos, el espacio y la confianza para llevar a cabo esta investigación. Sin su apoyo, esta tesis habría sido solo una colección de ideas sin rumbo.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Israel Naranjo, por hacer que me guste la materia de diseño y organización de instalaciones. Además, gracias por ser mi GPS en esta jungla de tesis y ayudarme a no perderme en cada giro y vuelta. Al Ingeniero Franklin Tigre, por los consejos, sin ellos mis datos de simulación estarían más enredados que los auriculares en un bolsillo. A los Ingenieros Santiago Jara, José Romero, Andrés Pinos y Estefanía Abril, si no fuera por ustedes, todavía estaría esperando a que las puertas del laboratorio se abrieran por arte de magia y mis simulaciones estarían más paradas que semáforo en rojo.

Yolanda Patricia González Flores

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xiv**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xvi**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xviii**

ABSTRACT ..... **xix**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 2

1.3 Fundamentación teórica 3

1.3.1 Sector de plantas aromáticas, medicinales y sus derivados 3

1.3.2 Tisana e infusiones 4

1.3.3 Distribución de planta 4

1.3.4 Elementos de la distribución de instalaciones 5

1.3.5 Diseño del proceso: análisis del flujo de trabajo 6

1.3.6 Principio de manejo de material 6

1.3.7 Tipos de configuraciones productivas 8

1.3.8 Estudio de tiempos 11

1.3.9 Metodologías utilizadas en el diseño de plantas 16

1.3.10 Análisis de recorrido de los materiales 18

1.3.11 Software FlexSim 18

1.4 Objetivos 19

1.4.1 Objetivo general 19

1.4.2 Objetivos específicos 19

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 20

2.1 Materiales 20

2.2 Métodos 20

2.2.1 Modalidad de la investigación 20

2.2.2 Población y muestra 21

2.2.3 Recolección de información 22

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 23

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25

3.1 Información general de la empresa 25

3.1.1 Reseña histórica 25

3.1.2 Información general de la empresa 25

3.1.3 Organización operativa de la organización Jambi Kiwa 26

3.1.4 Productos ofertados 27

3.2 Situación actual de la empresa 29

3.2.1 Entrevista realizada al administrador de la empresa 29

3.2.2 Áreas del proceso productivo 29

3.2.3 Equipos y materiales de la empresa 31

3.2.4 Diagrama de flujo 33

3.2.5 Plano general de la empresa 33

3.2.6 Estudio de tiempos 36

3.2.7 Diagrama de recorrido actual 40

3.2.8 Simulación del proceso actual 42

3.3 Selección de metodología para la distribución de instalaciones 48

3.3.1 Análisis del tipo de distribución 48

3.3.2 Selección de metodología 49

3.3.3 Métodos y técnicas de distribución 51

3.3.4 Requerimiento del espacio con el método Guerchet 52

3.3.5 Análisis Planeación Sistemática de Distribución (SLP) 57

3.4 Propuesta de redistribución 65

3.4.1 Diagrama de recorrido propuesto 65

3.4.2 Simulación de la propuesta 68

3.4.3 Las Comparación de distancia recorrida actual vs propuesta 71

3.5 Costos redistribución de instalaciones 72

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75

4.1 Conclusiones 75

4.2 Recomendaciones 76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

ANEXOS 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los tipos de configuraciones productivas 8

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la distribución por proyecto o posición fija 9

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la distribución por funcional 10

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la distribución por línea 10

Tabla 5. Ventajas y desventajas de la distribución continua 11

Tabla 6. Número de ciclos a cronometrar según General Electric 12

Tabla 7. Simbología ASME para los diagramas de procedimiento 13

Tabla 8. Factor desempeño Westinghouse 14

Tabla 9. Suplementos de trabajo según la OIT 15

Tabla 10. Fórmulas de los tipos de áreas 16

Tabla 11. Fuentes que influyen en la gestión y organización de la planta 17

Tabla 12. Código de proximidades 18

Tabla 13. Materiales para llevar a cabo el proyecto de investigación 20

Tabla 14. Población del objeto de estudio 22

Tabla 15. Actividades de recolección de información 22

Tabla 16. Información general de la empresa 26

Tabla 17. Clases de tisanas que ofrece la empresa Jambi Kiwa 28

Tabla 18. Descripción de las actividades que se desarrollan encada área 30

Tabla 19. Equipos que se encuentran en las instalaciones de la empresa 32

Tabla 20. Cursograma analítico de elaboración de infusión 37

Tabla 21. Cursograma analítico de elaboración de tisana 38

Tabla 22. Cursograma analítico de control de calidad 39

Tabla 23. Resumen de los cursogramas analíticos 39

Tabla 24. Actividades que se simulan en el software FlexSim 43

Tabla 25. Distancia recorrida teórica vs distancia recorrida simulada 47

Tabla 26. Elementos de cada área con sus dimensiones 52

Tabla 27. Superficie de los elementos estáticos 53

Tabla 28. Superficie de los elementos estáticos 54

Tabla 29. Superficie total de los elementos presentes en la empresa 56

Tabla 30. Áreas de la empresa codificadas 57

Tabla 31. Criterios para establecer la relación entre áreas 58

Tabla 32. Código de proximidad 58

Tabla 33. Símbolos del diagrama relacional de recorrido 59

Tabla 34. Pares de proximidad según diagrama de relación entre áreas 61

Tabla 35. Análisis carga distancia de las propuestas 64

Tabla 36. Distancia recorrida teórica vs distancia recorrida simulada de la propuesta 70

Tabla 37. Costos de redistribución 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Momentos de la distribución de instalaciones 4

Figura 2. Distribución por proyecto 9

Figura 3. Distribución por funcional 9

Figura 4. Distribución en línea o por producto 10

Figura 5. Distribución continua o por células 11

Figura 6. Organización operativa de la organización Jambi Kiwa 27

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de obtención de tisana 34

Figura 8. Planos actualizados de la empresa Jambi Kiwa 35

Figura 9. Diagrama de recorrido actual 41

Figura 10. Instalaciones de la empresa Jambi Kiwa 42

Figura 11. Cantidad de unidades obtenidas en la simulación 45

Figura 12. Distancia recorrida actual obtenida de la simulación 46

Figura 13. Síntesis de los resultados obtenidos 50

Figura 14. Diagrama de relación entre áreas 60

Figura 15. Diagrama de relación entre áreas en la planta actual 62

Figura 16. Valores de prioridad de cercanía de las áreas 63

Figura 17. Diagrama de relación entre áreas en la planta propuesto 66

Figura 18. Diagrama de recorrido propuesto 67

Figura. 19. Simulación de la redistribución propuesta 68

Figura 20. Cantidad de unidades obtenidas en la simulación de la propuesta 69

Figura 21. Distancia obtenida de la simulación propuesta..... 69

Figura 22. Comparación de distancias teóricas..... 71

Figura 23. Comparación de distancia de la simulación..... 72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Método Guerchet 16

Superficie estática (Ss) 16

Superficie gravitacional (Sg) 16

Superficie de evolución (Se) 16

Superficie total por tipo de elemento (ST) 16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Entrevista para el análisis interno de la empresa 81

Anexo B. Cálculo del índice de desempeño..... 85

Anexo C. Cálculo de tiempo normal..... 88

Anexo D. Cálculo de los suplementos 92

Anexo E. Tasa periódica en el tiempo del software FlexSim 97

Anexo F. Datos obtenidos del software ExpertFit 111

Anexo H. Propuestas de redistribución..... 114

RESUMEN EJECUTIVO

En este estudio se aborda la redistribución de planta en la empresa Jambi Kiwa, dedicada a la producción y comercialización de tisanas aromáticas y medicinales. Se consideraron aspectos clave como el diseño del proceso, micro localización de la instalación y configuración funcional. También, se analizaron las operaciones para la obtención de las tisanas, la distancia recorrida por los colaboradores y el flujo de actividades en cada área de producción.

La redistribución óptima combinó la distribución por lote y por producto. Se utilizó el Método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP) para establecer relaciones y prioridades entre áreas, minimizando distancias recorridas. De igual importancia, se empleó el Método de Guerchet para determinar las áreas requeridas en cada puesto de trabajo. El software Corelap 01 ayudó a identificar la disposición ideal de las áreas, priorizando las zonas de mayor cercanía.

Con estos criterios, se diseñó una disposición que maximiza la eficiencia operativa y mejora la productividad general, desarrollándose cuatro propuestas. Para seleccionar la mejor opción, se realizó un análisis de carga-distancia, evaluando la eficiencia de cada diseño en términos de proximidad y flujo de materiales. Además, se utilizó el software FlexSim para simular y validar las propuestas, asegurando la optimización del flujo de trabajo.

La propuesta D resultó ser la más eficiente, logrando una reducción del 10.60% en la distancia total recorrida, equivalente a 351.25 metros, lo que mejora significativamente el flujo de trabajo. Esta propuesta, con un costo de $ 3000.16 para la optimización operativa y productiva de la planta.

Palabras clave: Tisanas, redistribución, SLP, eficiencia operativa

ABSTRACT

This study deals with the plant redistribution in Jambi Kiwa, a company dedicated to the production and commercialization of aromatic and medicinal herbal teas. Key aspects such as process design, micro-location of the facility and functional configuration were considered. In addition, the operations for obtaining the herbal teas, the distance traveled by the collaborators and the flow of activities in each production area were analyzed.

The optimal redistribution combined batch and product distribution. The Systematic Layout Planning (SLP) method was used to establish relationships and priorities between areas, minimizing distances traveled. In addition, the Guerchet Method was used to determine the areas required at each work center. Corelap 01 software helped to identify the ideal layout of the areas, prioritizing the areas of closest proximity.

Using these criteria, a layout was designed to maximize operational efficiency and improve overall productivity, and four proposals were developed. To select the best option, a load-distance analysis was performed, evaluating the efficiency of each layout in terms of proximity and material flow. FlexSim software was also used to simulate and validate the proposals, ensuring workflow optimization.

Proposal D turned out to be the most efficient, achieving a 10.60% reduction in the total distance traveled, equivalent to 351.25 meters, which significantly improves the work flow. This proposal, with a cost of $ 3000.16 for the operational and productive optimization of the plant.

Key words: Tisanes, redistribution, SLP, operational efficiency.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA

1.1.1 Planteamiento del problema

El estudio de distribución de instalaciones no ha tenido gran acogida en las empresas, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMES). En este aspecto, Latinoamérica no ha cambiado desde los años 50, por lo que en el año 2019 se desarrollaron reuniones entre empresas de América Latina con el fin de promover la eficiencia de las estructuras y atraer inversionistas extranjeros [1].

En empresas colombianas se han desarrollado estudios para demostrar que pueden operar eficazmente, producir artículos de excelente calidad y mantener costos bajos al incorporar sistemas físicos que optimizan la disposición de maquinaria, materiales, divisiones, puestos de trabajo, zonas de almacenamiento y espacios compartidos [2]. Sin embargo, las empresas cuyos procesos generan polvo tienen limitaciones para tener simultaneidad entre los procesos productivos, lo cual causa retrasos por tiempos muertos en el área de fabricación [3].

Para lo cual, las empresas que no tienen una buena distribución de planta tienen deficiencias en el flujo de material, al tener áreas que están juntas y deben estar separadas o viceversa, dificultades con el espacio de almacenamiento, deficiencia en el trabajo, desplazamientos no esenciales, entre otros. Por consiguiente, se generan riesgos innecesarios al no considerar los requerimientos de seguridad industrial con respecto a espacios y disposiciones de los materiales y productos [4].

Desafortunadamente, en las empresas ecuatorianas los problemas relacionados con el transporte y traslado de personal que no están definidas generan más costos y perdidas y son más complejos de resolver [5]. Esto se debe a que es complicado encontrar la disposición y utilización de recursos de forma más eficiente y organizar los procesos

considerando la logística interna, las áreas disponibles y el volumen de producción semanal [4].

Por ende, el diseño de las instalaciones a nivel nacional se ha convertido en un desafío complejo debido a los problemas relacionados con el tamaño y configuración de las áreas y a la sobre manipulación de materiales [6]. La disposición de instalaciones se ve limitada por criterios u objetivos y restricciones como la forma, tamaño, orientación o punto de carga/descarga en las instalaciones [7].

La empresa Jambi Kiwa creada por una asociación de mujeres, que en su mayoría son indígenas, se dedica a la producción y comercialización de tisanas aromáticas. Esta empresa logró establecerse en el mercado gracias a las capacitaciones que brindan a su personal, referente a la implementación de agroforestal con plantas nativas y el uso sostenible del agua. Esta estrategia ha permitido que la producción mejore su calidad y aumente la producción de las plantas.

La falta de un rediseño de planta en la empresa Jambi Kiwa se ha convertido en un obstáculo significativo para su objetivo de mantenerse competitiva y renovarse en el mercado. La ausencia de actualización de planos genera confusiones en la disposición de las instalaciones, dificulta la eficiencia en la línea de producción y la gestión logística interna. Además, la presencia de máquinas obsoletas ocupa un espacio valioso en las instalaciones, generando costos innecesarios de mantenimiento y limitando las oportunidades para una disposición más eficiente de la planta. Abordar esta situación se vuelve imperativo para que la empresa logre una renovación efectiva, optimice sus procesos y se posicione estratégicamente en el mercado.

1.2 Antecedentes investigativos

El análisis del mercado y los hallazgos de investigaciones realizadas señalan un notable aumento en el consumo de bebidas aromáticas, infusiones y té tanto a nivel nacional como internacional. Tafur y Rodríguez señalan que el, incremento de la demanda se debe al creciente interés de las personas en consumir productos que les brinden propiedades beneficiosas para su salud. Entonces, se mejora la eficacia del proceso productivo, al analizar variables como las unidades que entran y salen, los

tiempos de espera promedio y la utilización de recursos. Este análisis permite comparar el porcentaje de productos terminados del sistema actual con una distribución propuesta [8].

También, Hernández en su estudio de redistribución de una planta determino que la productividad aumento un 55% y que se obtuvieron mejoras significativas en el bienestar del personal operativo al reconfigurar su forma de trabajo. Esta transformación no solo incrementa la eficiencia, sino que guía la operación hacia la excelencia. Al identificar el punto de partida del proceso y, a partir de ello, establecer un flujo que se sincroniza con la demanda, se logra una optimización que beneficia a toda la empresa [9].

Asimismo, Chumacero y Hernández resaltan la importancia de la estandarización de los procesos operacionales y la redistribución de la planta de producción en la búsqueda de una secuencia óptima y eficiente en las operaciones industriales. Al reorganizar la disposición de las máquinas, estaciones de trabajo y áreas de almacenamiento, es posible minimizar tiempos de transporte innecesarios, reducir los cuellos de botella y mejorar el flujo de trabajo. Esto, a su vez, reduce los tiempos de ciclo y aumenta la capacidad de producción [10].

De la misma forma, Aguirre y Ticona destacan que al diseñar la planta de producción de manera específica para un producto o grupo de productos afines, se facilita significativamente el flujo de materiales y productos en proceso. Esta eficiente disposición reduce los movimientos innecesarios y los tiempos de transporte, lo que a su vez disminuye los posibles cuellos de botella y tiempos de espera, permitiendo que la producción fluya sin interrupciones [11].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Sector de plantas aromáticas, medicinales y sus derivados

Este sector tiene un papel significativo en el desarrollo socioeconómico del país, por la iniciativa tomada por comunidades rurales, campesinos y áreas marginadas, destacando las mujeres. Estas comunidades han aplicado conocimientos ancestrales

para utilizar estas plantas como alternativas naturales a los medicamentos convencionales [12].

1.3.2 Tisana e infusiones

Las tisanas o tés herbales consisten en mezclas de hierbas y flores sin restricción de especies, requiriendo un reposo de 10 a 15 minutos en agua hirviendo para liberar sus propiedades. Por otro lado, la infusión se refiere al proceso de preparación que va más allá del contenido de la bebida, obteniéndose mediante el reposo de hojas, flores, tallos o semillas en agua caliente sin que llegue a hervir. Estas son las representaciones forma más ancestral, sencilla y popular de preparar y consumir plantas medicinales con propósitos preventivos, paliativos y terapéuticos [13].

1.3.3 Distribución de planta

Reubica los espacios necesarios y la disposición de recursos dentro de la planta, para optimizar la eficiencia operativa y alcanzar los objetivos de la organización. Una deficiente distribución de instalaciones no solo afecta a los costos operativos, sino que influye en la satisfacción del cliente. Este enfoque busca responder preguntas cruciales relacionadas con el desempeño operativo y el logro de metas organizativas [14].

El análisis de la distribución de instalaciones suele hacerse en dos fases como se muestra en la Figura 1. La primera fase abarca la identificación y disposición de los espacios dentro de la planta o instalaciones operativas. En cambio, la segunda fase se centra en la distribución de los procesos de producción y los recursos necesarios en cada uno de esos espacios [14].

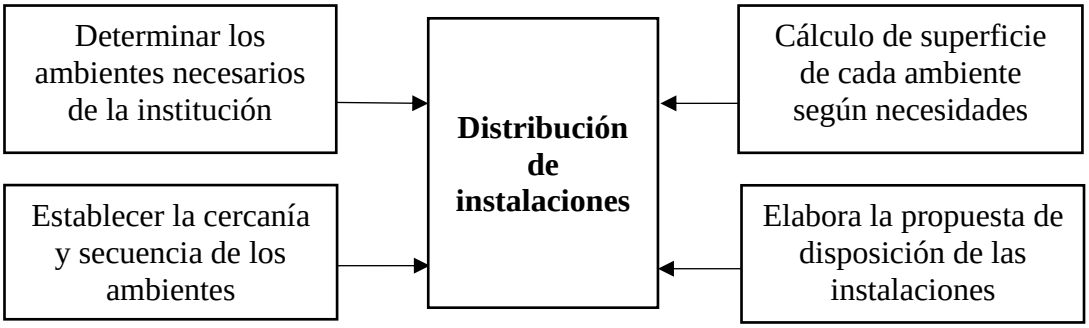


Figura 1. Momentos de la distribución de instalaciones [14]

1.3.4 Elementos de la distribución de instalaciones

Los componentes de la distribución de instalaciones son aquellos que establecen la configuración, disposición y movimiento de recursos dentro de la planta. Estos elementos incluyen:

a. Requerimientos de espacios

Los requisitos de espacio surgen de las diversas actividades ejecutadas en el proceso de producción, utilizando recursos que incluyen infraestructura, equipos, servicios auxiliares, materiales de trabajo y personal de planta. Es esencial detallar las funciones, superficies necesarias y dimensiones recomendadas para cada área de trabajo, asegurándose de cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas con ventilación, iluminación, normas de seguridad, temperaturas de operación y otros aspectos relevantes. Asimismo, se vuelve imperativo establecer los requisitos para las áreas interiores, definiendo tipos de suelos, materiales de paredes y la estructura de los techos [14].

b. Flujo del proceso de producción

La representación detallada del desplazamiento de recursos en cada área de trabajo durante la ejecución de las operaciones en el proceso de producción se presenta a través de diagramas interrelacionados como el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) o el Diagrama de Flujo del Proceso (DFP) y el Diagrama de Recorrido del Proceso (DRP). Estos diagramas facilitan la revisión de las operaciones del proceso para identificar la forma en que los recursos ingresan al sistema y aseguran que el flujo se desarrolle de manera ininterrumpida, evitando cruces que puedan comprometer la eficiencia de las operaciones [14].

c. Micro localización de la instalación

La disposición de las instalaciones se determina mediante la selección del tipo de proceso de producción y la micro localización de la planta, que implica la demarcación específica del terreno para la construcción. En el caso de arrendamiento de espacios,

la disposición de las instalaciones se ve condicionada por la distribución ya existente en el inmueble destinado para albergar la planta. [14].

1.3.5 Diseño del proceso: análisis del flujo de trabajo

Se enfoca en la selección de habilidades humanas, materias primas y equipos alineados con la estrategia y la capacidad de la empresa para adquirir recursos. Implica tomar decisiones sobre qué operaciones serán llevadas a cabo por personas y máquinas, así como la manera en que ambas se emplean de manera conjunta. Estas decisiones deben abordarse en situaciones [15] como:

- Cambios en las prioridades competitivas
- Variaciones en el volumen de demanda de bienes o servicios
- Inadecuado rendimiento actual del sistema
- Componentes que logran mejores resultados mediante un proceso diferente o con la aparición de una nueva tecnología disponible.
- Modificaciones en el costo o la disponibilidad de los insumos

1.3.6 Principio de manejo de material

Las actividades relacionadas con el movimiento de materiales en las líneas de producción deben integrarse, desde la recepción e inspección hasta la separación, la producción, el ensamblaje, el empaque, la unificación, la selección de pedidos y la manipulación de los productos terminados. En este contexto, los 10 principios fundamentales de la gestión de materiales tienen como objetivo reducir costos y aumentar la productividad en la planta [16].

a. Principio de planificación

La gestión de materiales debe definir claramente las necesidades, objetivos y especificaciones funcionales de los métodos propuestos.

b. Principio de estandarización

Los métodos, equipos, controles y software en la gestión de materiales deben estandarizarse dentro de límites que logren los objetivos globales de rendimiento, manteniendo la flexibilidad, modularidad y producción.

c. Principio de trabajo

Se debe minimizar el manejo de materiales sin comprometer la productividad o el nivel necesario de operación.

d. Principio de ergonomía

Se deben reconocer las capacidades y limitaciones humanas para garantizar operaciones seguras y efectivas en la gestión de materiales.

e. Principio de carga unitaria

Las cargas unitarias deben tener el tamaño adecuado y flujo de material adecuado para que cumplan con los objetivos de inventario en cada etapa de la cadena de suministro.

f. Principio de utilización del espacio

El uso efectivo y eficiente del espacio disponible en la gestión de materiales

g. Principio del sistema

Las actividades relacionadas con el movimiento y almacenamiento de materiales deben integrarse para formar un sistema operativo.

h. Principio de automatización

De ser posible se debe automatizar las operaciones de manejo de materiales para mejorar la eficiencia operativa, mejorar la consistencia y previsibilidad, y reducir los costos operativos.

i. Principio ambiental

Se debe considerar el impacto ambiental y el consumo de energía al seleccionar equipos para el manejo de materiales.

j. Principio del costo

La comparación económica de las soluciones opcionales en equipos y métodos debe basarse en la efectividad económica, medida por el gasto por unidad manejada.

1.3.7 Tipos de configuraciones productivas

La empresa debe desarrollar una estrategia para convertir sus recursos productivos en bienes y servicios que cumplan con los requisitos de los clientes, respetando las restricciones financieras y directivas. Esto implica asegurar una producción constante y consistente, considerando los límites impuestos por la situación financiera y las políticas de la empresa. En la Tabla 1 se muestra como el grado de continuidad en la obtención de productos influye en la configuración de la productividad [15].

Tabla 1. Características de los tipos de configuraciones productivas [15]

Configuración	Variedad de productos	Volumen de productos	Trabajadores	Máquinas	Flujo de trabajo
Proyecto	Total (a medida)	Uno	Muy cualificados	Uso general	Estático
Funcional	Media	Bajo	Cualificados	Uso general	Funcional
Línea	Baja	Alta	Especializados	Específicas	Secuencial
Continua	Muy baja	Muy alta	Muy especializados	Muy específicas	Secuencial

a. Configuración por proyecto

En la Figura 2 se describe la configuración mediante proyecto o posición fija, la misma que implica que el proceso de producción se desplaza al sitio donde se utilizará o colocará el producto, algunas ventajas y desventajas se observa en la Tabla 2.

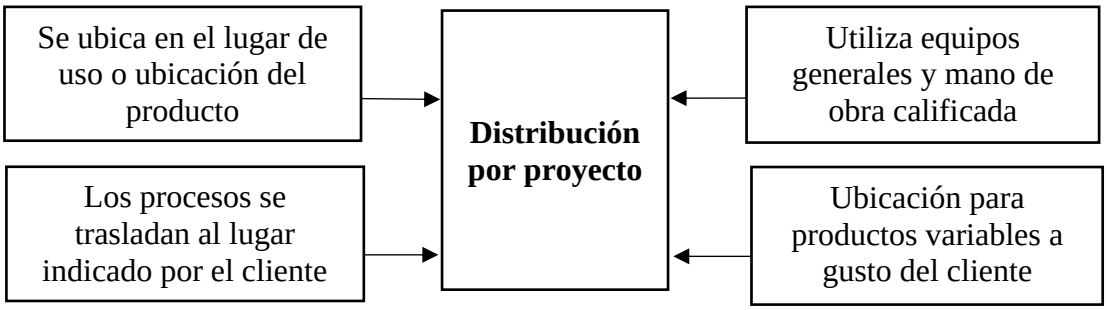


Figura 2. Distribución por proyecto [14]

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la distribución por proyecto o posición fija [16]

Ventajas	Desventajas
• Optimización de movimientos de la pieza principal. • Adaptabilidad a una amplia variedad de productos y demandas intermitentes. • Libertad de planificación de trabajos sin considerar la distribución de planta. • Alta flexibilidad para cambios de diseño, secuencia de productos y demandas intermitentes.	• Limitación en la flexibilidad de los tiempos de fabricación. • Excesiva ocupación de espacio • Producción de un bajo número de unidades • Inversión elevada con equipos específicos y difíciles de mover. • Predominio de operaciones manuales • Necesidad de inversión elevada en equipos específicos y monotonía laboral.

b. Configuración funcional

La distribución se realiza mediante la agrupación de recursos, equipos, materiales y personal que desempeña actividades similares, puede ser por centros de trabajo o procesos de producción, en la Figura 3 se detalla más en que consiste este tipo de distribución. También, esta configuración utiliza equipos de bajo costo y la mano de obra especializada, se pueden observar más ventajas y desventajas en la Tabla 3.

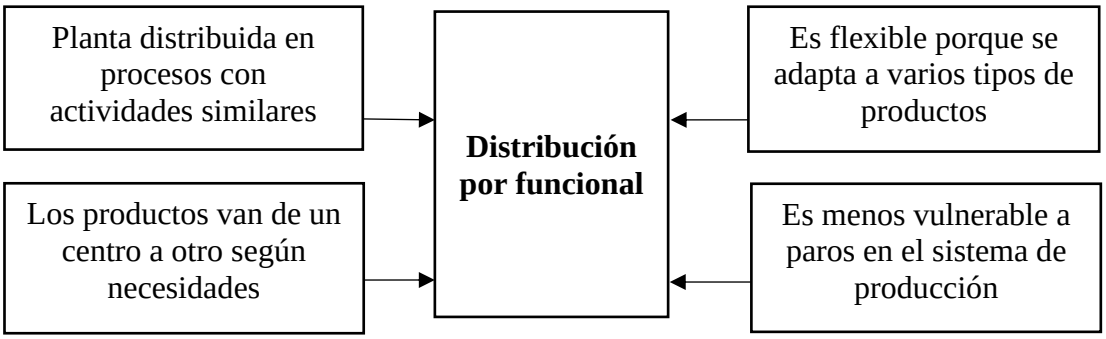


Figura 3. Distribución por funcional

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la distribución por funcional [16]

Ventajas	Desventajas
• Mayor utilización de máquinas que requiere menor inversión. • Adaptabilidad a una variedad de productos y cambios frecuentes en la secuencia de operaciones. • Adecuada para demanda intermitente y variaciones en el plan de producción. • Supervisión efectiva • Facilita la continuidad de la producción en caso de diversas contingencias.	• Gran cantidad de stock en el proceso de producción • Mayor área requerida • Necesidad de colaboradores con habilidades • Desconexión entre procesos generando incremento en el tiempo de producción. • Necesidad de inspección más frecuente • Mayor manipulación de los materiales • Complejidad en la planeación y control de producción. • Dificulta para detectar causas de ineficiencia entre los factores de producción.

c. Configuración en línea

En la disposición en línea o por producto, se planifican de manera secuencial las actividades o estaciones de trabajo necesarias para la fabricación de un tipo específico de producto, comúnmente en volúmenes considerables, más información de este tipo de distribución se muestra en la Figura 4. En la Tabla 4 se pueden apreciar tanto los beneficios como las limitaciones de esta configuración.

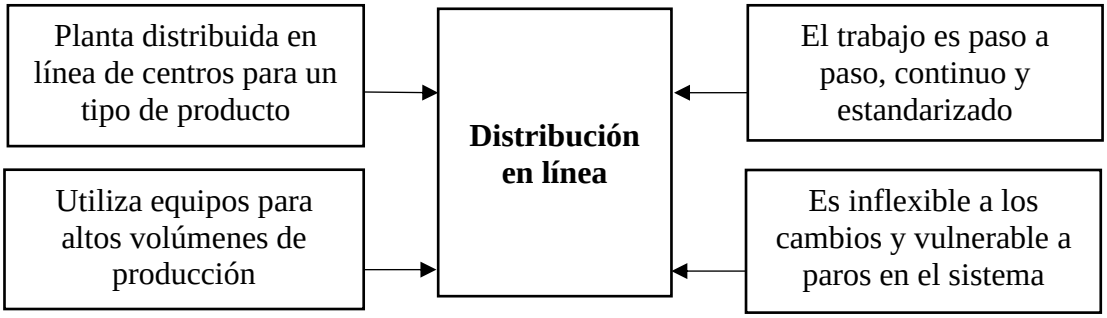


Figura 4. Distribución en línea o por producto [14]

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la distribución por línea [16]

Ventajas	Desventajas
• Reducción de la manipulación del material • Reducción del tiempo de fabricación y menor inversión en materiales. • Mayor especialización y entrenamiento del operario. • Reducción de congestión y superficie necesaria para almacenaje y pasillos. • Reducción del espacio de fabricación, tiempo de producción y stock.	• Inversión inicial elevada • Costo fijo elevado • Vulnerabilidad de la línea de producción • Inflexibilidad ante variaciones cualitativas y cuantitativas de la demanda. • Una falla en una máquina afecta a la continuidad de la producción. • Tareas repetitivas que pueden generar desmotivación en los trabajadores.

d. Configuración continua

La distribución de la planta se estructura en zonas de trabajo o células, donde cada célula se dedica a la fabricación de un tipo específico de producto, abarcando todos sus procesos. Se incorpora la infraestructura, equipos, personal, materiales y servicios necesarios para la producción de productos similares, la Figura 5 detalla más información sobre este tipo de configuración. La Tabla 5 muestra tanto los aspectos positivos como los negativos de la configuración continua.

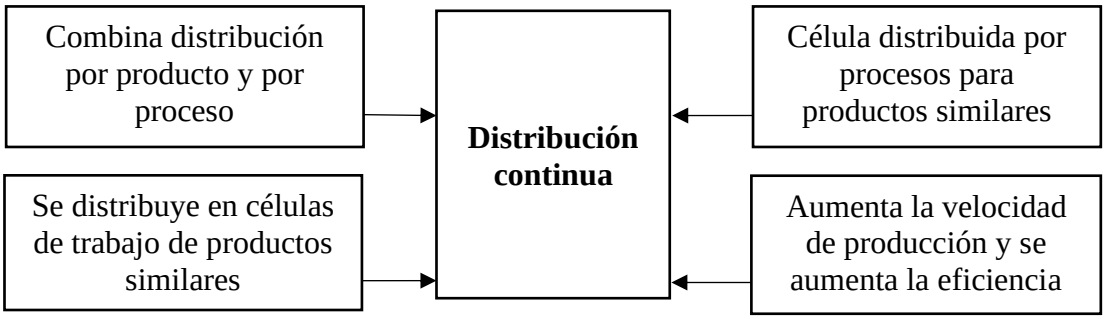


Figura 5. Distribución continua o por células [14]

Tabla 5. Ventajas y desventajas de la distribución continua [17]

Ventajas	Desventajas
• Cambios de maquinarias más sencillos • Reducción del tiempo de capacitación de los trabajadores • Costo reducido de la manipulación de materiales. • Se facilita y agilita la fabricación de componentes • Menor dependencia de técnicas de distribución costosas	• La integración y coordinación entre células es complicada • Los costos iniciales son elevados • Se genera duplicidad de recursos

1.3.8 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una metodología precisa que permite calcular con exactitud la duración de procesos o actividades específicas. Este análisis se lleva a cabo mediante la observación directa y cronometrada, registrando cuidadosamente los datos en un formulario o tablero de observaciones. El número de observaciones se determina según estándares establecidos o según el tiempo de ciclo requerido. Esta técnica proporciona

una visión detallada de cómo se desarrollan las tareas, lo que permite identificar oportunidades de mejora y optimización en los procesos empresariales [18].

a. Número de observaciones

El número de observaciones cronometradas varía según las actividades específicas realizadas por el operador o el proceso en cuestión. Se determina inicialmente un tiempo promedio a partir de una observación preliminar, utilizando el criterio de General Electric como se muestras en la Tabla 6. Este criterio proporciona una estimación aproximada del número de observaciones requeridas en función del ciclo de tiempo en minutos: a mayor número de observaciones, mayor precisión en el tiempo estimado.

Tabla 6. Número de ciclos a cronometrar según General Electric [19]

Tiempo de ciclo en (min)	Número de observaciones
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2 – 5	15
5 – 10	10
10 – 20	8
20 – 40	5
40 o más	3

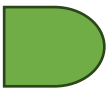
b. Diagrama de proceso de operaciones

Los diagramas de proceso de operaciones son herramientas visuales que ofrecen un esquema gráfico detallado de cada paso llevado a cabo en una actividad específica. Su principal función es describir de manera cronológica y estandarizada toda la información relevante de la línea de producción, incluyendo la distancia recorrida, la cantidad de productos generados y el tiempo empleado en cada actividad realizada por los operadores [20].

Estos diagramas utilizan una variedad de símbolos que representan acciones dentro del proceso productivo, los cuales están interconectados mediante líneas que establecen una secuencia ordenada. Esta representación visual facilita el análisis de los procesos,

permitiendo identificar y corregir posibles fallas de manera más eficiente [20]. Además, al proporcionar una visión clara y detallada de las operaciones, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Simbología ASME para los diagramas de procedimiento [21]

Símbolo	Acción	Descripción
	Operación	Indica el inicio de un proceso, procedimiento u operación específica dentro del flujo de trabajo. Es el punto de partida para una actividad determinada.
	Transporte	Señala el movimiento físico de materiales, operadores o recursos de un lugar a otro dentro del proceso. También, indica el transporte de materias primas, productos semielaborados o productos terminados.
	Inspección	Representa la fase en la que se lleva a cabo una revisión de calidad del producto para verificar su conformidad con los estándares establecidos.
	Demora	Representa esperas transitorias o pausas en las actividades del proceso. Estas demoras pueden ser por espera de materiales, la disponibilidad de equipos o la programación de tareas.
	Almacenamiento	Indica el almacenamiento temporal de productos, materiales o recursos que se utilizan en el proceso productivo.

c. Cursograma analítico

El cursograma analítico es una herramienta gráfica que representa de manera visual y simbólica las rutinas o procedimientos administrativos. Este diagrama muestra la secuencia de actividades o acciones realizadas por el personal o los materiales desde el inicio hasta la obtención del producto final. También, identifica de manera sistemática y ordenada los posibles errores, demoras, traslados o inspecciones que pueden ocurrir durante el proceso. El cursograma proporciona una visión clara y completa de las operaciones, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y la optimización de los procedimientos administrativos [22].

d. Valores del índice de desempeño

El factor de desempeño describe el nivel de eficiencia de un operario, debidamente capacitado y entrenado, realiza sus tareas. Se espera que el operario sea capaz de regular sus horas de trabajo manteniendo un ritmo adecuado, evitando concluir el día

con un rendimiento deficiente. El método Westinghouse es ampliamente utilizado en la industria para llevar a cabo estudios de tiempos al considerar cuatro aspectos fundamentales [23]:

- **Habilidad:** Se refiere a la capacidad del operario para seguir un método predefinido en la ejecución de sus tareas.

- **Esfuerzo:** Representa la voluntad del operario para llevar a cabo sus actividades a un ritmo adecuado y con determinación.

- **Condiciones**: Hace referencia al entorno físico en el que el operario realiza su trabajo, incluyendo factores como la ventilación, iluminación, temperatura y nivel de ruido, los cuales pueden afectar su desempeño.

- **Consistencia**: Se refiere a la capacidad del operario para mantener una atención constante y ejecutar una actividad sin perder la concentración.

El método Westinghouse establece una calificación de desempeño del operario, lo que permite identificar áreas de mejora y optimización en el proceso de trabajo como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Factor desempeño Westinghouse [23]

Factor desempeño Westinghouse						
	HABILIDAD			**ESFUERZO**		
(+)	0.15	A1	Externa	0.13	A1	Externa
(+)	0.13	A2	Externa	0.12	A2	Externa
(+)	0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
(+)	0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
(+)	0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
(+)	0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
	0	D	Regular	0	D	Regular
(-)	0.05	E1	Aceptable	0.04	E1	Aceptable
(-)	0.1	E2	Aceptable	0.08	E2	Aceptable
(-)	0.16	F1	Deficiente	0.12	F1	Deficiente
(-)	0.22	F2	Deficiente	0.17	F2	Deficiente
	CONDICIONES			**CONSISTENCIA**		
(+)	0.06	A	Ideales	0.04	A	Ideales
(+)	0.04	B	Excelente	0.03	B	Excelente
(+)	0.02	C	Bueno	0.01	C	Bueno
	0	D	Regular	0	D	Regular
(-)	0.03	E	Aceptable	0.02	E	Aceptable
(-)	0.07	F	Deficiente	0.04	F	Deficiente

e. Suplementos de trabajo

El tiempo extra estimado se refiere al tiempo adicional que se asigna a los trabajadores del área de producción para que puedan cumplir con las necesidades operativas y mantener un ritmo de trabajo adecuado. Estos valores estimados se basan en consideraciones que garantizan un manejo apropiado de las condiciones laborales. La tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), mostrada en la Tabla 9, proporciona valores de referencia para este propósito [23].

Tabla 9. Suplementos de trabajo según la OIT [23]

Suplementos constantes					
				H	**M**
A. Por necesidades personales				5	7
B. Por fatiga				4	4
Suplementos variables					
	H	**M**		**H**	**M**
A. Por trabajar de pie	2	4	**F. Concentración intensa**		
B. Por postura normal			• Cierta concentración	0	0
• Ligeramente incomoda	0	1	• Precisos o fatigosos	2	2
• Incomoda (inclinado)	2	3	• De gran precisión	5	5
• Echado estirado	7	7	**G. Ruido**		
C. Uso de energía / fuerza muscular			• Continuo	0	0
Levantar, tirar, empujar (kg)			• Intermitente y fuerte	2	2
• 2.5	0	1	• Intermitente y muy fuerte	5	5
• 5	1	2	• Estridente y fuerte	7	7
• 10	3	4	**H. Tensión mental**		
• 25	9	20	• Proceso bastante complejo	1	1
• 35.5	22	-	• Proceso complejo dividido entre muchos objetos	4	4
D. Mala iluminación			• Muy complejo	8	8
• Debajo potencia calculada	0	0	**I. Monotonía**		
• Bastante debajo	2	2	• Algo monótono	0	0
• Absolutamente insuficiente	5	5	• Bastante monótono	1	1
E. Condiciones atmosféricas			• Muy monótono	4	4
Índice de enfriamiento			**J. Tedio**		
• 16	0	0	• Algo aburrido	0	0
• 8	10	10	• Bastante aburrido	2	1
• 4	45	45	• Muy aburrido	5	2
• 2	100	100			

1.3.9 Metodologías utilizadas en el diseño de plantas

a. Método de Guerchet

El objetivo de este método es calcular con precisión la superficie necesaria para cada ambiente, lo cual se realizará teniendo en cuenta los elementos estáticos y dinámicos asociados a ese ambiente. Este método considera tres tipos de áreas: el área estática, el área gravitacional y el área de circulación [14]. En la Tabla 10 se encuentran las fórmulas necesarias para determinar la superficie total.

$$\boldsymbol{S_t = S_s + S_g + S_e} \qquad (1)$$

Donde:

Ss: Superficie estática

Sg: Superficie gravitacional

Se: Superficie de evolución

St: Superficie total de un elemento

Tabla 10. Fórmulas de los tipos de áreas [14]

Tipo de área	Formula	Ecuación
Superficie estática ($\boldsymbol{S_s}$)	$\boldsymbol{S_s = Largo\ x\ Ancho}$	(2)
Superficie gravitacional ($\boldsymbol{S_g}$)	$\boldsymbol{S_g = N\text{ú}mero\ de\ lados\ x\ S_s}$	(3)
Superficie de evolución ($\boldsymbol{S_e}$)	$\boldsymbol{S_e = (S_s + S_g)\ x\ K}$	(4)
	$\boldsymbol{k = \frac{h\ x\ (elementos\ que\ se\ desplazan)}{2\ x\ h\ x\ (elementos\ que\ no\ se\ desplazan)}}$	(5)
Superficie total por tipo de elemento ($\boldsymbol{S_T}$)	$\boldsymbol{S_T = Cantidad\ de\ elementos\ x\ (S_t)}$	(6)

b. Systematic Layout Planning (SLP)

La distribución de las instalaciones incluye variables relacionadas con los tipos de productos, tipos de proceso y la capacidad instalada de la organización. La distribución general de las instalaciones optimiza lo costos de producción mediante el adecuado flujo de las operaciones del proceso, de los materiales y con alta eficiencia de la mano de obra directa [14]. La distribución de planta general comprende cuatro etapas [24]:

- ***Fase I: Localización.*** Se define el área donde se llevará a cabo la distribución de la planta. Esta área no necesariamente tiene que ser una instalación completamente nueva, sino que también puede tratarse de un espacio existente que requiere una replanificación debido a cambios o disponibilidad de espacio.
- ***Fase II: Planteamiento General.*** Se realiza un análisis integral de la totalidad de la superficie que se va a distribuir. Se examinan los diferentes departamentos, los recorridos del material, los puestos de trabajo y la maquinaria y equipos presentes para obtener una visión global del diseño.
- ***Fase III: Planteamiento Detallado.*** Se lleva a cabo la determinación específica de la disposición física de cada elemento, como máquinas y equipos, en las áreas previamente planificadas.
- ***Fase IV: Instalación.*** Implementación física del diseño, incluyendo movimientos y ajustes necesarios, abarcando la preparación de la instalación para lograr la distribución detallada acorde a lo planificado originalmente.

Los parámetros para la selección de la distribución de planta incluyen diferentes enfoques de redistribución. Uno de estos enfoques es el análisis de relaciones, el cual implica considerar los aspectos necesarios para establecer interacciones efectivas entre los espacios de trabajo. En este método, se identifican y priorizan los puntos clave que influyen en el flujo de trabajo, ordenándolos según su importancia, desde los más críticos hasta los menos relevantes. La Tabla 11 proporciona una visión detallada de estos puntos relacionados con el manejo del flujo de trabajo.

Tabla 11. Fuentes que influyen en la gestión y organización de la planta [25]

Fuente de información	Relación
Flujo de proceso	Se centra en la secuencia de los procesos existentes dentro de la planta, garantizando una ordenación eficiente y lógica.
Análisis funcional	Considera la dirección que sigue el proceso durante su elaboración, lo que permite comprender cómo se lleva a cabo cada etapa del proceso.
Gestión de procesos	Examina la interacción entre los procesos de la planta de producción, buscando optimizar la coordinación y la eficiencia entre ellos.
Sistema de gestión ambiental	Se enfoca en los principios de las 4R (Reducir, Reutilizar, Reciclar, y Recuperar), para minimizar el impacto ambiental de las operaciones.
Sistema de seguridad	Evalúa las condiciones del espacio de trabajo con respecto a la seguridad y comodidad del operario, asegurando un entorno laboral adecuado.

El código de proximidades implica la creación de pares ordenados que reflejen la relación y la importancia entre los diferentes procesos dentro de una línea de producción. Este enfoque se basa en identificar los puntos críticos en función de la relación de un proceso específico, particularmente en un modelo de producción en serie. La Tabla 12 presenta la relevancia de acuerdo con un estándar internacionalizado.

Tabla 12. Código de proximidades [25]

Código	Proximidad	Color	Número de líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	4
E	Especialmente importante	Amarillo	3
I	Importante	Verde	2
O	Normal	Azul	1
U	Sin importancia	-	-
X	No deseable	Plomo	1 zigzag

1.3.10 Análisis de recorrido de los materiales

El análisis de recorrido de los materiales es un diseño esquemático de la distribución de una planta, representado en un plano bidimensional o tridimensional a escala. Este diagrama ilustra de manera precisa la ubicación y secuencia de todas las actividades. Para llevar a cabo este análisis, se parte del plano de la planta y se detallan todas las actividades realizadas en cada área vinculada a los procesos de producción. Este procedimiento facilita la identificación de posibles cruces de líneas entre los distintos departamentos, permitiendo una evaluación detallada de la eficiencia en el flujo de materiales dentro de la instalación [14].

1.3.11 Software FlexSim

FlexSim es una herramienta de simulación que permite a los usuarios analizar los casos de estudio de interés específico. Esta herramienta facilita la identificación de patrones de comportamiento, defectos y otros aspectos críticos dentro de un sistema. FlexSim opera mediante la simulación de eventos discretos, lo que permite un análisis detallado de estos eventos en el momento exacto en que ocurren. Además, el software cuenta con un reloj interno ajustable, que permite establecer y controlar el tiempo necesario

para la ejecución de la simulación, ofreciendo flexibilidad y precisión en el análisis temporal de los procesos [26].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una redistribución de planta para la empresa Jambi Kiwa

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de la empresa y sus instalaciones
- Establecer la metodología adecuada de redistribución de planta con base a las necesidades de producción de la empresa Jambi Kiwa.
- Realizar una propuesta de reorganización de las instalaciones de la empresa Jambi Kiwa que sea viable y ejecutable en la práctica.
- Aportar con los hallazgos obtenidos al proyecto de investigación denominado "Enhancing the Agrifood Supply Chain towards Industry 5.0 (AGRO5) in the Ecuadorian Andes" mediante la Resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0281-R.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

La Tabla 13 enumera los materiales esenciales para la realización del proyecto de investigación, acompañados de una representación gráfica que ilustra su función en el trabajo. Cada material se ha seleccionado cuidadosamente según su contribución específica al proyecto, garantizando un proceso de investigación integral y exitoso.

Tabla 13. Materiales para llevar a cabo el proyecto de investigación

Material	Figura	Utilidad
AutoCAD		Esencial para el diseño y la modificación de planos arquitectónicos y de ingeniería. Permite visualizar las nuevas distribuciones de espacio y realizar ajustes precisos.
FlexSim Model 2024		Útil para la simulación de procesos. Ayuda a modelar, analizar y mejorar los flujos de trabajo y la logística interna de la empresa.
Computadora portátil		Herramienta fundamental para el trabajo de campo y de oficina. Permite llevar a cabo el diseño, la redacción del documento, análisis de datos y presentaciones.
Celular inteligente		Puede usarse para comunicarse con el equipo de trabajo, fotografías rápidas de las instalaciones y acceder a documentos en la nube.
Cronómetro		Importante para medir tiempos de procesos y actividades, lo cual es clave para la optimización de operaciones.
Cinta métrica		Permite obtener medidas exactas de las áreas y espacios dentro de las instalaciones, asegurando que la redistribución se ajuste a las dimensiones reales.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

La investigación adopta la metodología de proyecto de investigación y desarrollo, esta elección aplica y pone en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial. El objetivo primordial es abordar de forma teórica y práctica, los desafíos actuales en la distribución de instalaciones de la empresa Jambi Kiwa.

a. Investigación bibliográfica – documental

La elección de esta investigación se fundamenta en la necesidad de realizar una búsqueda de información válida y actualizada sobre el tema establecido. Para ello, se recurrió a diversas fuentes como artículos científicos, libros y tesis, lo que permitió profundizar la investigación para el desarrollo del proyecto.

También, se adoptó este tipo de investigación debido a que se busca respaldar los conceptos empleados y se llevó a cabo la documentación detallada de la información recopilada en cada etapa del proceso, contribuyendo así al cuerpo científico y proporcionando respaldo técnico para futuros trabajos en la misma área.

b. Investigación de campo

Tras obtener acceso a la empresa Jambi Kiwa, se recopiló información crucial relacionada con el tema propuesto. El objetivo principal de esta investigación fue identificar los problemas presentes en el área de producción de la empresa y proponer una redistribución, que contribuya a la mejora del proceso productivo.

Para llevar a cabo este estudio, la investigación se realizó dentro de las instalaciones de producción de Jambi Kiwa, abarcando tanto la planta actual como la propuesta de distribución de las instalaciones. A través de visitas programadas, se obtuvo una comprensión detallada de la realidad operativa de la empresa, gracias a la colaboración directa con los miembros del equipo que trabajan en el lugar.

2.2.2 Población y muestra

a. Población

En esta investigación, la población considerada abarcará el personal de la empresa Jambi Kiwa, incluyendo al personal administrativo y al operativo. La población total asciende a cuatro individuos como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Población del objeto de estudio

Áreas	Cargo	Cantidad	Género
Administrativa	Administrador de la empresa	1	Masculino
Operativa	Supervisor/ operario	1	Masculino
	Operarios	1	Masculino
		1	Femenino
Total		4	

b. Muestra

No se requiere seleccionar una muestra, debido a que la población tiene menos de 100 individuos.

2.2.3 Recolección de información

La recopilación de información sobre la redistribución de planta se realizó mediante visitas técnicas a la empresa durante días laborables con jornadas normales, evitando interrumpir en las actividades de los colaboradore de producción. Se aplicaron técnicas como observación directa e inspecciones visual de las áreas de trabajo y los procesos que podrían presentar problemas debido a una distribución inadecuada. Por ende, en la Tabla 15 se muestran las actividades, técnicas, herramientas, equipos y materiales empleados en la recopilación de datos.

Tabla 15. Actividades de recolección de información

Objetivo	Actividades	Técnicas	Herramientas	Equipos / materiales
Determinar el estado actual de la empresa y sus instalaciones.	Realizar visitas a las instalaciones de la empresa.	Observación directa	Lista de verificación	Celular, cuaderno y esfero
	Entrevistar al administrador de la empresa.	Entrevista estructurada	Cuestionario	
	Realizar mediciones de las instalaciones	Medición de instalaciones	Herramientas de medición	Cinta métrica, celular, cuaderno y esfero
	Realizar mediciones de tiempo de las actividades operacionales	Cronometraje de actividades		Cronómetro, celular, cuaderno y esfero
	Realizar una simulación del proceso productivo	Simulación de procesos	Software de simulación	Laptop y software

Objetivo	Actividades	Técnicas	Herramientas	Equipos / materiales
Establecer la metodología adecuada de redistribución de planta con base a las necesidades de producción de la empresa Jambi Kiwa.	Determinar el tipo de configuración de la empresa	Análisis de configuración	Base de datos académicos	Computadora y documentos de las bases de datos
	Realizar una revisión bibliográfica de las metodologías más aplicada para la redistribución de instalaciones	Revisión bibliográfica		
		Comparación de metodologías		
Realizar una propuesta de reorganización de las instalaciones de la empresa Jambi Kiwa que sea viable y ejecutable en la práctica.	Determinar las superficies con la metodología de Guerchet	Metodología de Guerchet.	Hoja de cálculo	Computadora y softwares
	Identificar las relaciones entre áreas con la metodología SLP	SLP (Systematic Layout Planning)	Corelap	
	Seleccionar la propuesta más adecuada según el análisis carga-distancia.	Análisis carga-distancia	AutoCAD	
	Simular la propuesta de redistribución de la empresa.	Simulación de procesos	Software de simulación	
Aportar con los hallazgos obtenidos al proyecto de investigación denominado "Enhancing the Agrifood Supply Chain towards Industry 5.0 (AGRO5) in the Ecuadorian Andes" mediante la Resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0281-R.	Realizar una presentación de los resultados obtenidos	Preparación de presentación	Software de presentación	Computadora y softwares

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Después de recopilar información mediante los instrumentos mencionados, se procedió a analizar y procesar los datos siguiendo los procedimientos establecidos. Este proceso implica una revisión de la información recopilada, aplicando métodos y técnicas específicas para extraer patrones o tendencias.

- Mediante observación directa, se examinó detalladamente la situación actual del proceso de producción de tisana.
- Entrevista al administrador para obtener información adicional y perspectivas sobre el proceso productivo.
- Utilización de herramientas como el registro del proceso, diagramas de operaciones y diagramas de flujo para visualizar y comprender mejor la información.
- Diagrama de recorrido que permita visualizar el flujo de materiales en la instalación y la relación entre áreas.
- Recolección de información de tiempos y distancias recorridas, para utilizarlas en la simulación
- Análisis de los datos para determinar técnicas a emplear en el proyecto de investigación más apropiadas.
- Aplicación de la metodología más adecuada que se adapte a las necesidades de la empresa.
- Implementación de los resultados en un software de simulación con el soporte del marco teórico en cada etapa de la investigación, asegurando la aplicación efectiva de las soluciones propuestas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Información general de la empresa

3.1.1 Reseña histórica

Jambi Kiwa, una organización de productores de hierbas medicinales en Chimborazo, fue fundada por mujeres indígenas con la visión de cultivar, procesar y vender hierbas medicinales y aromáticas. En 1998, recibió el apoyo de la Red Cristiana de Mujeres Rurales para preservar la herencia cultural indígena y el saber milenario andino en el uso de estas plantas.

Desde su legalización en 2001, la organización ha integrado a más de 600 familias de 62 comunidades indígenas en sus operaciones, las mismas que se dividen en cuatro áreas principales: Cumandá, Pallatanga, Alausí y Riobamba, donde se promueve la agricultura orgánica. La cooperativa se ha hecho notar por su amplia gama de más de 65 variedades de hierbas medicinales, autóctonas y foráneas de los Andes, todas cultivadas orgánicamente.

Jambi Kiwa también ha ampliado su catálogo con productos semiprocesados y a granel. Su estrategia de marketing variada ha facilitado la expansión de sus mercados a nivel nacional e internacional, con un enfoque en el comercio ético y la agricultura sostenible.

Además, esta empresa ha mantenido un compromiso firme con el comercio justo, proporcionando empleo constante a sus miembros y ofreciendo formación en el cultivo de especies nativas y la gestión eficiente del agua. Este proyecto ha desempeñado un papel clave en el arraigo de las comunidades a sus territorios ancestrales, contribuyendo significativamente a disminuir el éxodo rural hacia las ciudades.

3.1.2 Información general de la empresa

Jambi Kiwa, una empresa arraigada en Riobamba, Ecuador, ha ganado reconocimiento por su destacada labor en la producción, procesamiento y comercialización de tisanas

aromáticas y medicinales. Su nombre, que en lengua quechua significa "las plantas que curan", encapsula su compromiso con la preservación de la cultura indígena y el conocimiento ancestral. Iniciada por una cooperativa de mujeres, en su mayoría indígenas, quienes cultivan y cosechan estas plantas en pequeñas parcelas cerca de sus hogares. En la Tabla 16 se encuentra la información básica a detalle de la empresa Jambi Kiwa.

Tabla 16. Información general de la empresa

Información y descripción de la empresa Jambi Kiwa	
Logo:	***Razón Social:*** Asociación de Productores de Plantas Medicinales de Chimborazo "Jambi Kiwa" ***Nombre Comercial:*** Jambi Kiwa
R.U.C.: 0691706109001	***Estado del contribuyente en el RUC:*** Activo
Provincia: Chimborazo	***Cantón:*** Riobamba
Parroquia: Yaruquíes	***Dirección principal:*** Principal 19
Categoría Mi PYMES: Micro	***Email:*** jambikiwa2001@gmail.com
Ubicación geográfica: *Coordenadas UTM* Zona: 17M Este: 761159.67mE Norte: 9812968.64mS	

3.1.3 Estructura de la organización Jambi Kiwa

En la Figura 6 se muestra la estructura operacional de Jambi Kiwa se compone de un Consejo Directivo, que lidera la administración y estrategia de la cooperativa, asegurando una gestión eficaz. El Consejo de Vigilancia tiene la tarea de monitorear

el cumplimiento normativo y estatutario por parte de directivos y empleados, garantizando la integridad de las operaciones. El Coordinador de Proyecto se encarga de la planificación y coordinación de las actividades agronómicas, mientras que la Gerencia de Empresa se centra en el análisis y manejo de información económica y de mercado, colaborando estrechamente con los departamentos de contabilidad, ventas, producción y control de calidad.

Este proyecto de investigación se realizó con la colaboración activa de la gerencia y el equipo de producción. La gerencia proporcionó orientación estratégica y apoyo logístico, asegurando que se asignen los recursos necesarios y se cumplan los objetivos del proyecto. Por otro lado, el equipo de producción ofreció su experiencia y conocimiento práctico en el proceso de implementación, facilitando la ejecución efectiva de las actividades propuestas.

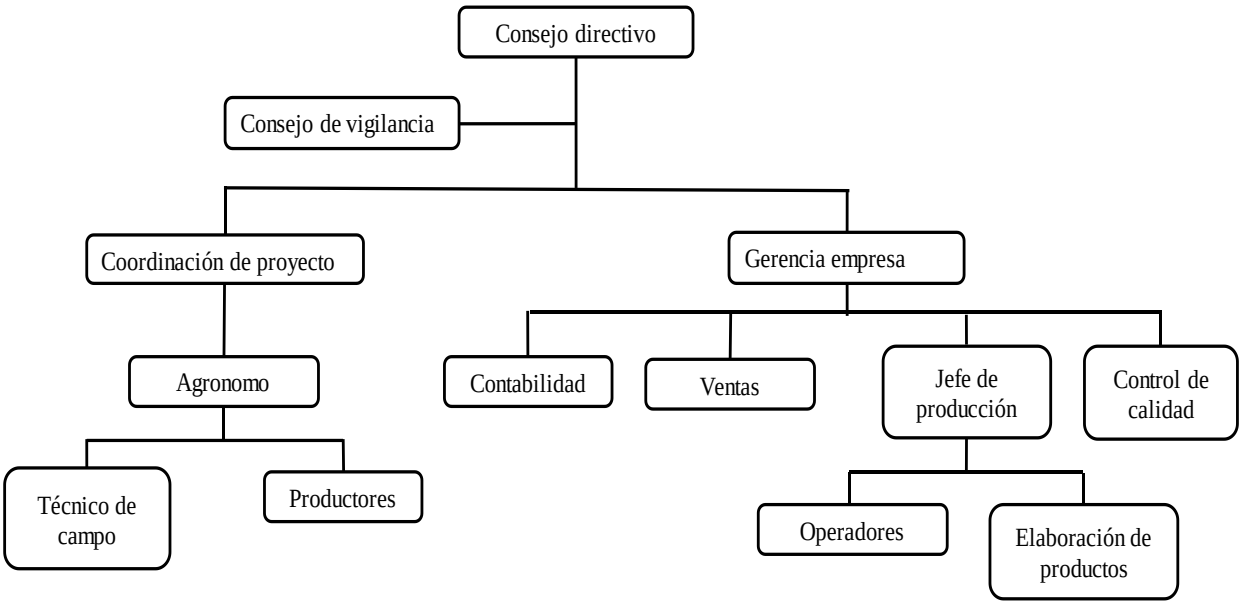


Figura 6. Organización operativa de la organización Jambi Kiwa

3.1.4 Productos ofertados

En la Tabla 17 se presenta a detalle los productos ofrecidos por Jambi Kiwa, destacando las características específicas de cada uno:

Tabla 17. Clases de tisanas que ofrece la empresa Jambi Kiwa

Jambi Kiwa				
Código	**Productos**	**Beneficios**	**Compuestos**	**Figura**
P001	Eucalipment	Sistema inmunológico	Borraja, tilo, tipo, menta piperita, sangorache, flor de izo, eucalipto, hierba luisa.	
P002	Té de la abuela	Sistema inmunológico	Borraja, caballo chupa, cedrón, escancel, hierba buena, hierba luisa, hoja de naranja, llantén, manzanilla, menta, sangorache, toronjil, falso tilo y tipo.	
P003	Te 3 aromas	Sistema nervioso	Menta, tipo, manzanilla.	
P004	Valerianis	Sistema nervioso	Valeriana, toronjil, menta, hoja de naranja, cedrón, manzanilla, orégano y hierba luisa	
P005	Paicomix	Sistema digestivo	Paico, orégano, tomillo, hierba buena, menta, ortiga, alfalfa, malva, hierba luisa, matico y tipo.	
P006	Yanamix	Sistema digestivo	Menta, caballo chupa, orégano, hierba buena, paico, malva y manzanilla	
P007	Bilgramix	Sistema digestivo	Ajenjo, caballo chupa, ortiga, alfalfa, hierba luisa, manzanilla.	
P008	Diumix	Sistema digestivo.	Caballo chupa, ortiga, malva, chanhapiedra, taraxaco, llantén, muelán, menta, calaguala, sangorache, escancel y hierba luisa	
P009	Algemix	Adelgazante	Alcachofa, taraxaco, eneldo, menta, manzanilla, chilca, borraja, ajenjo.	

3.2 Situación actual de la empresa

3.2.1 Entrevista realizada al administrador de la empresa

Con el objetivo de investigar las necesidades actuales de la empresa, se llevó a cabo una visita a sus instalaciones y se entrevistó al administrador. Durante esta interacción, se indagó sobre varios aspectos clave, incluyendo el proceso de producción de tisanas, la disponibilidad de planos actualizados de las instalaciones, el listado de maquinaria utilizada, los productos más vendidos y el historial de cambios en la infraestructura. Aunque se obtuvo información detallada sobre el proceso de producción de tisanas y se accedió a los planos de la empresa, estos últimos carecían de detalles específicos sobre las dimensiones totales o por área. Se identificó que la empresa no ha realizado cambios significativos en su infraestructura desde 2008, y se destacó la necesidad de expansión, aunque se reconoció que este proceso enfrenta desafíos financieros. Para obtener más detalles sobre esta entrevista, se puede consultar el Anexo A.

3.2.2 Áreas del proceso productivo

La Tabla 18 proporciona una descripción concisa de las actividades realizadas en las áreas de producción y almacenaje de la empresa, las cuales son de vital importancia en el proceso de fabricación de tisana. Además, la empresa dispone de bodegas destinadas al almacenamiento de plantas secas, subproductos convencionales e insumos esenciales para la fabricación de este producto. Estas áreas cumplen un rol fundamental al asegurar un flujo de trabajo eficiente y garantizar la calidad y disponibilidad de los materiales necesarios para la producción de tisana. En conjunto, estas instalaciones contribuyen significativamente a mantener un proceso de fabricación óptimo y a satisfacer las demandas del mercado de manera efectiva.

Tabla 18. Descripción de las actividades que se desarrollan encada área

Jambi Kiwa		
Área	**Descripción del proceso**	**Figura**
Recepción de materia prima	El proceso comienza con la llegada de las plantas aromáticas y medicinales a la planta de procesamiento, donde son sometidas a una inspección visual para detectar posibles contaminantes o elementos extraños. Posteriormente, se realiza el registro detallado de las materias primas.	
Área de lavado	Se realiza una limpieza de las plantas destinadas a la fabricación de tisana. Este proceso comienza con la preparación de una solución de desinfectante de grado alimenticio, el cual se agrega 150 ml por cada 10 litros de agua. Posteriormente, las plantas son sumergidas en esta solución y se procede a lavarlas meticulosamente.	
Gavetas limpias	En el área de gavetas limpias, se dispone un espacio dedicado al alojamiento de las gavetas, que a su vez sirve para almacenar las plantas recién lavadas.	
Área de deshidratado	En esta área, las gavetas que contienen las plantas recién lavadas se colocan para que reposen durante la noche antes de pasar al área de presecado. Este período de reposo permite que las plantas se asienten y se sequen ligeramente antes de continuar con el proceso. Es importante recalcar que la máquina de deshidratado no interviene en el proceso de obtención de tisanas.	
Área de presecado	Las plantas son sometidas a un secado inicial para eliminar el 40% de humedad relativa antes de pasar al área de secado principal. Este paso ayuda a acelerar el proceso de secado.	
Área de secado	Las plantas son sometidas a condiciones específicas de temperatura y humedad. Durante esta etapa, se garantiza que las plantas pierdan toda su humedad y alcancen un nivel óptimo de sequedad, asegurando así su conservación y durabilidad para su uso en la fabricación de tisana.	
Área de Molino	El área de molino las plantas secas son trituradas utilizando equipos especializados para moler las plantas de manera uniforme, transformándolas en un polvo fino que será utilizado como ingrediente principal en la fabricación de tisana. Este paso es crucial para garantizar la adecuada preparación de las plantas antes de su procesamiento final.	
Área de tamizado	En esta área se tamiza las plantas trituradas obteniendo fibra, el polvo y la infusión.	

Área	Descripción del proceso	Figura
Área de esterilización	Se aplican procesos de desinfección para asegurar la inocuidad del producto final. Aquí, se utilizan métodos de esterilización adecuados para eliminar cualquier microorganismo no deseado que pueda estar presente en la infusión. Este paso es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad del producto final.	
Área de enfriamiento	Las plantas procesadas y las infusiones son permitidas a alcanzar la temperatura ambiente después de ser sometidas a procesos de secado y esterilización. Aquí, se garantiza que las plantas estén en condiciones óptimas antes de continuar con el proceso de empaque y almacenamiento.	
Área de empaque	El área de empaque es donde se envasan las tisanas en envases adecuados, asegurando su frescura y calidad. Aquí, se utilizan técnicas de empaque adecuadas para proteger el producto de la contaminación y la humedad, garantizando así su conservación y durabilidad durante el almacenamiento y transporte.	
Área de humectación	Se agrega humedad controlada a las cintas de papel que protegen a las bolsas de tisanas.	
Área de producto terminado	Se realiza la inspección final y el almacenamiento de las tisanas listas para su distribución. Además, se asegura que las tisanas estén debidamente etiquetadas y empaquetadas para su comercialización.	
Bodega de plantas secas y subproductos convencionales	La bodega de plantas secas y subproductos convencionales es donde se almacenan los materiales utilizados en el proceso de fabricación de tisana.	
Bodega de insumos	En la bodega de insumos se almacena los rollos de papel que cubren a las bolsas de tisana, el pegamento, el papel filtro, el hilo, entre otros.	

3.2.3 Equipos y materiales de la empresa

La empresa Jambi Kiwa, dedicada a la fabricación de tisanas y productos a base de plantas aromáticas y medicinales, cuenta con una variedad de máquinas especializadas para procesar y transformar las materias, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Equipos que se encuentran en las instalaciones de la empresa

Jambi Kiwa					
Área	**Máquina**	**Figura**	**Cantidad**	**Estado**	**Dimensiones (m)**
Área de recepción	Balanza industrial		1	Activo	Ancho: 0.65 Largo: 0.5 Alto: 0.8
	Secador de alimentos		1	Inactivo	Ancho: 1.85 Largo: 2.8 Alto: 2.24
Oficina de calidad	Esterilizador digital		1	Activo	Ancho: 1.00 Largo: 0.50 Alto: 1.40
	Esterilizador manual		1	Activo	Ancho: 1.00 Largo: 0.50 Alto: 1.40
	Dosificadora de Líquidos de Baja Densidad Semiautomática		1	Activo	Ancho: 0.49 Largo: 0.31 Alto: 0.20
	Selladora de fundas plásticas		1	Inactivo	Ancho: 0.58 Largo: 0.10 Alto: 0.19
			1	Activo	
Área de humectación	Humificador		1	Activo	Ancho: 2.00 Largo: 1.00 Alto: 2.30
Área de secado	Secadora		16	Activo	Ancho: 1.01 Largo: 1.12 Alto: 1.08
Área de molino	Molino a martillo		1	Activo	Ancho: 1.00 Largo: 1.42 Alto: 1.38
Área de molino	Molino con cuchillas		1	Activo	Ancho: 2.81 Largo: 0.80 Alto: 1.48
	Tamizadora		1	Activo	Ancho: 1.80 Largo: 2.60 Alto: 2.54
	Picadora		1	Inactivo	Ancho:0.62 Largo: 0.77 Alto: 1.14

Área	Máquina	Figura	Cantidad	Estado	Dimensiones (m)
Área de esterilizado	Esterilizadora		1	Activa	Ancho: 2.24 Largo: 2.37 Alto: 2.07
	Mezcladora		1	Activo	Ancho: 0.62 Largo: 0.77 Alto: 1.14
Pasillo	Empaquetadora con fundas de plástico		1	Inactivo	Ancho: 0.4 Largo: 1.5 Alto: 1.8
Área de empaque	Empaquetadora con fundas de papel		1	Activa	Ancho: 1.05 Largo: 1.02 Alto: 1.4
	Balanza Electrónica		1	Activa	Ancho: 0.21 Largo: 0.25 Alto: 0.18

3.2.4 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo del proceso de obtención de tisana ofrece una visión detallada y estructurada de cada paso necesario, desde la recepción de las materias primas hasta la obtención del producto final. Cada fase del proceso está delineada, destacando las actividades claves y las interacciones entre ellas como se muestra en la Figura 7.

3.2.5 Plano general de la empresa

El plano general de la empresa, como se visualiza en la Figura 8, la misma que detalla las distintas áreas del proceso productivo necesario para la elaboración de tisanas aromáticas, desde la llegada de las materias primas hasta la entrega del producto terminado. La disposición de los espacios de cada área ha sido concebida de forma empírica.

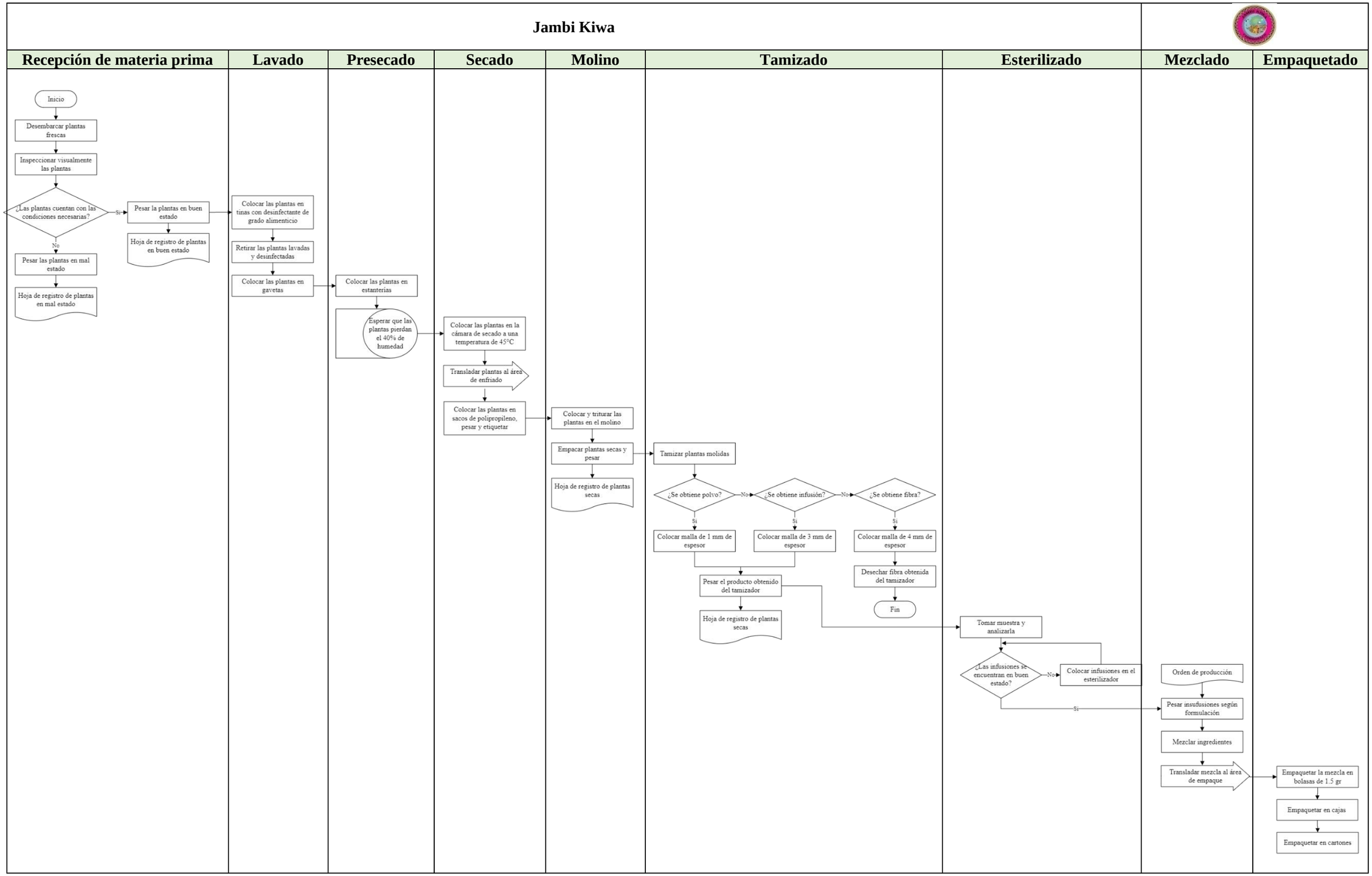


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de obtención de tisana

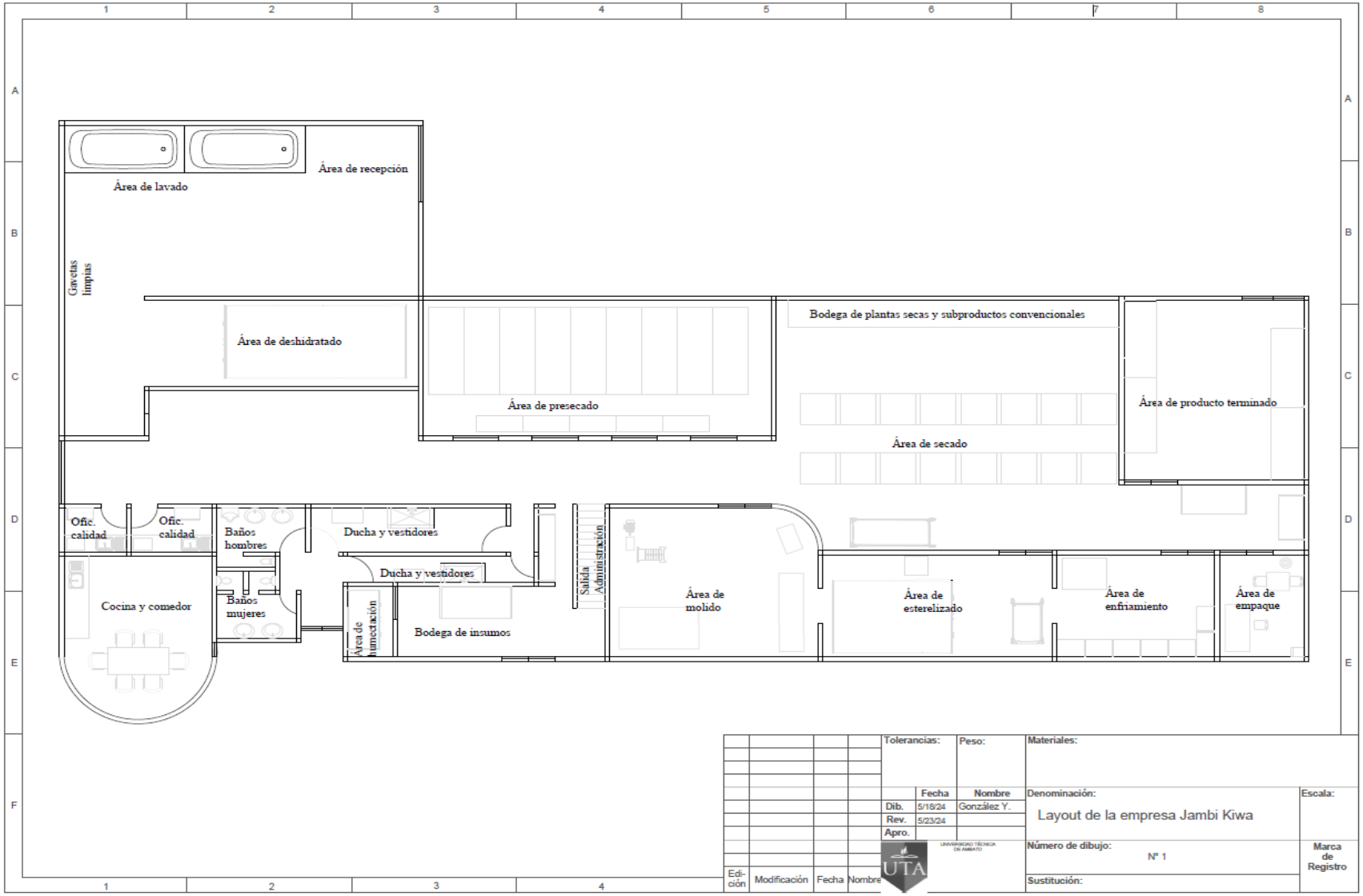


Figura 8. Planos actualizados de la empresa Jambi Kiwa

3.2.6 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se basó en la información proporcionada tanto por el administrador como por el personal operativo. El objetivo de la medición fue analizar el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea específica. Se seleccionó el trabajo a analizar y se registraron los tiempos utilizando la metodología establecida por la tabla de General Electric, como se muestra en el Anexo C. Luego, se calculó el tiempo estándar necesario para completar la tarea, considerando los índices de desempeño detallados en el Anexo B. Además, se identificaron los posibles suplementos requeridos, como se muestra en el Anexo D.

Los cursogramas analíticos de los procesos de obtención de infusión y control de calidad se aplican de manera similar en todas las plantas, siendo la hierbaluisa la referencia principal al emplearse en la mayoría de las tisanas aromáticas. Por otro lado, el cursograma analítico para la obtención del producto final es similar en su estructura para las tisanas aromáticas, pero varía en la cantidad y en el tipo de infusión que se agrega en el momento de la mezcla y en la cantidad a producir, para este caso se toma como referencia a la tisana Eucaliment por tener el mayor volumen de ventas y por contener hierba luisa en su formulación.

La Tabla 20 ofrece un desglose completo de todas las operaciones involucradas en la obtención de la infusión. En la Tabla 21 se detalla las acciones para elaborar la tisana de acuerdo con la formulación establecida. Por otro lado, la Tabla 22 proporciona un detalle de las actividades necesarias para la toma de muestras que serán analizadas. Este enfoque garantizó una comprensión completa de cada etapa del proceso y facilitó la gestión eficaz de la producción de la tisana aromática.

Tabla 20. Cursograma analítico de elaboración de infusión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

Empresa Jambi Kiwa

METODO: ACTUAL ■ PROPUESTO □

DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN: Elaboración de infusión

RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: Personal operativo

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		PROPUESTO		ANÁLISIS
	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO	
OPERACIÓN	35	2473.30					Por qué, Cuándo, Qué, Cómo, Quién, Dónde
TRANSPORTE	9	82.58					
INSPECCION	3	1333.55					
RETRASO	5	5052.92					
ALMACENAJE	2	878.60					

DESCRIPCION	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCION	RETRASO	ALMACENAJE	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO NORMAL	COSTO UNIDAD
Desembarcar las plantas frescas	●	□	□	D	▽		3000 kg	145.60	
Inspeccionar visualmente las plantas y clsifiicar	●	□	■	D	▽		3000 kg	993.44	
Llevar al área de pesaje	○	■	□	D	▽	5.73	3000 kg	4.48	
Pesar las plantas	●	□	□	D	▽		3000 kg	203.00	
Llenar registros	●	□	□	D	▽			14.00	
Pesar plantas en mal estado	●	□	□	D	▽		300 kg	47.32	
Llenar registros de plantas en mal estado	●	□	□	D	▽			4.48	
Desechar las plantas en mal estado	●	□	□	D	▽		300 kg	9.52	
Poner agua en las tinas de lavado	○	□	□	◗	▽		10 litros	43.45	
Colocar desinfectante en el agua	●	□	□	D	▽		150 ml	8.43	
Llevar las plantas al área de lavado	○	■	□	D	▽	10.01	2700 kg	3.42	
Poner las plantas en la tina	●	□	□	D	▽		2700 kg	40.29	
Lavar las plantas	●	□	□	D	▽		2700 kg	352.34	
Retirar plantas lavadas y desinfectar	●	□	□	D	▽		2700 kg	6.06	
Colocar las plantas en las gavetas	○	■	□	D	▽	2.5	2700 kg	5.00	
Llevar las plantas a que reposeen	○	■	□	D	▽	5.87	2700 kg	5.53	
Dejar repsar las plantas toda la noche	○	□	□	◗	▽		2700 kg	0.00	
Enviar las plantas al área de presecado	○	■	□	D	▽	23.26	2700 kg	14.48	
Recibir las plantas	●	□	□	D	▽		2700 kg	5.33	
Colocar las plantas en estanterías del presecado	○	□	□	D	▼		2700 kg	874.20	
Presecar hasta tener 40% de humedad relativa	○	□	□	◗	▽		2700 kg	4058.29	
Inspeccionar presecado	○	□	■	D	▽		324 kg	224.03	
Descargar plantas de la estantería	●	□	□	D	▽		324 kg	454.02	
Enviar las plantas al área de secado	○	■	□	D	▽	17.98	324 kg	16.29	
Recibir las plantas presecas	●	□	□	D	▽		324 kg	3.23	
Colocar en cámaras de secado	●	□	□	D	▽		324 kg	439.09	
Secar a temperatura promedio de 45°C	○	□	□	◗	▽		324 kg	926.03	
Inspeccionar secado y mover bandejas	○	□	■	D	▽		324 kg	116.08	
Llevar al área de enfriamiento	○	■	□	D	▽	29.87	324 kg	11.32	
Colocar en los estantes	●	□	□	D	▽		324 kg	12.30	
Esperar a que se enfrien	○	□	□	◗	▽		324 kg	25.15	
Empacar en bidones o sacos polipropileno	●	□	□	D	▽		324 kg	295.20	
Pesar	●	□	□	D	▽		324 kg	4.37	
Llenar registros	●	□	□	D	▽			56.03	
Etiquetar	●	□	□	D	▽			6.01	
Llevar a área de molino	○	■	□	D	▽	26.19	324 kg	7.11	
Deseinfectar los molinos	●	□	□	D	▽			11.15	
Seleccionar criba del molino	●	□	□	D	▽			5.28	
Colocar y triturar la planta en el molino	●	□	□	D	▽		324 kg	209.15	
Empacar	●	□	□	D	▽		324 kg	6.16	
Pesar	●	□	□	D	▽		324 kg	5.28	
Llenar registros	●	□	□	D	▽			10.27	
Enviar las plantas al tamizador	○	■	□	D	▽	2	324 kg	9.39	
Recibir las plantas	●	□	□	D	▽		324 kg	4.40	
Seleccionar la malla	●	□	□	D	▽			4.40	
Tamizar en mallas de 1mm el polvo	●	□	□	D	▽		97.2 kg	17.01	
Tamizar en mallas de 3mm la infusión	●	□	□	D	▽		162 kg	41.07	
Tamizar en mallas de 4mm la fibra	●	□	□	D	▽		64.8 kg	23.17	
Desechar la fibra	●	□	□	D	▽		64.8 kg	8.51	
Pesar el polvo	●	□	□	D	▽		97.2 kg	5.28	
Pesar la infusión	●	□	□	D	▽		162 kg	5.28	
Llenar los registros	●	□	□	D	▽			5.28	
Enviar a bodega	○	■	□	D	▽	18.36	162 kg	10.56	
Almacenar plantas	○	□	□	D	▼		162 kg	4.40	
TOTAL	35	9	3	5	2	**141.77**		**9820.95**	

Tabla 21. Cursograma analítico de elaboración de tisana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

Empresa Jambi Kiwa

METODO: ACTUAL ■ PROPUESTO □

DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN: elaboración de tisana

RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: Personal operativo

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		PROPUESTO		ANÁLISIS
	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO	
OPERACIÓN	13	3287.83					Por qué, Cuándo, Qué, Cómo, Quién, Dónde
TRANSPORTE	4	44.94					
INSPECCION	1	8.19					
RETRASO	2	92.30					
ALMACENAJE	1	7.28					

DESCRIPCION	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCION	RETRASO	ALMACENAJE	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO NORMAL	COSTO UNIDAD
Recibir orden de producción	●	⇨	□	D	▽			4.55	
Recibir las infusiones	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	4.42	
Colocar en el esterilizador	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	4.16	
Estirilizar las infusiones	○	⇨	□	◗	▽		33.75 kg	46.02	
Enviar al área de enfriamiento	○	➡	□	D	▽	3.64	33.75 kg	16.38	
Enfriar las infusiones esterilizadas	○	⇨	□	◗	▽		33.75 kg	46.28	
Colocar en fundas de polietileno	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	14.04	
Etiquetar	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	4.16	
Llenar registros	●	⇨	□	D	▽			4.16	
Enviar infusiones para la mezcla	○	➡	□	D	▽	13.94	33.75 kg	7.02	
Pesar	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	5.46	
Realizar las formulaciones de tisana	●	⇨	□	D	▽			4.55	
Mezclar ingredientes	●	⇨	□	D	▽		33.75 kg	217.19	
Llevar al área de empaque	○	➡	□	D	▽	17.23	33.75 kg	5.16	
Enfundar la mezcla en bolsas de 1.5gr	●	⇨	□	D	▽		22500 u	1334.36	
Empacar en cajas de 25 unidades	●	⇨	□	D	▽		900 cajas	1250.34	
Llenar registros	●	⇨	□	D	▽			16.08	
Preparar pedido	●	⇨	□	D	▽		37 cajas	424.36	
Llevar pedido a la bodega de producto terminado	○	➡	□	D	▽	16.77	37 cajas	16.38	
Inspeccionar pedido	○	⇨	■	D	▽		37 cajas	8.19	
Almacenar pedido hasta que sea entregado	○	⇨	□	D	▼		37 cajas	7.28	
TOTAL	13	4	1	2	1	53.42		**3440.54**	

Tabla 22. Cursograma analítico de control de calidad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial									
Empresa Jambi Kiwa									
METODO: ACTUAL ■ PROPUESTO □									
DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN: Control de calidad									
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: Personal de control de calidad									
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		PROPUESTO		ANÁLISIS		
	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO	NÚMERO	TIEMPO			
OPERACIÓN ○	3	249.22					Por qué, Cuándo, Qué, Cómo, Quién, Dónde		
TRANSPORTE ⇨	2	19.63							
INSPECCION □	0	0.00							
RETRASO D	0	0.00							
ALMACENAJE ▽	0	0.00							
DESCRIPCION	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCION	RETRASO	ALMACENAJE	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO NORMAL	COSTO UNIDAD
Trasladarse a tomar la muestra	○	■	□	D	▽	32.28		9.50	
Tomar muestras	●	⇨	□	D	▽		200 gr	11.40	
Enviar muestras a la oficina de control	○	■	□	D	▽	32.28	200 gr	10.13	
Analizar muestra	●	⇨	□	D	▽		200 gr	228.32	
Realizar informe	●	⇨	□	D	▽			9.50	
TOTAL	3	2	0	0	0			**268.85**	

La Tabla 23 ofrece un desglose de la cantidad de las actividades realizadas en cada área de la empresa, incluyendo el tiempo necesario para completarlas y la distancia recorrida por los colaboradores durante el proceso. Este análisis detallado es fundamental para optimizar la distribución de planta y mejorar la eficiencia operativa.

Tabla 23. Resumen de los cursogramas analíticos

Jambi Kiwa					
Proceso	**Actividad**	**Figura**	**Cantidad**	**Tiempo (min)**	**Distancia (m)**
Elaboración de infusión	Operación	○	35	2473.30	141.77
	Transporte	⇨	9	82.58	
	Inspección	□	3	1333.55	
	Demora	D	5	5052.92	
	Almacenaje	▽	2	878.60	
Elaboración de infusión	Operación	○	13	3287.83	53.42
	Transporte	⇨	4	44.94	
	Inspección	□	1	8.19	
	Demora	D	2	92.30	
	Almacenaje	▽	1	7.28	

Área	Actividad	Figura	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Oficina de calidad	Operación	○	3	249.22	64.56
	Transporte	⇨	2	19.63	
	Inspección	□	0	0.00	
	Demora	D	0	0.00	
	Almacenaje	▽	0	0.00	
Total	Operación	○	**51**	**13530.34**	**259.75**
	Transporte	⇨	**15**		
	Inspección	□	**4**		
	Demora	D	**7**		
	Almacenaje	▽	**3**		

El análisis de las actividades en cada área de la empresa reveló aspectos del proceso de redistribución de instalaciones. En el proceso de obtención de infusión, se destaca el tiempo considerable dedicado a la operación, seguido por actividades como transporte, inspección y almacenaje. En contraste, el proceso de obtención de tisana resalta por el tiempo asignado a operación y transporte, con inspección y almacenaje menos prominentes. Por último, la oficina de calidad muestra una gama más limitada de actividades, enfocándose principalmente en la operación con un mínimo de transporte.

3.2.7 Diagrama de recorrido actual

En la Figura 9 se presenta un diagrama de recorrido que detalla el proceso general de todas las plantas que ingresan a la empresa, centrándose específicamente en el recorrido de la planta de hierbaluisa desde el inicio de su fabricación hasta convertirse en un producto terminado. Se ha omitido la inclusión de áreas como administración y sala de reuniones, debido a que no aportan valor directo al proceso de producción del producto. Este diagrama se ha elaborado de acuerdo con el cursograma analítico presentado previamente, lo que permitió una descripción detallada de cada transporte, espera, almacenamiento y operación involucrada en el proceso.

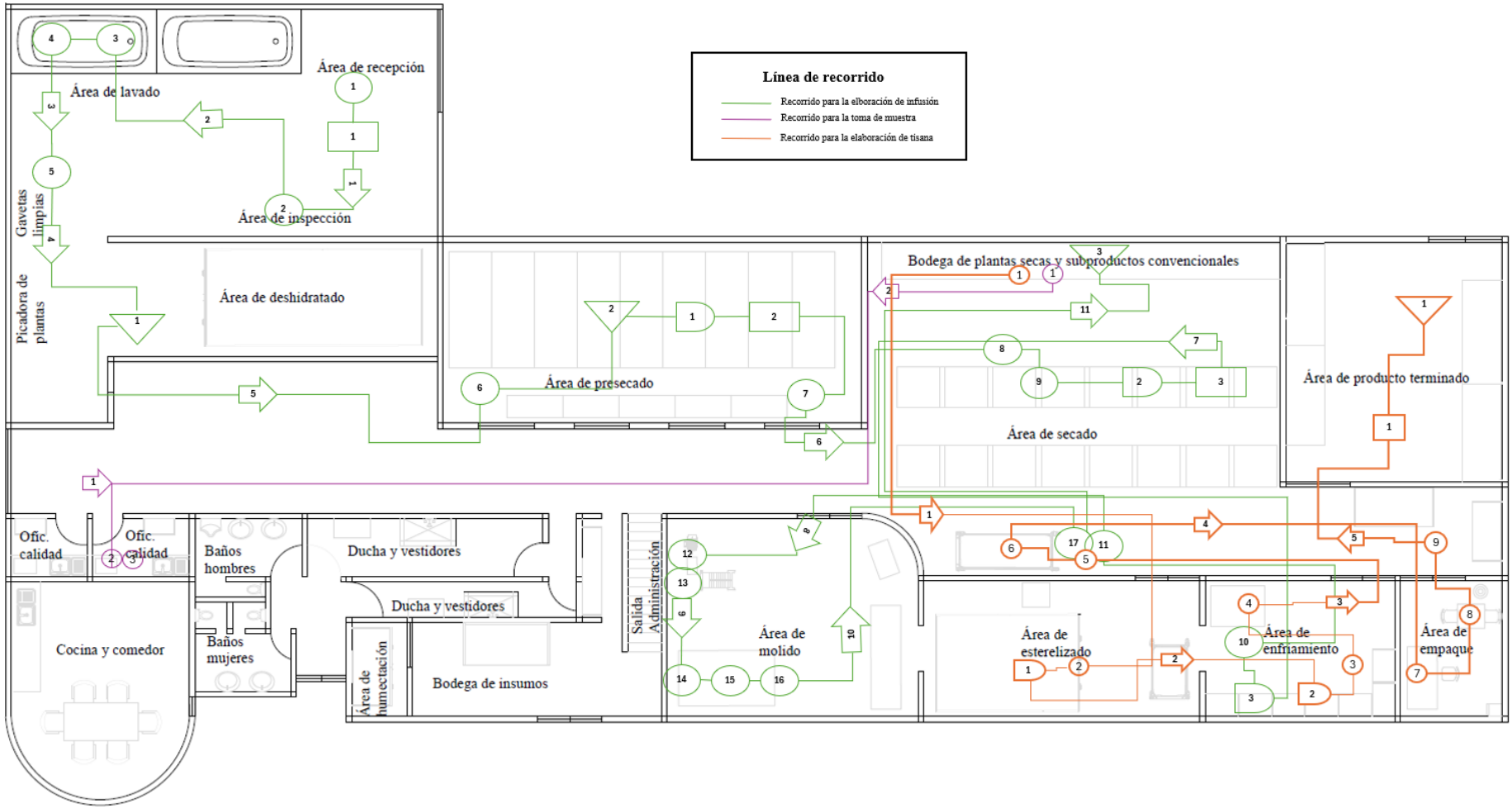


Figura 9. Diagrama de recorrido actual

3.2.8 Simulación del proceso actual

Después de completar el diseño del diagrama de flujo y el diagrama de recorrido, se procedió a definir la distribución en el software FlexSim, como se muestra en la Figura 10. Este paso involucró la entrada de datos correspondientes a las diversas áreas que componen la línea de producción. Actualmente, la empresa dispone de tres colaboradores, uno de los cuales alterna su trabajo entre la empresa y visitas de campo.

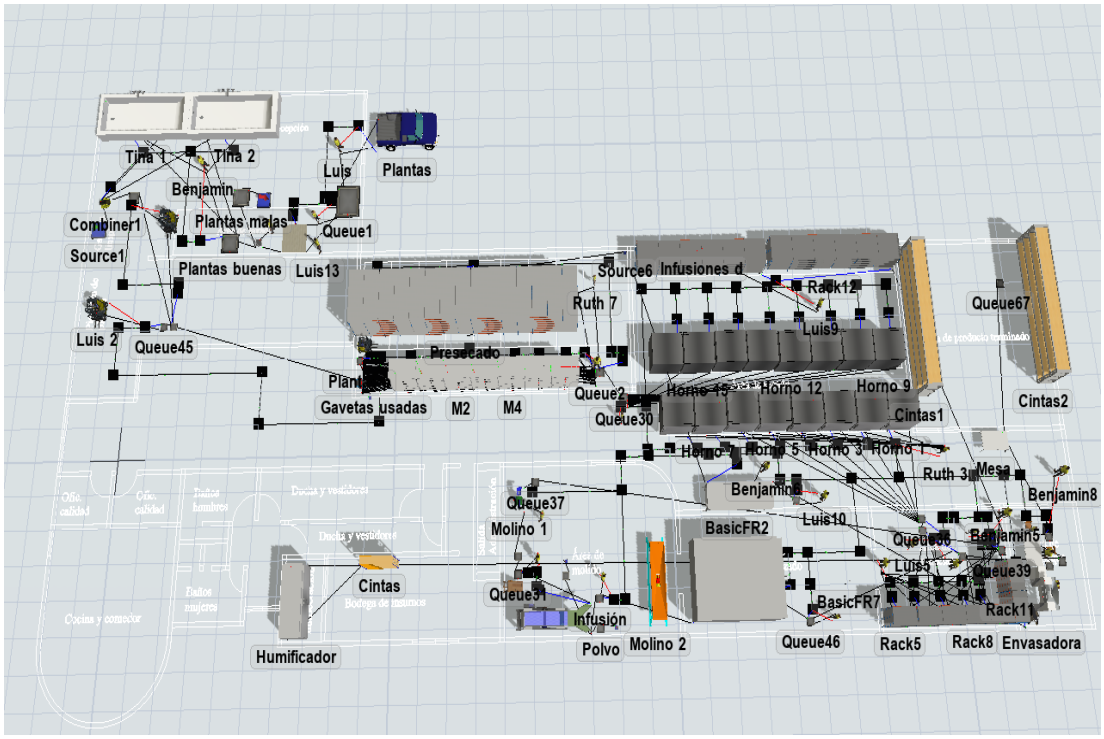


Figura 10. Instalaciones de la empresa Jambi Kiwa

Los tiempos de ciclo son considerablemente largos y el número de colaboradores muy pequeño, por lo que se decidió utilizar la opción de tasa periódica en el tiempo de procesamiento del software FlexSim, como se muestra en el Anexo E. Esta estrategia permitió procesar una cantidad específica de plantas en un período determinado, tomando en cuenta la información proporcionada por la empresa. Este enfoque optimiza el flujo de producción y asegura una gestión más eficiente de los recursos, como se detalla en la Tabla 24.

Tabla 24. Actividades que se simulan en el software FlexSim

Actividad	Peso / cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Día											
				L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M
Desembarcar plantas frescas	3000 kg	5.63	145.60												
Inspeccionar y clasificar plantas	3000 kg	2.24	993.44												
Llevar al área de pesaje	3000 kg	3.53	4.48												
Pesar las plantas	3000 kg		203.00												
Poner agua en las tinas de lavado	10 litros		43.45												
Llevar las plantas al área de lavado	2700 kg	10.01	3.42												
Lavar las plantas	2700 kg		352.34												
Colocar plantas en gavetas	2700 kg	2.5	5.00												
Llevar las plantas a reposar	2700 kg	5.87	5.53												
Llevar las plantas a presecado	2700 kg	23.26	14.48												
Colocar las plantas en presecado	2700 kg		874.20												
Inspeccionar plantas	2700 kg		224.06												
Descargar plantas	324 kg		454.02												
Llevar las plantas a secado	324 kg	17.98	16.29												
Inspeccionar secado	324 kg		116.08												
Llevar las plantas a enfriado	324 kg	29.87	11.32												
Colocar las plantas en enfriado	324 kg		12.30												
Enfriar	324 kg		25.15												
Llevar al molino	324 kg	26.19	7.11												
Desinfectar molino			11.15												
Colocar y triturar las plantas	324 kg		209.15												
Enviar las plantas al tamizador	324 kg	2	9.39												
Seleccionar malla			4.40												
Obtener la infusión	162 kg		41.07												
Enviar a bodega	162kg	18.36	10.56												
Llevar infusiones a esterilizado	33.75 kg	27.77	4.42												
Colocar en el esterilizado	33.75 kg		4.16												
Esterilizar infusiones	33.75 kg		46.02												
Enviar al área de enfriado	33.75 kg	3.64	16.38												
Enfriar infusiones	33.75 kg		46.28												
Enviar infusiones para mezclar	33.75 kg	13.94	7.02												
Realizar la formulación de tisana	33.75 kg		4.55												
Mezclar ingredientes	33.75kg		217.19												
Llevar al área de empaque	33.75 kg	17.23	5.16												
Enfundar la mezcla en bolsas de 1.5 gr	33.75 kg		1334.36												
Empacar en cajas de 25 unidades	22500 u		1250.34												
Preparar pedido	900 cajas		424.36												

En ciertos casos, como en los tiempos de preparación de máquinas se generaron 200 valores aleatorios basados en una distribución normal. Estos valores se exportaron como un archivo de texto al software Experfit. Este software analizó los datos y determinó la distribución más adecuada para su uso en el software FlexSim, como se muestra en el Anexo F. Esto permitió simular con mayor precisión las variaciones en los tiempos de preparación.

Por otra parte, en el software no es posible simular directamente actividades manuales como el llenado de registros, empacado, etiquetado y otras similares. En consecuencia, se obtiene un tiempo de 2769.21 minutos en el que no se observa actividad de los colaboradores durante su jornada en la simulación, aunque se reconoce que están realizando tareas esenciales que no pueden ser representadas por el software. Además, se toma en cuenta la existencia de inventario, lo que permite eliminar ciertos tiempos de espera y avanzar al siguiente proceso más rápidamente.

a. Capacidad de teórica vs Capacidad según simulación actual

La simulación se realizó en el peor de los escenarios posibles, es decir, cuando se recibe un pedido con la mayor demanda, que en este caso es de 900 cajas. Gracias al inventario disponible tanto en la bodega como en el área de presecado, es posible cumplir con esta demanda. Sin embargo, la agilidad de los colaboradores en el área de empaque, donde las bolsas de tisanas aromáticas deben ser empacadas en papel y colocadas en las cajas para su entrega, es el factor que determina si es posible cumplir con la demanda.

Sin embargo, para optimizar aún más el proceso, se realizó un análisis para reducir las distancias recorridas entre las áreas de control de calidad con respecto a bodega de plantas secas y esterilizado, bodega de plantas secas con relación al área de esterilizado, entre otras áreas. Además, se consideró implementar medidas para evitar la contaminación cruzada, mejorando así la eficiencia y seguridad del proceso productivo.

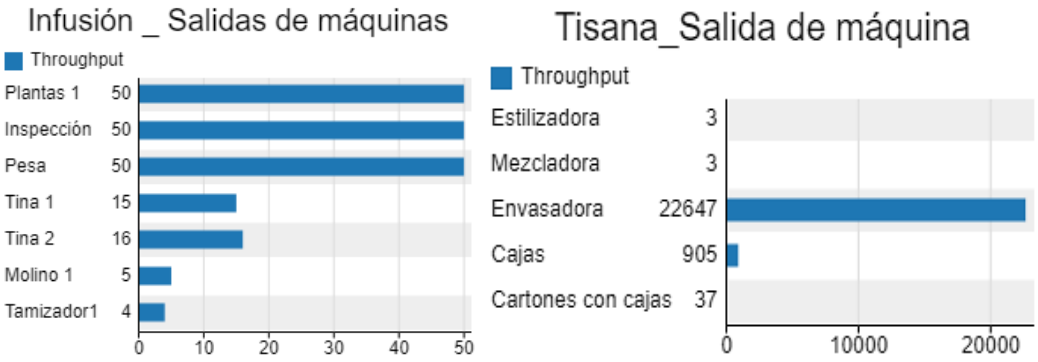


Figura 11. Cantidad de unidades obtenidas en la simulación

La Figura 11 muestra las salidas de las máquinas para los procesos de producción de la infusión y de la tisana. La simulación se ha realizado bajo el peor de los escenarios posibles, es decir cuando se recibe un pedido con la mayor demanda, que en este caso es de 900 cajas.

b. Distancia teórica vs Distancia simulada

Se llevó a cabo una comparación detallada de las distancias recorridas por los colaboradores en el proceso de producción, tomando en cuenta que cada unidad transportada tiene un peso promedio de 60 kg hasta la creación de la infusión y de 11.25 kg para la creación de la tisana . Este peso corresponde al promedio de los sacos que se reciben y se almacenan en la empresa. Para calcular el número total de trayectorias, se consideraron tanto los recorridos de ida como de regreso. Posteriormente, se multiplicó el número de trayectorias por la distancia recorrida para obtener la distancia teórica total en metros, la cual se convirtió en milímetros para mayor precisión. La distancia simulada se obtuvo a través de una simulación en software FlexSim, como se muestra en la Figura 12.

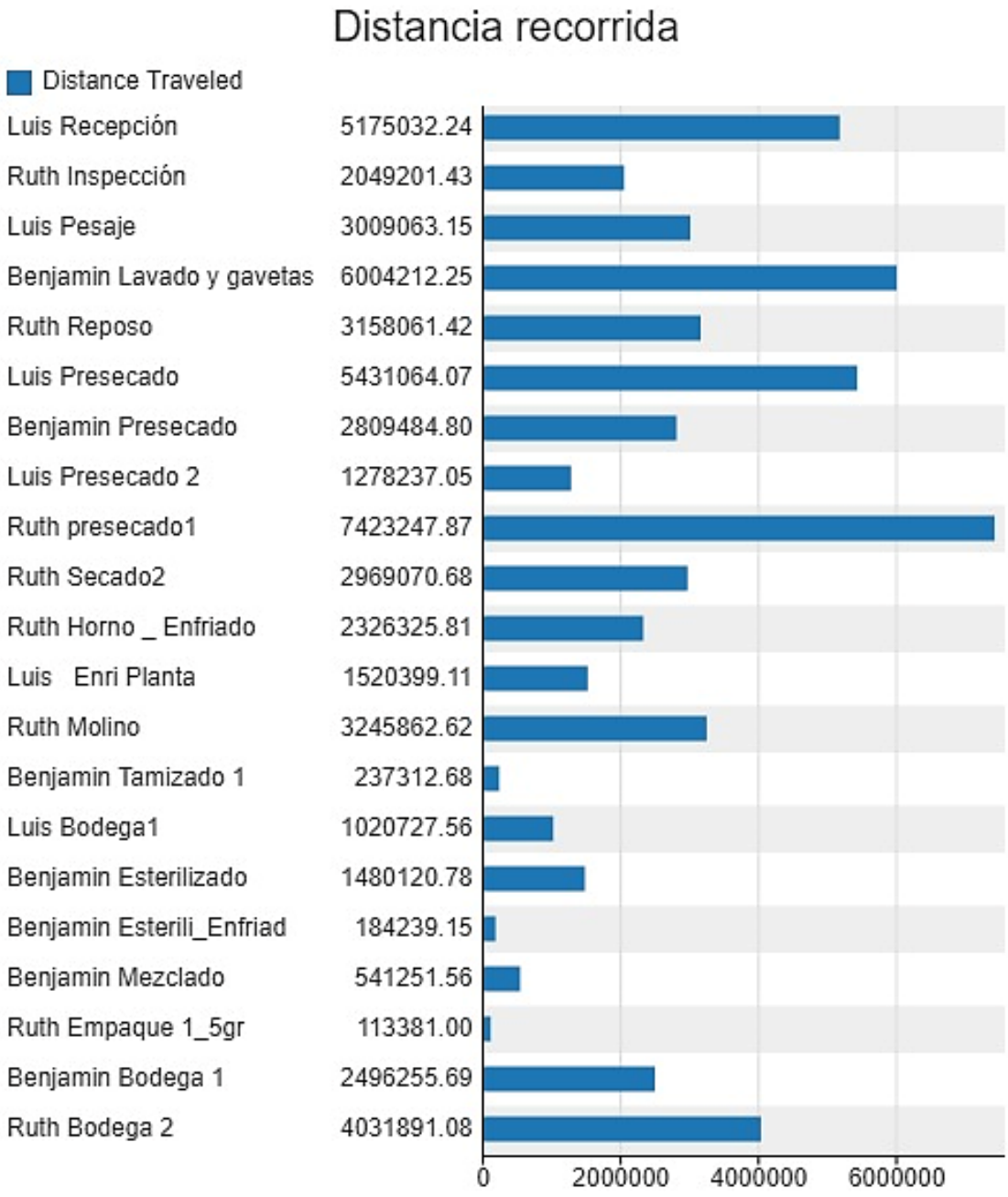


Figura 12. Distancia recorrida actual obtenida de la simulación

Para facilitar la visualización del proceso, los planos en el software FlexSim fueron escalados, por lo que la distancia simulada se dividió entre nueve, como se muestra en el Anexo F. La comparación detallada de las distancias teórica y simulada se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25. Distancia recorrida teórica vs distancia recorrida simulada

Actividad	Número de trayectorias	Distancia (m)	Teórico	Simulada	
			Actual	Actual	Actual (sin escala)
Desembarcar plantas frescas	99	5.63	557370	5175032.24	575003.58
Inspeccionar y clasificar plantas	99	2.24	221760	2049201.43	227689.05
Llevar al área de pesaje	99	3.53	349470	3009063.15	334340.35
Llevar las plantas al área de lavado	89	3.98	354220	6004212.25	667134.69
Colocar plantas en gavetas	89	3.5	311500		
Llevar las plantas a reposar	89	4.87	433430	3158061.42	350895.71
Llevar las plantas a presecado	89	23.69	2108410	5431064.07	603451.56
				2809484.80	312164.98
				1278237.00	142026.33
				7423247.87	824805.32
Llevar las plantas a secado	11	17.98	197780	2969070.68	329896.74
Llevar las plantas a enfriado	11	29.87	328570	2326325.81	258480.65
				1522662.74	169184.75
Llevar al molino	11	26.19	288090	3245862.62	360651.40
Enviar las plantas al tamizador	11	2.00	22000	237312.68	26368.08
Enviar a bodega	5	18.36	91800	1020727.56	113414.17
Llevar infusiones a esterilizado	5	27.77	138850	1480120.78	164457.86
Enviar al área de enfriado	5	3.64	18200	184239.15	20471.02
Enviar infusiones para mezclar	5	13.94	69700	541251.56	60139.06
Llevar al área de empaque	5	15.53	77650	113381.00	12597.89
Llevar pedido a bodega	73	34.24	2499520	2496255.69	277361.74
				4031891.08	447987.90

La comparación entre las distancias teóricas y simuladas revelaron cuales son las áreas clave donde se puede mejorar la eficiencia operativa. Las diferencias significativas en algunas etapas sugieren la necesidad de revisar y optimizar los procesos y rutas de transporte para reducir el tiempo y esfuerzo de los colaboradores.

3.3 Selección de metodología para la distribución de instalaciones

Para determinar la metodología más adecuada para la distribución de instalaciones, se han identificado las características primordiales requeridas por el producto. En estas consideraciones se incluyeron la necesidad de que el producto pase por una serie de máquinas para completar 35 actividades, además de otras 9 actividades adicionales para obtener las cajas con bolsas de tisana propuestas.

La meta fue establecer una disposición de planta que permita recorrer la menor distancia posible entre las diferentes estaciones de trabajo, asegurando al mismo tiempo que cada máquina o proceso tenga el espacio necesario para operar eficientemente. Además, fue crucial implementar medidas que eviten la contaminación cruzada entre las áreas de producción.

3.3.1 Análisis del tipo de distribución

Tras un análisis de los diferentes tipos de distribución descritos en el fundamento teórico y considerando la naturaleza de las actividades realizadas en la empresa Jambi Kiwa, se ha llegado a la conclusión de que se emplea una combinación de distribución por lote y distribución por producto. Específicamente, se utiliza una distribución por lote hasta la etapa de obtención y almacenaje de la infusión. Esto se debe a que, en estas fases, los procesos son más homogéneos y se manejan grandes cantidades de producto similar en cada lote.

A partir de la mezcla de los ingredientes, el enfoque cambia a una distribución por producto. Este cambio se debe a la necesidad de personalizar y diversificar las mezclas para obtener las diferentes variedades de tisanas aromáticas que se producen. La distribución por producto se mantiene hasta el envasado final de las cajas de tisanas, permitiendo una mayor eficiencia y control de calidad en la etapa de personalización y empaquetado del producto final.

3.3.2 Selección de metodología

Para realizar una síntesis de la literatura sobre la redistribución de instalaciones, se estableció un marco metodológico basado en la metodología de Fink. Esta estructura sirvió como guía para asegurar la calidad y el rigor de cada paso del estudio. La Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) se llevó a cabo siguiendo los siete pasos propuestos por Fink.

En primer lugar, se formularon tres preguntas de investigación clave como:

- ¿De qué manera influye la eficiencia del flujo de trabajo en la distribución de una planta?
- ¿Cuáles son los principios y metodologías más relevantes y efectivos para diseñar una distribución de instalaciones óptima en plantas de producción?
- ¿Qué estrategias y prácticas han sido implementadas con éxito por otras empresas para mejorar la distribución de sus instalaciones considerando aspectos como el flujo de materiales, ergonomía, seguridad y eficiencia del espacio?

Estas preguntas fueron diseñadas para guiar la búsqueda y análisis de la literatura, enfocándose en aspectos cruciales de la redistribución de instalaciones y su impacto en la eficiencia operativa.

Las bases de datos seleccionadas para la revisión incluyeron Scopus, Francis and Taylor, y Redalyc. Estas fuentes fueron elegidas debido a su amplia cobertura y relevancia en el área de la ingeniería, asegurando una recopilación robusta de estudios pertinentes. Posteriormente, se definieron cadenas de búsqueda estructuradas para capturar de manera integral la literatura relevante. Los términos de búsqueda utilizados fueron: "Operational Efficiency" OR "Facility Design" OR "Space Optimization"; "Principles" OR "Methodology" & "Design of installations" OR "Layout"; "Strategies" & "Facility layout" & "material flow" OR "ergonomics" OR "safety" OR "space efficiency". Estas combinaciones fueron diseñadas para abarcar los diversos aspectos de la redistribución de instalaciones.

Los estudios seleccionados debían cumplir con varios criterios prácticos: estar escritos en español o inglés, publicados entre 2020 y 2024, y pertenecer al área de Ingeniería. Estos criterios aseguraron la relevancia temporal y temática de los estudios incluidos en la revisión. Además de los criterios prácticos, los estudios seleccionados debían presentar diseños de investigación válidos, utilizar fuentes de datos fiables y reportar resultados significativos. Estos criterios metodológicos garantizaron la validez y la confiabilidad de los hallazgos incluidos en la síntesis.

La muestra de estudios seleccionados se analizó, con el fin de interpretar los resultados y evaluar de forma crítica los métodos y hallazgos de cada estudio, proporcionando una comprensión profunda de la literatura existente sobre el tema. Finalmente, se realizó una síntesis de los resultados obtenidos de los estudios analizados. La Figura 13 resume la composición de la muestra. Esta síntesis permitió extraer conclusiones integradas sobre las mejores prácticas y principios en la redistribución de instalaciones.

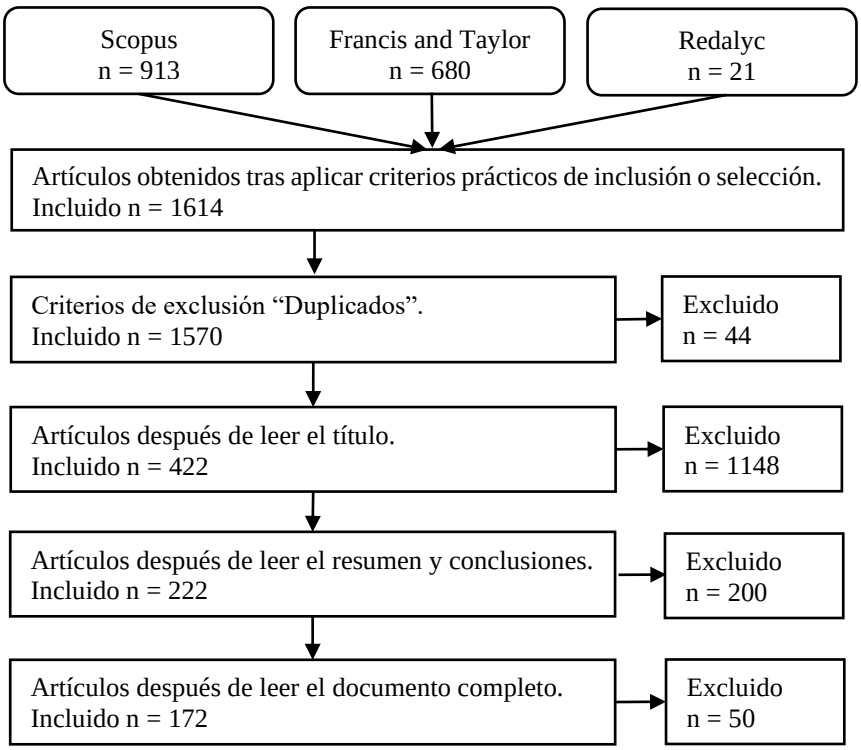


Figura 13. Síntesis de los resultados obtenidos

De los artículos seleccionados se determinó que el método más utilizado para la redistribución de planta es el Método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP). Este método se emplea frecuentemente debido a su estructura lógica, la cual

facilita el diseño de la distribución en planta al considerar tanto la eficiencia logística como la importancia relativa de las diferentes áreas. También, este método proporciona un marco sólido para la organización espacial, permitiendo analizar y optimizar el flujo de materiales y la disposición de las áreas de trabajo[27].

En segundo lugar, se encuentra el método Shell and Fuzzy AHP (Análisis de Jerarquía Analítica Difusa). El Fuzzy AHP ofrece una metodología que permite asignar pesos objetivos en función de la importancia relativa de los criterios. Esta técnica es especialmente útil porque convierte la cognición subjetiva en datos cuantificables, utilizando un sistema experto que puede ser aplicado antes y después de seleccionar el diseño. Sin embargo, para las puntuaciones difusas y la importancia de los criterios se requiere de múltiples participantes con diferentes experiencias y conocimientos[28].

En tercer lugar, se menciona la programación no lineal, una técnica que permite optimizar la distribución en planta considerando múltiples objetivos. Esta metodología puede abordar factores cualitativos importantes como la salud y seguridad en el trabajo, la facilidad de supervisión y control, y la flexibilidad para futuros cambios. Sin embargo, el proceso de planificación de layout mediante programación no lineal puede ser complejo y requerir más tiempo para encontrar soluciones óptimas, debido a la necesidad de procesamiento intensivo de datos [29].

La elección del método SLP se justifica no solo por ser el más utilizado según la revisión bibliográfica realizada, sino también por la facilidad con la que puede ser aplicado en diferentes contextos. Su estructura lógica y su capacidad para mejorar la eficiencia operativa lo convierten en una opción preferida para la redistribución de plantas, ofreciendo un equilibrio adecuado entre simplicidad y efectividad. Esta combinación de popularidad y facilidad de uso reafirma su relevancia en el campo del diseño de instalaciones industriales.

3.4 Métodos y técnicas de distribución

Se ha elegido emplear el método de Guerchet, que calcula las superficies óptimas requeridas en cada área de la línea de producción. Posteriormente, se aplicó el método SLP (Systematic Layout Planning), el cual generará múltiples alternativas de

distribución. Estas alternativas serán evaluadas utilizando el análisis carga-distancia. Posteriormente, la alternativa más prometedora fue simulada en el software FlexSim 2024. Esta simulación permitió examinar y analizar cómo se desenvuelve la nueva distribución en términos de eficiencia y flujo de trabajo en la planta de producción.

3.4.1 Requerimiento del espacio con el método Guerchet

Para determinar los requerimientos de espacio físico en cada puesto de trabajo dentro de la planta de producción, se aplicó el método de Guerchet. Este método proporcionó una estimación del área necesaria dentro del área de producción, considerando el número total de maquinaria, equipos y muebles, conocidos como elementos estáticos. Los otros recursos utilizados en la fabricación de tisana, como el número de operarios y equipos de transporte llamados elementos móviles.

La Tabla 26 ofrece un detalle completo de los equipos, maquinaria y el total de trabajadores involucrados en la línea de producción. Este análisis permitirá garantizar que cada área de trabajo cuente con el espacio adecuado para llevar a cabo las operaciones de manera eficiente y segura.

Tabla 26. Elementos de cada área con sus dimensiones

Área	**Elementos**	**Uds.**	**Dimensiones**			**Estático (E) o Móvil (M)**
			(L)	**(A)**	**(h)**	
Área de lavado	Tina	2	2.41	1.41	0.85	E
	Gavetas	10	0.60	0.40	0.19	M
	Pallets	30	1.20	1.00	0.10	M
Oficina de calidad	Esterilizador digital	1	0.50	1.00	1.40	E
	Esterilizador manual	1	0.50	1.00	1.40	E
	Dosificadora de líquidos de baja densidad semiautomática	1	0.31	0.49	0.20	E
	Selladora de fundas plásticas	2	0.10	0.58	0.19	E
	Mueble	2	1.00	0.60	1.00	E
	Anaquel	1	0.92	0.34	1.45	E
Área de presecado	Estantería	4	1.16	1.64	3.00	E
		2	1.82	0.82	0.39	E
Bodega de insumos	Anaquel	1	1.70	0.51	0.60	E
Área de humectación	Humificador	1	1.00	2.00	2.30	E
Área de secado	Secadora	16	1.01	1.12	1.08	E
	Estantería	2	1.20	5.40	1.00	E
Área de molino	Molino con cuchillas	1	0.80	1.48	2.81	E
	Molino a martillo	1	1.42	1.00	1.38	E
	Tamizadora	1	2.60	1.80	2.54	E
	Escalera	1	0.60	0.53	1.00	M

Área	Elementos	Uds.	Dimensiones			Estático (E) o Móvil (M)
			(L)	(A)	(h)	
Área de esterilizado	Esterilizadora	1	2.37	2.24	2.07	E
	Mezcladora	1	0.77	0.62	1.14	E
	Carrito	1	1.03	0.68	0.90	M
Área de enfriado	Mesa	1	1.20	0.60	0.59	E
	Carro bandejas	7	0.90	0.60	1.90	M
Área de empaque	Empaquetadora con fundas de papel	1	1.02	1.05	1.40	E
	Balanza Electrónica	1	0.25	0.21	0.18	E
	Mesa	1	1.20	0.60	0.59	E
	Sillas	3	0.48	0.47	0.80	E
	Estantería	1	0.34	0.25	1.30	E
Bodega de producto terminado	Estantería	4	2.60	1.05	2.00	E
Pasillo	Batea	1	1.50	0.85	1.00	M
	Mesa	1	1.20	0.60	0.59	E
	Silla	2	0.59	0.59	0.86	E
	Balanza industrial	1	0.50	0.65	0.80	M
	Estantería	3	1.81	0.40	0.93	E
Nota: los colaboradores son 3 en producción		Altura promedio 1.65 m				M

Después de identificar todos los elementos esenciales en los puestos de trabajo, se clasificaron los operarios como elementos móviles. Dado que los operarios tienen una variación en la estatura entre ellos, se establece una altura promedio de 1.65 metros y una superficie estática de 0.5 metros cuadrados [30].

La Tabla 27 presenta los valores de las superficies correspondientes a cada elemento estático. En ella se incluyen la superficie estática y la superficie de gravitación de cada elemento, así como la suma total de las superficies considerando la cantidad de elementos estáticos presentes en la planta. Además, se muestra el volumen total que ocuparían todos estos elementos estáticos.

Tabla 27. Superficie de los elementos estáticos

Elementos	Cant. (n)	N	Dimensiones			Ss = Área	At = Ss * n	Sg = Ss * N	At*h	Ss+Sg
			(L)	(A)	(h)					
Tina	2	3	2.41	1.41	0.85	3.40	6.80	10.19	5.78	13.59
Esterilizador digital	1	1	0.50	1.00	1.40	0.50	0.50	0.50	0.70	1.00
Esterilizador manual	1	1	0.50	1.00	1.40	0.50	0.50	0.50	0.70	1.00
Dosificadora de líquidos de baja densidad semiautomática	1	1	0.31	0.49	0.20	0.15	0.15	0.15	0.03	0.30
Selladora de fundas plásticas	2	1	0.10	0.58	0.19	0.06	0.12	0.06	0.02	0.12
Mueble	2	1	1.00	0.60	1.00	0.60	1.20	0.60	1.20	1.20
Anaquel	1	2	0.92	0.34	1.45	0.31	0.31	0.63	0.45	0.94

Elementos	Cant. (n)	N	Dimensiones			Ss = Área	At = Ss * n	Sg = Ss * N	At*h	Ss+Sg
			(L)	(A)	(h)					
Anaquel	1	2	0.92	0.34	1.45	0.31	0.31	0.63	0.45	0.94
Estantería	4	2	1.16	1.64	3.00	1.90	7.61	3.80	22.83	5.71
	2	2	1.82	0.82	0.39	1.49	2.98	2.98	1.16	4.48
Anaquel	1	2	1.70	0.51	0.60	0.87	0.87	1.73	0.52	2.60
Humificador	1	1	1.00	2.00	2.30	2.00	2.00	2.00	4.60	4.00
Secadora	16	1	1.01	1.12	1.08	1.13	18.10	1.13	19.55	2.26
Estantería	2	1	1.20	5.40	1.00	6.48	12.96	6.48	12.96	12.96
Molino con cuchillas	1	2	0.80	2.81	1.48	2.25	2.25	4.50	3.33	6.74
Molino a martillo	1	2	1.42	1.00	1.38	1.42	1.42	2.84	1.96	4.26
Tamizadora	1	2	2.60	1.80	2.54	4.68	4.68	9.36	11.89	14.04
Esterilizadora	1	1	2.37	2.24	2.07	5.31	5.31	5.31	10.99	10.62
Mezcladora	1	2	0.77	0.62	1.14	0.48	0.48	0.95	0.54	1.43
Mesa	1	4	1.20	0.60	0.59	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60
Empaquetadora con fundas de papel	1	1	1.02	1.05	1.40	1.07	1.07	1.07	1.50	2.14
Balanza Electrónica	1	1	0.25	0.21	0.18	0.05	0.05	0.05	0.01	0.11
Mesa	1	4	1.20	0.60	0.59	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60
Sillas	3	1	0.48	0.47	0.80	0.23	0.68	0.23	0.54	0.45
Estantería	1	2	0.34	0.25	1.30	0.09	0.09	0.17	0.11	0.26
Estantería	4	2	2.60	1.05	2.00	2.73	10.92	5.46	21.84	8.19
Mesa	1	4	1.20	0.60	0.59	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60
Estantería	3	2	1.81	0.40	0.93	0.72	2.17	1.45	2.02	2.17
Total							**78.57**		**120.73**	

La Tabla 28 detalla los valores de las superficies asociadas a cada elemento móvil en la planta. En esta tabla, se proporcionan las superficies individuales de cada elemento móvil, así como la suma total de las superficies que ocuparían estos elementos en conjunto. Además, se muestra el volumen total que ocuparían estos elementos móviles.

Tabla 28. Superficie de los elementos estáticos

Elementos	Cant. (n)	Dimensiones			Estático (E) o Móvil (M)	Ss = Área	At = Ss * n	At*h
		(L)	(A)	(h)				
Gavetas	10	0.60	0.40	0.19	M	0.24	2.40	0.44
Pallets	30	1.20	1.00	0.10	M	1.20	36.00	3.60
Escalera	1	0.60	0.53	1.00	M	0.32	0.32	0.32
Carrito	1	1.03	0.68	0.90	M	0.70	0.70	0.63
Carro bandejas	7	0.90	0.60	1.90	M	0.54	3.78	7.18
Batea	1	1.50	0.85	1.00	M	1.28	1.28	1.28
Balanza industrial	1	0.50	0.65	0.80	M	0.33	0.33	0.26
Personas	3			1.65	M	0.50	1.50	2.48
Total							**46.30**	**16.18**

Estas tablas ofrecen una visión detallada de la distribución espacial requerida para los elementos dentro de la planta. Permitieron calcular de manera precisa la superficie total necesaria para alojar estos elementos y determinar cómo se distribuirán en el espacio disponible.

Al sustituir los valores obtenidos en la ecuación 5, se puede calcular el coeficiente de evolución. Este coeficiente proporciona una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y estáticos en la planta. Utilizando el coeficiente de evolución, se determinó la superficie estática necesaria, la cual fue fundamental para calcular la superficie requerida por estación. La Tabla 29 presenta los valores obtenidos para la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie total. Con estos datos, se calculó que la superficie total necesaria para la planta es de 201.89 metros cuadrados.

Tabla 29. Superficie total de los elementos presentes en la empresa

Áreas	Elementos	Cant. (n)	Ss = Área	At = Ss*n	Sg = Ss * N	At*h	Ss+Sg	k	Se = k * (Ss+Sg)	St por estación	ST
Área de lavado	Tina	2	3.4	6.8	10.19	5.78	10.19	0	0.00	10.19	20.38
Oficina de calidad	Esterilizador digital	1	0.22	0.22	0.22	0.13	0.44	0.10	0.00	0.54	0.54
	Esterilizador manual	1	0.22	0.22	0.22	0.12	0.43	0.10	0.00	0.53	0.53
	Dosificadora de líquidos de baja densidad semiautomática	1	0.10	0.10	0.10	0.02	0.20	0.10	0.00	0.30	0.30
	Selladora de fundas	2	0.12	0.06	0.02	0.12	0.20	0.10	0.00	0.30	0.61
	Mueble	2	0.60	1.20	0.60	1.20	1.20	0.10	0.04	1.30	2.60
	Anaquel	1	0.31	0.31	0.63	0.45	0.94	0.10	0.02	1.04	1.04
Área de presecado	Estantería	4	1.90	7.61	3.80	22.83	5.71	0.00	0.00	5.71	22.83
	Estantería	2	1.49	2.98	2.98	1.16	4.48	0.00	0.00	4.48	8.95
Bodega de insumos	Anaquel	1	0.87	0.87	1.73	0.52	2.60	0.00	0.00	2.60	2.60
Área de humectación	Humificador	1	2.08	2.08	2.08	6.70	4.16	0.00	0.00	4.16	4.16
Área de secado	Secadora	16	1.13	18.10	1.13	19.55	2.26	0.00	0.00	2.26	36.20
	Estantería	2	6.48	12.96	6.48	12.96	12.96	0.00	0.00	12.96	25.92
Área de molino	Molino con cuchillas	1	1.42	1.42	2.84	1.96	4.26	0.25	1.00	4.51	4.51
	Molino a martillo	1	2.25	2.25	4.50	3.33	6.74	0.25	2.52	6.99	6.99
	Tamizadora	1	4.68	4.68	9.36	11.89	14.04	0.25	10.91	14.29	14.29
Área de esterilizado	Esterilizadora	1	5.31	5.31	5.31	10.99	10.62	0.23	6.53	10.85	10.85
	Mezcladora	1	0.50	0.50	0.99	0.28	1.49	0.23	0.11	1.72	1.72
Área de enfriado	Mesa	1	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60	1.61	3.34	5.21	5.21
Área de empaque	Empaquetadora con fundas de papel	1	0.88	0.88	0.88	0.99	1.75	0.00	0.00	1.75	1.75
	Balanza Electrónica	1	0.05	0.05	0.05	0.01	0.11	0.00	0.00	0.11	0.11
	Mesa	1	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60	0.00	0.00	3.60	3.60
	Sillas	3	0.23	0.68	0.23	0.54	0.45	0.00	0.00	0.45	1.35
	Estantería	1	0.09	0.09	0.17	0.11	0.26	0.00	0.00	0.26	0.26
Bodega de producto terminado	Estantería	4	2.73	10.92	5.46	21.84	8.19	0.00	0.00	8.19	32.76
Pasillo	Mesa	1	0.72	0.72	2.88	0.42	3.60	0.52	1.08	4.12	4.12
	Estantería	3	0.72	2.17	1.45	2.02	2.17	0.52	0.55	2.69	8.08
Total				**77.80**		**120.99**					**201.89**

Estos cálculos y valores proporcionaron una visión detallada de la distribución espacial requerida para los elementos estáticos en la planta, lo que permitió planificar eficientemente el layout de la producción. La superficie total calculada es esencial para asegurar que la planta tenga suficiente espacio para operar de manera eficiente y segura. Al reconocer las áreas con espacios desaprovechados, se logró optimizar el diseño del layout de la planta para mejorar la eficiencia operativa y la fluidez del flujo de trabajo. Esto puede implicar la reubicación de equipos, la redistribución de recursos o la implementación de nuevas estrategias de organización del espacio.

3.4.2 Análisis Planeación Sistemática de Distribución (SLP)

El método de SLP se utilizó para crear alternativas de diseño, basándose en criterios que determinan por qué ciertas áreas deben mantenerse cercanas, según su nivel de importancia. En la Tabla 30, se identifican las áreas y procesos vinculados a la línea de producción, a los cuales se les asignó un código específico. Esta codificación facilitó la organización y el análisis, permitiendo una gestión más eficiente y clara de las distintas etapas del proceso productivo. De esta manera, se aseguró una mejor trazabilidad y control de cada componente dentro del sistema de producción.

Tabla 30. Áreas de la empresa codificadas

Código	Área
1	Recepción de materia prima
2	Lavado
3	Reposo
4	Presecado
5	Secado
6	Bodega de plantas secas y subproductos convencionales
7	Molido
8	Tamizado
9	Esterilizado
10	Mezclado
11	Empaque
12	Bodega de insumos
13	Humectación
14	Enfriado
15	Producto terminado
16	Ducha y vestidores
17	Baños de hombres y mujeres
18	Oficinas de calidad
19	Cocina y comedor
20	Patio de maniobras

a. Listado de las razones para la clasificación

En la Tabla 31, se presentan las razones clave que se utilizaron para identificar las secuencias entre las diferentes áreas. Este análisis permitió optimizar la distribución del espacio y los recursos, asegurando una disposición más eficiente y coherente de los elementos involucrados.

Tabla 31. Criterios para establecer la relación entre áreas

N.	Criterio	Descripción
1	Secuencia de operaciones	Alinear las áreas de procesamiento de manera que el flujo de trabajo sea continuo y sin interrupciones, evitando movimientos innecesarios entre etapas.
2	Mínima distancia recorrida	Reducir al mínimo las distancias para que las materias primas y productos en proceso se muevan en líneas directas y cortas, minimizando el tiempo y esfuerzo de transporte.
3	Higiene	Áreas de producción con materiales fáciles de limpiar y asegurar la separación de zonas limpias y sucias para evitar la contaminación cruzada.
4	Para facilitar el almacenamiento eficiente	Optimizar el almacenamiento de materias primas y productos terminados.
5	Por no ser necesario	Áreas o procesos que no necesitan estar cerca unos de otros porque su interacción es mínima o inexistente.
6	Facilidad para entras y despacho	Las áreas de entrada de materias primas y despacho de productos terminados deben facilitar el flujo eficiente de materiales y productos.
7	Polvo	Minimizar la generación y dispersión de polvo dentro de la planta para mantener la calidad, así como para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable.
8	Servicios para personal	Asegura que estas áreas sean fácilmente accesibles para todos los empleados sin interferir con las operaciones de producción

b. Calificaciones de cercanía de afinidad

Las calificaciones fueron codificadas por colores o símbolos y se basó en los criterios previamente establecidos como se muestra en la Tabla 32 y Tabla 33.

Tabla 32. Código de proximidad [31]

Código	Proximidad	Color	Número de líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	
E	Especialmente importante	Amarillo	
I	Importante	Verde	
O	Normal	Azul	
U	Sin importancia	-	
X	No deseable	Plomo	
XX	Totalmente no deseable	Negro	

Tabla 33. Símbolos del diagrama relacional de recorrido [31]

Símbolo	Color	Actividad
	Rodo	Operación (montaje o submontaje)
	Verde	Operación (proceso o fabricación)
	Amarillo	Transporte y maniobras
	Naranja	Almacenaje
	Azul	Control
	Azul	Servicios
	Pardo	Administración

c. Construcción de la tabla relacional

La construcción se basó en los criterios de relación entre áreas y los códigos de proximidad asignados a cada uno de ellos, los cuales proporcionaron una guía para la redistribución de instalaciones, facilitando una gestión más efectiva de los recurso y espacios. En la Figura 14 se muestran las relaciones y prioridades entre las distintas áreas y máquinas con el fin de identificar las interdependencias y evaluar la cercanía necesaria entre ellas. Este análisis permitió tomar decisiones informadas y estratégicas que contribuyeron a la minimización la distancia recorrida por los colaboradore. Al comprender mejor las relaciones entre cada área, se diseñaron disposiciones más eficientes que optimizan el flujo de trabajo y mejoran la productividad general.

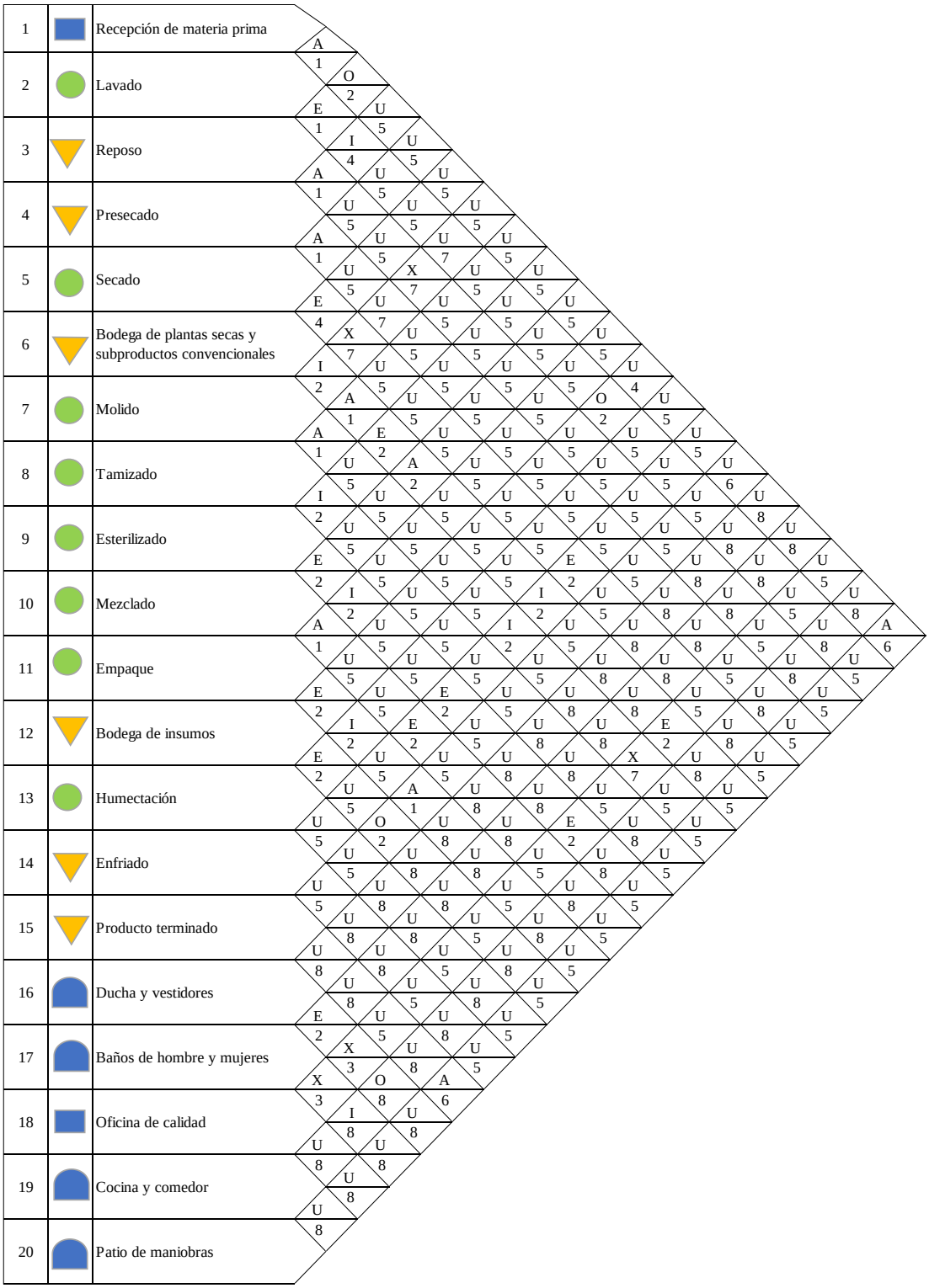


Figura 14. Diagrama de relación entre áreas

d. Diagrama de relación inicial

Para elaborar el diagrama de relaciones, se consideraron las importancias relativas entre las distintas áreas, las cuales se detallan en la Tabla 34. Esta tabla muestra la jerarquía y la prioridad de proximidad entre las áreas, lo que facilitó la identificación de aquellas que deben ubicarse cerca unas de otras debido a su interdependencia operativa.

Tabla 34. Pares de proximidad según diagrama de relación entre áreas

Código	Pares de proximidad
A	(1,2), (1,20), (3,4), (4,5), (6,8), (6,10), (7,8), (10,11), (11,15), (15,20)
E	(2,3), (5,6), (5,14), (6,9), (6,18), (9,10), (9,14), (9,18), (11,12), (12,13), (16,17),
I	(2,4), (6,7), (6,14), (7,14), (8,9), (9,11), (10,14), (11,13), (17,19),
O	(1,3), (2,12), (12,15), (16,19),
U	(1,4), (1,5), (1,6), (1,7), (1,8), (1,9), (1,10), (1,11), (1,12), (1,13), (1,14), (1,15), (1,16), (1,17), (1,18), (1,19), (2,5), (2,6), (2,7), (2,8), (2,9), (2,10), (2,11), (2,13), (2,14), (2,15), (2,16), (2,17), (2,18), (2,19), (2,20), (3,5), (3,6), (3,8), (3,9), (3,10), (3,11), (3,12), (3,13), (3,14), (3,15), (3,16), (3,17), (3,18), (3,19), (3,20), (4,6), (4,7), (4,8), (4,9), (4,10), (4,11), (4,12), (4,13), (4,14), (4,15), (4,16), (4,17), (4,18), (4,19), (4,20), (5,8), (5,9), (5,10), (5,11), (5,12), (5,13), (5,15), (5,16), (5,17), (5,18), (5,19), (5,20), (6,11), (6,12), (6,13), (6,15), (6,16), (6,17), (6,19), (6,20), (7,9), (7,10), (7,11), (7,12), (7,13), (7,15), (7,16), (7,17), (7,19), (7,20), (8,10), (8,11), (8,12), (8,13), (8,14), (8,15), (8,16), (8,17), (8,18), (8,19), (8,20), (9,12), (9,13), (9,15), (9,16), (9,17), (9,19), (9,20), (10,12), (10,13), (10,15), (10,16), (10,17), (10,18), (10,19), (10,20), (11,14), (11,16), (11,17), (11,18), (11,19), (11,20), (12,14), (12,16), (12,17), (12,18), (12,19), (12,20), (13,14), (13,15), (13,16), (13,17), (13,18), (13,19), (13,20), (14,15), (14,16), (14,17), (14,18), (14,19), (14,20), (15,16), (15,17), (15,18), (15,19), (16,20), (17,20), (18,19), (18,20), (19,20)
X	(3,7), (5,7), (7,18), (16,18), (17,18)

El código A destaca las secuencias naturales en la cadena de producción, los códigos E y I muestran conexiones clave para procesos de control y acceso rápido, el código O resalta conexiones importantes, aunque no directas, el código U enfatiza la necesidad de un diseño flexible y accesible en múltiples combinaciones y el código X cubre necesidades menos frecuentes pero importantes para la accesibilidad y soporte.

La utilización de líneas de colores para representar las conexiones entre las áreas en la Figura 15 proporciona una herramienta visual eficaz para analizar y optimizar la disposición de la planta. Al identificar las áreas con alta y baja frecuencia de interacción, es posible realizar ajustes estratégicos en la disposición de la planta, mejorando el flujo de trabajo y reduciendo los riesgos de contaminación cruzada.

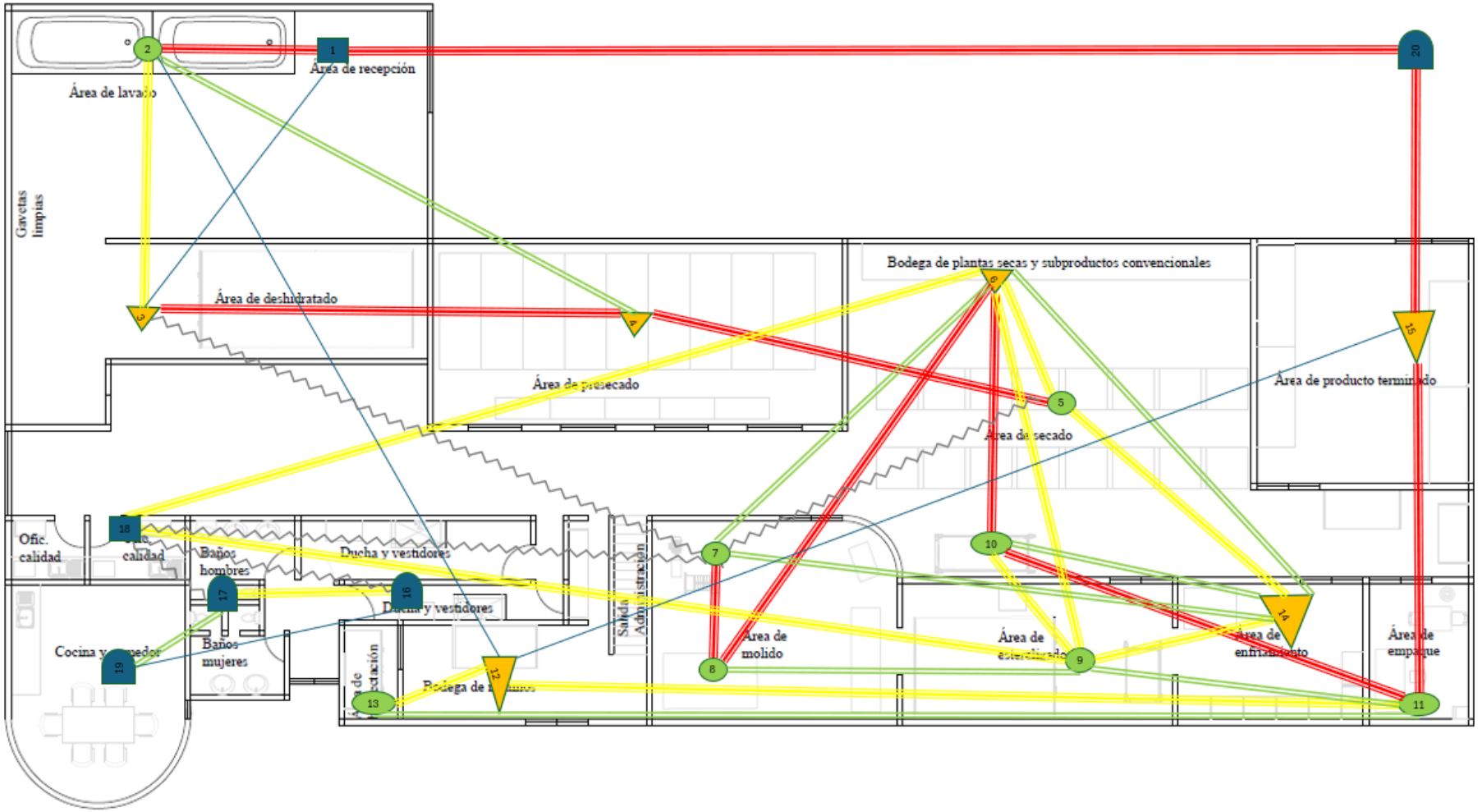
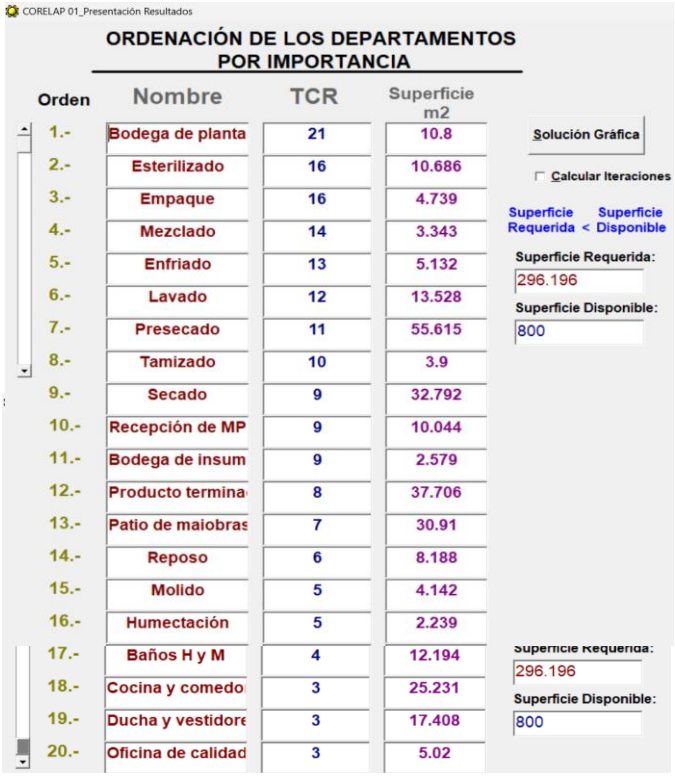


Figura 15. Diagrama de relación entre áreas en la planta actual

e. Disposición ideal

Para la determinación de la disposición ideal de las áreas dentro de la empresa, se utilizó el software Corelap 01. Este software permitió identificar las áreas con valores de prioridad de cercanía, proporcionando una base sólida para diseñar propuestas de redistribución eficientes, al ingresar los datos obtenidos del SLP como se muestra en el Anexo G. La Figura 16 ilustra cómo se pueden reorganizar las áreas para optimizar la proximidad entre las zonas de trabajo clave.



Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Bodega de planta	21	10.8
2.-	Esterilizado	16	10.686
3.-	Empaque	16	4.739
4.-	Mezclado	14	3.343
5.-	Enfriado	13	5.132
6.-	Lavado	12	13.528
7.-	Presecado	11	55.615
8.-	Tamizado	10	3.9
9.-	Secado	9	32.792
10.-	Recepción de MP	9	10.044
11.-	Bodega de insum	9	2.579
12.-	Producto termina	8	37.706
13.-	Patio de maiobras	7	30.91
14.-	Reposo	6	8.188
15.-	Molido	5	4.142
16.-	Humectación	5	2.239
17.-	Baños H y M	4	12.194
18.-	Cocina y comedo	3	25.231
19.-	Ducha y vestidore	3	17.408
20.-	Oficina de calidad	3	5.02

Figura 16. Valores de prioridad de cercanía de las áreas

Esto valores sirvieron de base para crear propuestas de redistribución más eficientes. En base a estos análisis, se desarrollaron cuatro propuestas, teniendo en cuenta la necesidad de encerrar ciertas máquinas y procesos debido a factores como el aumento del rendimiento, requerimientos específicos de las máquinas o la generación de polvo. Estas propuestas de redistribución se detallan en el Anexo H. Se determinó cuál es la mejor opción de redistribución, cada propuesta fue sometida a un análisis de carga-distancia, como se muestra en la Tabla 35. Este análisis permitió evaluar la eficiencia de cada diseño en términos de la proximidad y flujo óptimo de materiales y procesos dentro de la planta.

Tabla 35. Análisis carga distancia de las propuestas

Entre áreas	Unidades (U)	Actual		Propuesta A		Propuesta B		Propuesta C		Propuesta D	
		Distancia (D)	U x D	Distancia (D)	U x D	Distancia (D)	U x D	Distancia (D)	U x D	Distancia (D)	U x D
1 y 2	50	15.38	769.00	19.12	956.00	19.12	956.00	19.12	956.00	19.12	956.00
2 y 3	45	8.37	376.65	7.67	345.15	7.67	345.15	7.67	345.15	7.67	345.15
3 y 4	45	23.69	1066.05	21.18	953.10	21.18	953.10	21.18	953.10	21.18	953.10
4 y 5	27	17.98	485.46	14.55	392.85	13.28	358.56	13.28	358.56	13.28	358.56
5 y 14	6	29.87	179.22	20.45	122.70	6.31	37.86	14.41	86.46	6.31	37.86
14 y 7	6	26.19	157.14	13.41	80.46	12.12	72.72	13.12	78.72	13.06	78.36
7 y 8	6	2.00	12.00	5.60	33.60	11.82	70.92	9.58	57.48	4.98	29.88
8 y 6	3	18.36	55.08	20.95	62.85	3.36	10.08	11.67	35.01	11.91	35.73
6 y 9	1	27.77	27.77	18.39	18.39	12.81	12.81	12.10	12.10	12.59	12.59
9 y 14	1	3.64	3.64	11.76	11.76	8.98	8.98	10.71	10.71	7.41	7.41
14 y 10	1	13.94	13.94	4.51	4.51	16.42	16.42	13.14	13.14	12.33	12.33
10 y 11	1	17.94	17.94	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38
12 y 11	1	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77
12 y 13	1	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88
11 y 15	1	14.90	14.90	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77	16.77
18 y 6	1	32.28	32.28	19.00	19.00	33.27	33.27	33.27	33.27	33.27	33.27
18 y 9	1	37.38	37.38	30.59	30.59	31.27	31.27	31.27	31.27	15.60	15.60
Total			**3268.10**		**3076.76**		**2952.94**		**3016.77**		**2921.64**
Ahorro			0.00		191.34		315.16		251.33		346.46
Beneficio			0.00		5.85%		9.64%		7.69%		10.60%
Nota: Se toman distancias rectilíneas											

La Propuesta D se destacó como la opción más eficiente, logrando una reducción del 10.60% en la distancia total ponderada y una disminución de 351.25 metros en la distancia recorrida, lo que optimiza significativamente el flujo de trabajo. La Propuesta B también muestra una mejora considerable, con una reducción del 9.70% y 318.95 metros menos en la distancia recorrida. La Propuesta C, con una mejora del 7.76% y una disminución de 255.12 metros en la distancia recorrida, ofrece una eficiencia intermedia. La Propuesta A, aunque mejora la disposición actual con un beneficio del 5.94% y una reducción de 195.13 metros en la distancia recorrida, es la menos eficiente entre las propuestas.

3.5 Propuesta de redistribución

3.5.1 Diagrama de recorrido propuesto

La Figura 17 ilustra las correlaciones entre las áreas de la propuesta de redistribución, destacando cómo la proximidad estratégica entre ellas contribuye a una mayor eficiencia operativa. Por otra parte, la Figura 18 se presenta el diagrama de recorrido correspondiente a la alternativa D, diseñada para minimizar la distancia recorrida por los operarios.

La implementación de esta alternativa requiere de la demolición controlada de paredes existentes y construir otras nuevas para aislar ciertos procesos. Esto permite mejorar el rendimiento de las máquinas y evitar la contaminación cruzada. Esta propuesta no solo optimiza el flujo de trabajo al crear áreas específicas para cada proceso, sino que también mantiene los pasillos despejados, permitiendo una circulación fluida entre las distintas áreas.

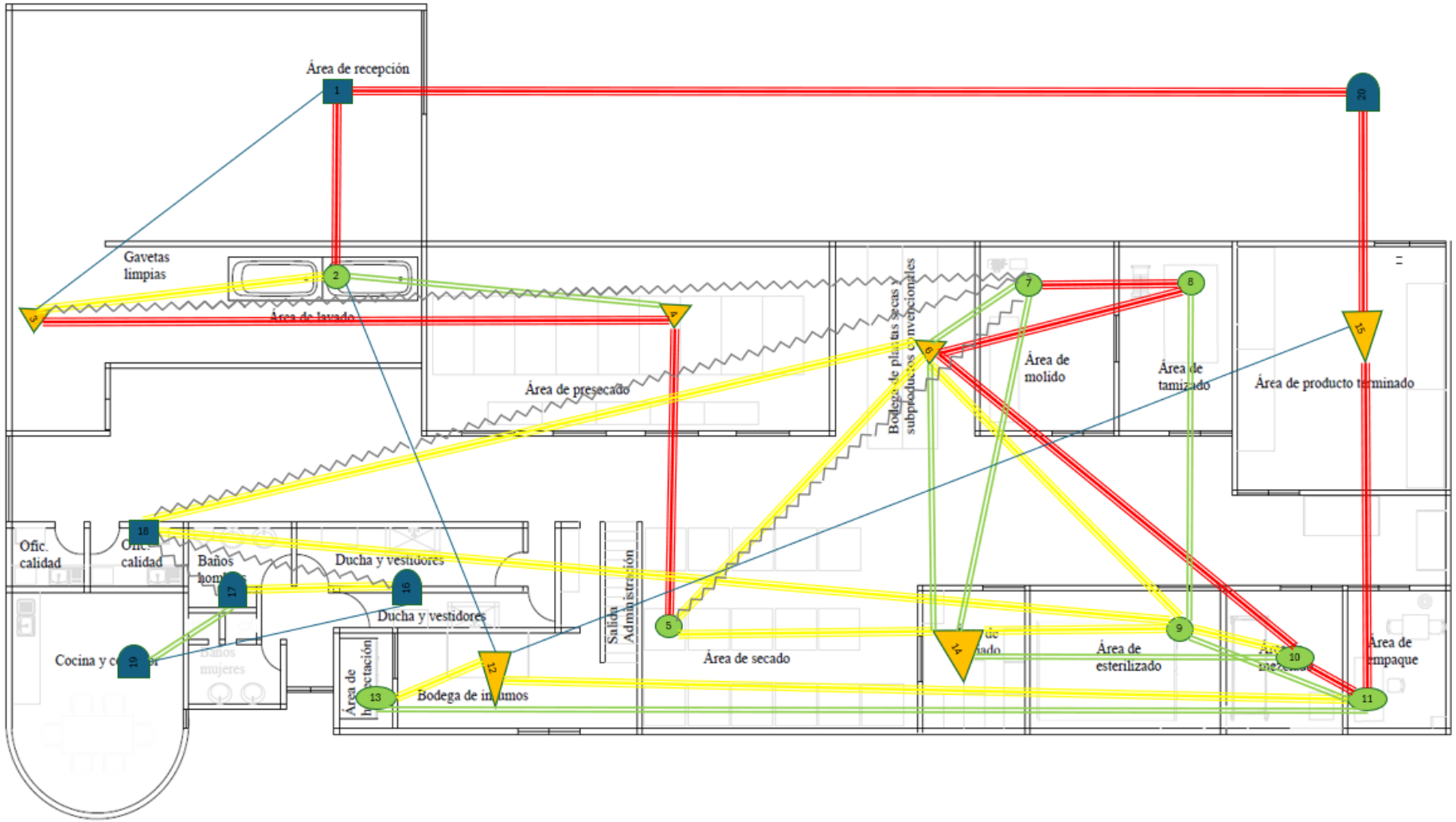


Figura 17. Diagrama de relación entre áreas en la planta propuesto

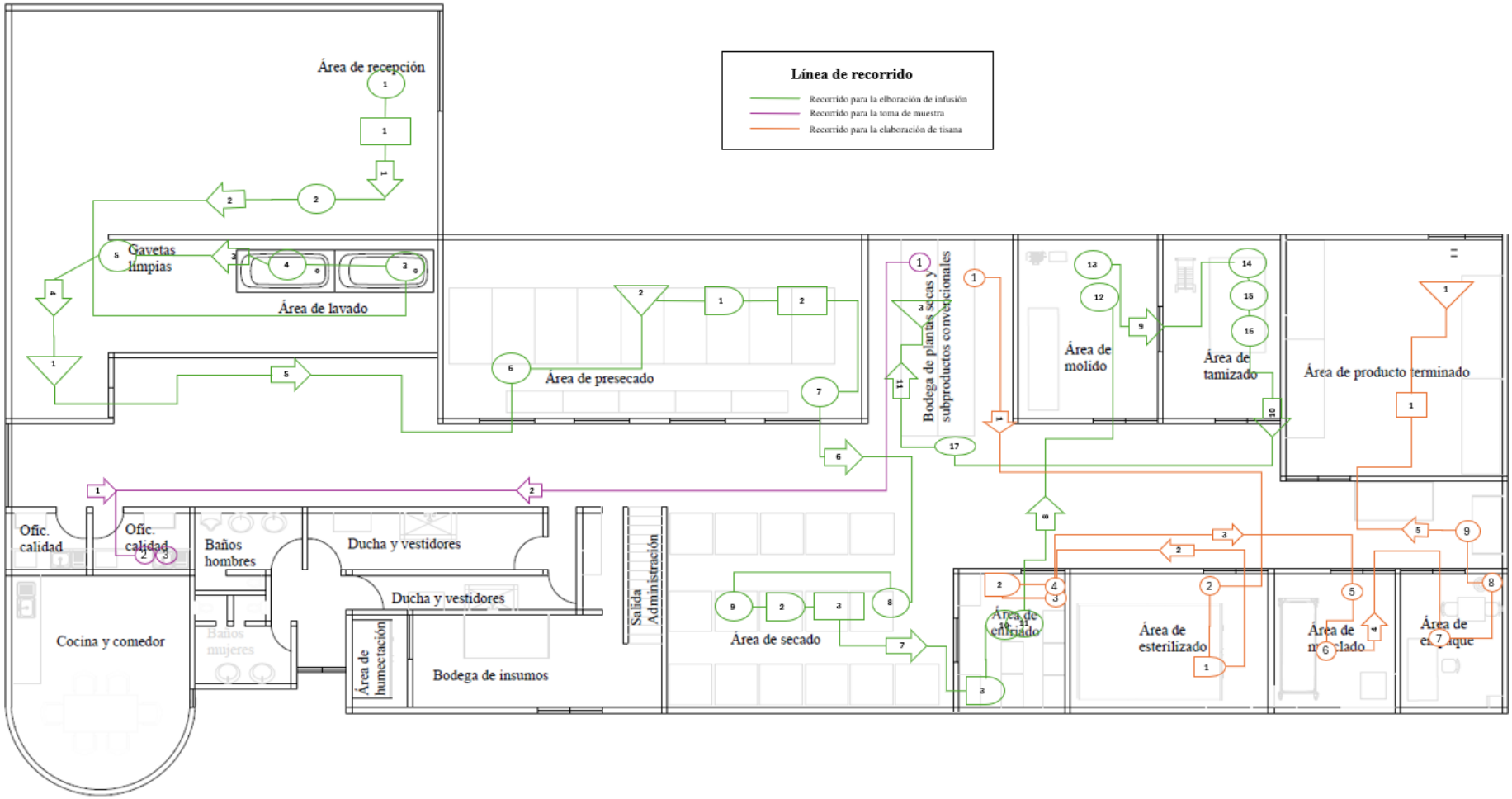


Figura 18. Diagrama de recorrido propuesto

3.5.2 Simulación de la propuesta

La Figura 19 ilustra la simulación de la redistribución de la planta en el software FlexSim, lo cual permitió validar la efectividad de la nueva disposición en términos de reducción de la distancia recorrida. Se mantuvo constantes de la demanda y valores de tiempo para obtener un análisis preciso y confiable de la propuesta, asegurando que cumpla con las expectativas de eficiencia y optimización del flujo de trabajo en la planta.

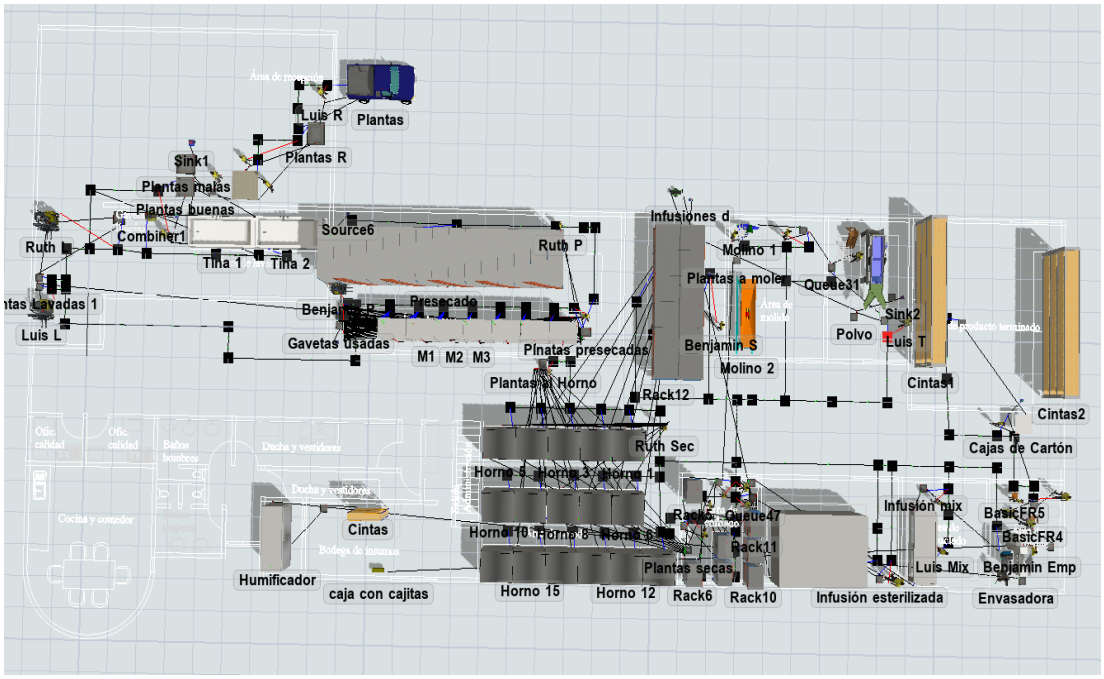


Figura. 19. Simulación de la redistribución propuesta

a. Capacidad de teórica vs Capacidad según simulación propuesta

La simulación se realiza en el peor de los escenarios posibles, es decir, cuando se recibe un pedido con la mayor demanda, que en este caso es de 900 cajas. Gracias al inventario disponible tanto en la bodega como en el área de presecado, es posible cumplir con esta demanda. La Figura 20 muestra las salidas de las máquinas para los procesos de producción de la infusión y de la tisana. La simulación se ha realizado bajo el peor de los escenarios posibles, es decir cuando se recibe un pedido con la mayor demanda, que en este caso es de 900 cajas.

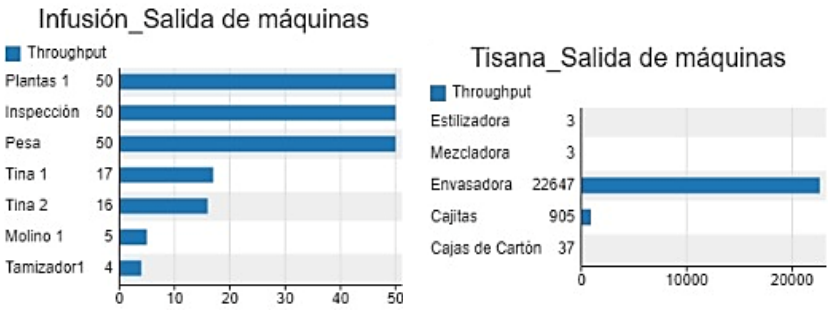


Figura 20. Cantidad de unidades obtenidas en la simulación de la propuesta

En el diagrama de barra de las salidas de la infusión, se observa un aumento en la cantidad de plantas lavadas en la tina 1. Este incremento sugiere una mejora en el tiempo de transporte, lo que ha resultado en un aumento de 120 kg en la cantidad total de plantas lavadas, a pesar de que los criterios de simulación de la propuesta se mantuvieron con respecto a los criterios de la situación actual de la empresa.

b. Distancia teórica vs Distancia simulada

La obtención del número de trayectorias se obtuvo en base al criterio de la obtención de las distancias del estado actual de la empresa. En la Figura 21 se muestra la distancia recorrida en la simulación de la propuesta de redistribución.

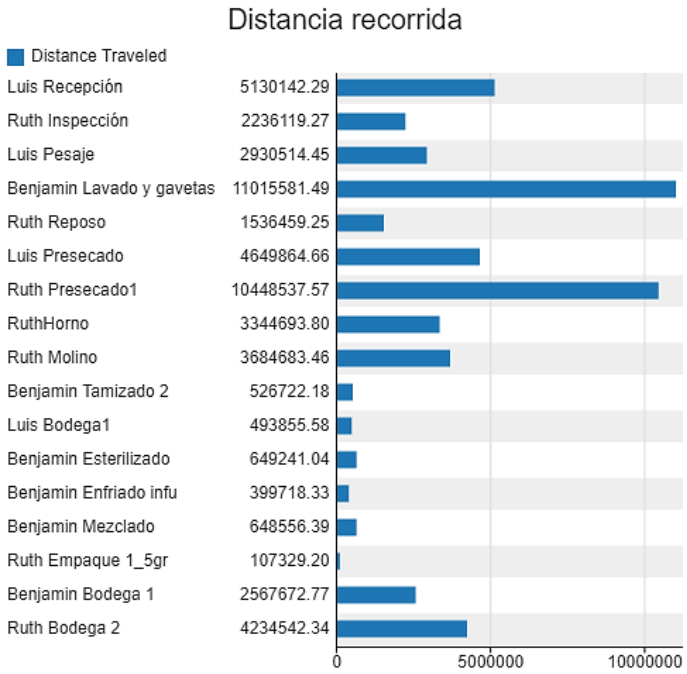


Figura 21. Distancia obtenida de la simulación propuesta

La Tabla 36 presenta la distancia teórica planificada en la propuesta y la distancia efectivamente recorrida por los colaboradores en la simulación, utilizando el mismo método de cálculo y formato utilizados en la compasión de distancias del estado actual de la empresa.

Tabla 36. Distancia recorrida teórica vs distancia recorrida simulada de la propuesta

Actividad	Número de trayectorias	Distancia (m)	Teórica	Simulada	
			Propuesta	Simulada	Simulada (sin escala)
Desembarcar plantas frescas	99	5.63	557370	5130142.29	570015.81
Inspeccionar y clasificar plantas	99	2.24	221760	2227920.37	247546.71
Llevar al área de pesaje	99	3.53	349470	2930514.45	325612.72
Llevar las plantas al área de lavado	89	7.72	687080	11015581.5	1223953.50
Colocar plantas en gavetas	89	5.28	469920		
Llevar las plantas a reposar	89	2.39	212710	1536459.25	170717.69
Llevar las plantas a presecado	89	21.18	1885020	4649864.66	516651.63
				3216447.21	357383.02
				10448537.6	1160948.62
Llevar las plantas a secado	11	13.28	146080	3344693.8	371632.64
Llevar las plantas a enfriado	11	6.31	69410		
Llevar al molino	11	13.06	143660	3673662.1	408184.68
Enviar las plantas al tamizador	11	4.98	54780	526722.18	58524.69
Enviar a bodega	5	11.91	59550	493855.58	54872.84
Llevar infusiones a esterilizado	5	12.59	62950	649241.04	72137.89
Enviar al área de enfriado	5	7.41	37050	399718.33	44413.15
Enviar infusiones para mezclar	5	12.33	61650	648556.39	72061.82
Llevar al área de empaque	5	9.38	46900	107329.2	11925.47
Llevar pedido a bodega	73	16.77	1224210	2567672.77	285296.97
				4234542.34	470504.70

La comparación entre las distancias teóricas y simulada de la propuesta reveló las áreas donde se logró una reducción significativa en las distancias a recorrer. Este análisis permitió identificar con precisión las secciones del proceso en las que la redistribución optimizada ha generado mejoras en la eficiencia operativa, facilitando un flujo de trabajo más ágil y reduciendo el tiempo de desplazamiento de los colaboradores.

3.5.3 Comparación de distancia actual vs propuesta

La Figura 22 muestra una comparación de las distancias teóricas recorridas entre la disposición actual y la propuesta.

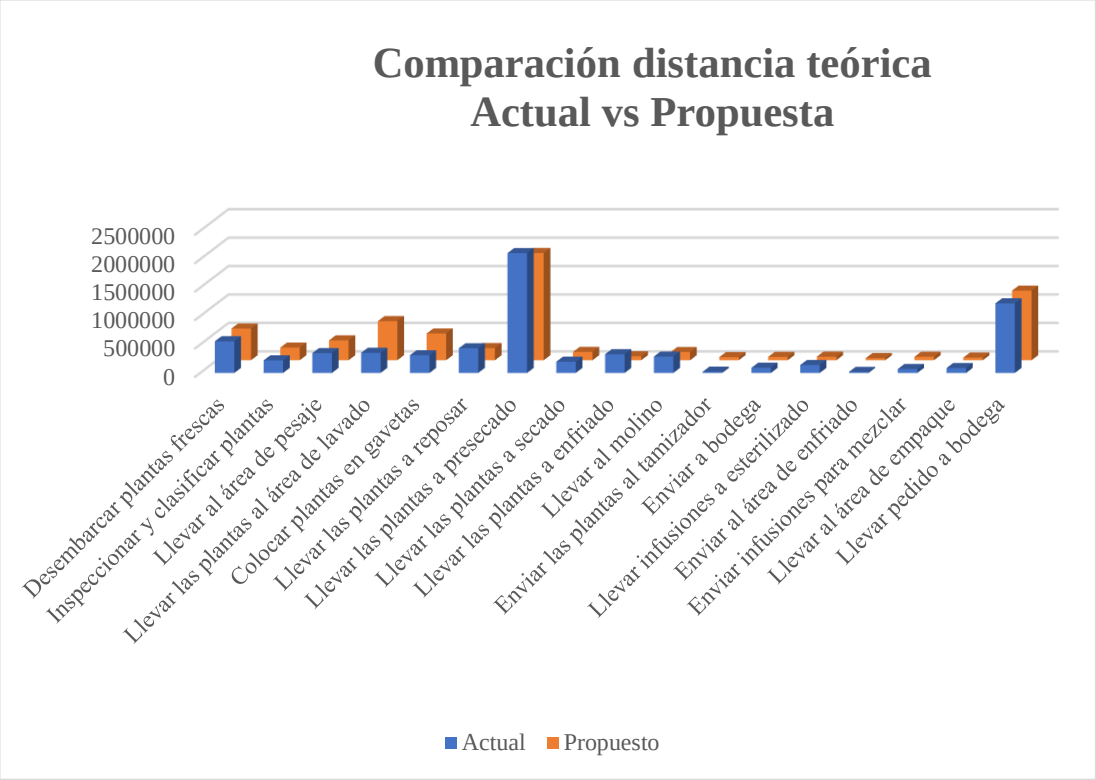


Figura 22. Comparación de distancias teóricas

Se observó una notable reducción en la distancia recorrida para la mayoría de las actividades al aplicar el modelo de rediseño propuesto. Específicamente, las actividades de traslado de plantas lavadas al reposo, de traslado de plantas al presecado, al secado, al enfriado y al molino muestran una disminución significativa en las distancias. Esto evidencia que la reorganización ha logrado reducir considerablemente las distancias en áreas clave del proceso productivo, mejorando la eficiencia operativa.

No obstante, algunas actividades presentan poca o ninguna diferencia entre la distancia teórica actual y la propuesta, lo que sugiere que estas áreas ya estaban optimizadas. En conjunto, estos hallazgos demostraron la efectividad del rediseño de instalaciones en

la empresa Jambi Kiwa, destacando tanto los éxitos en la reducción de distancias recorridas.

La Figura 23 muestra una comparación de las distancias obtenidas en las simulaciones entre la disposición actual y la propuesta.

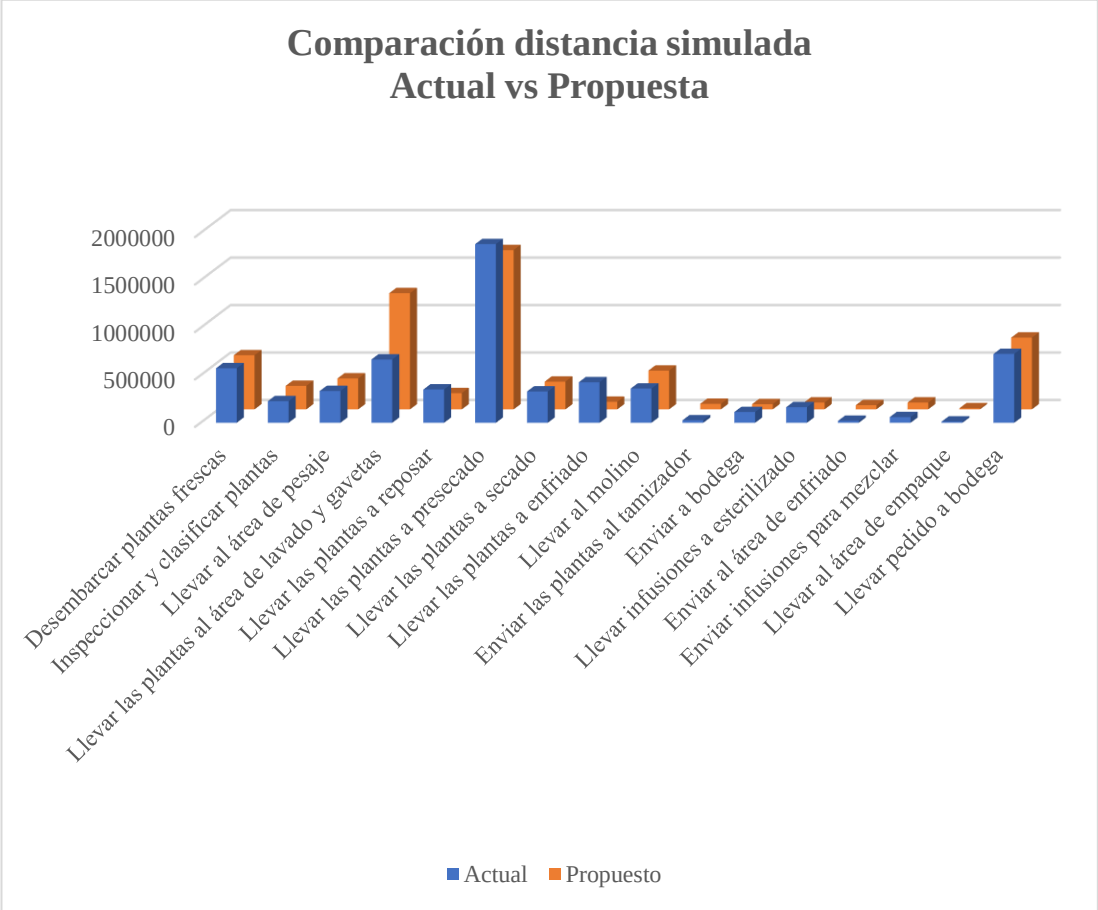


Figura 23. Comparación de distancia de la simulación

Las simulaciones han revelado reducciones significativas en la distancia recorrida, especialmente en los traslados de plantas al área de reposo, presecado, secado, enfriado, bodega y empaque. Estas disminuciones reiteran la eficacia de la propuesta de redistribución al brindar mejoras sustanciales en el proceso productivo.

Comparando ambas figuras, se observa que la propuesta reduce la distancia en la mayoría de los pasos en ambos escenarios. En la Figura 22, la reducción es más notable en los pasos de enviar las plantas a secado y llevar las plantas a reposo. En la Figura 23 también se observan reducciones reforzando la validez de la propuesta, mostrando

que las mejoras teóricas pueden ser efectivas en la práctica, y sugiriendo que la implementación de la propuesta podría mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados con el movimiento de materiales dentro del proceso.

3.6 Costos redistribución de instalaciones

La redistribución de instalaciones implica una serie de inversiones y ajustes que pueden influir significativamente en los costos operativos de una empresa. Este apartado examina los costos asociados con la reconfiguración de las áreas de producción, desde la demolición y construcción de nuevas estructuras hasta la reubicación de equipos.

En la Tabla 37 se detallan los costos asociados a la redistribución de instalaciones, abarcando aspectos clave como la mano de obra, los materiales y el desmontaje y montaje de maquinaria. Aunque la mano de obra es esencial para la ejecución del proyecto, se observa una inversión significativamente mayor en materiales de construcción, destacando la importancia de estos en el proceso de redistribución.

Tabla 37. Costos de redistribución [32]

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo
MANO DE OBRA				
Peón	1		66.24	66.24
Albañil	2		100.56	201.12
Electricista	1		33.52	33.52
Total, mano de obra				**300.88**
MATERIALES				
Derrocamiento				
Derrocamiento de estructura existente	5.3	m3	50.64	268.392
Limpieza	5.3	m2	1.64	8.692
Estructura				
Hormigón en muros	7.6	m3	234.63	1783.188
Enlucido				
Enlucido vertical	2.53	m2	7.94	20.0882
Recubrimiento				
Pintura	2.53	m2	4.2	10.626
Empaste	2.53	m2	3.98	10.0694
Instalaciones eléctricas				
Caja de circuitos	4	U	70	280
Punto de iluminación	2	U	25	50
Tomacorriente 220V	4	U	5	20

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo
Obra complementaria				
Limpieza final de obra	1.77	m2	2.5	4.425
Total, materiales				**453.09**
DESMONTAJE Y MONTAJE				
Desmontaje y montaje	20	U	4.19	83.8
Patín móvil	4	U	40	160
Total, montaje y desmontaje				**243.80**

Los conceptos enumerados se obtuvieron de fuentes confiables, como revistas de arquitectura de la Cámara de Construcción de Ambato, libros especializados en arquitectura y consultas con expertos en el área. No obstante, es importante destacar que los costos presentados solo proporcionan una referencia aproximada del valor de la inversión requerida para la redistribución de las instalaciones. En la Tabla 38 se muestra un resumen de los costos, junto con el costo total de referencia de la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 38. Resumen de costos

Concepto	Costo
Mano de obra	300.88
Material	2455.48
Desmontaje y montaje	243.8
Total	**3000.16**

La inversión en materiales es predominante, lo que subraya la importancia de seleccionar insumos de alta calidad para asegurar la durabilidad y eficiencia de las instalaciones. Los costos de mano de obra están bien gestionados, asegurando que se cuenta con el personal necesario sin inflar el presupuesto total. La adecuada planificación de las actividades de desmontaje y montaje garantiza que estas tareas se realicen de manera eficiente, contribuyendo a un control efectivo de los costos.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó un diagnóstico del estado actual de las instalaciones de Jambi Kiwa, detectando áreas de mejora en la distribución y aprovechamiento del espacio. Se identificaron ineficiencias en el flujo de trabajo y en la disposición de las áreas, evidenciado por la necesidad de recorrer una distancia mínima de 259.75 metros para realizar 15 transportes duran el proceso de fabricación. Esto repercute negativamente en la productividad y en la eficiencia operativa de la empresa. Además, se evaluó el estado de los recursos y equipos actuales, determinando la exclusión de máquinas como el secador de alimentos, la selladora de fundas plásticas, la picadora y la empaquetadora de tisanas envueltas en fundas plásticas en la propuesta de redistribución de la instalación.

- A través de una revisión bibliográfica siguiendo las etapas de la metodología PRISMA, se identificó que la metodología de rediseño de instalaciones más adecuada para la empresa Jambi Kiwa, con su configuración mixta de producción por lote y por producto, es la Metodología de Planificación Sistemática de la Distribución (SLP). Los resultados indican que la aplicación de SLP es esencial para lograr una redistribución óptima de las instalaciones.

- La metodología SLP (Planificación Sistemática del Diseño de la Distribución) se aplicó con el propósito de optimizar el flujo de trabajo, disminuyendo los tiempos de desplazamiento mediante la consideración de la relación entre las distintas áreas. Utilizando el software Corelap, se asignaron valores de prioridad más altos a la bodega de planta, el área de esterilizado y el área de empaque, debido a la relevancia de su interacción con otras áreas dentro de la empresa.

- La propuesta de reorganización demostró ser tanto técnica como económicamente viable. Se proyecta una mejora significativa en la eficiencia operativa y la capacidad productiva de la empresa. Se estimó una reducción de 351.25 metros en el recorrido, lo que representa un ahorro del 10.60% de la distancia total recorrida.

El costo de inversión asciende a $3000.16 dólares, y se contempla la posibilidad de involucrar a los colaboradores de la planta para reducir los costos.

- Los hallazgos de este estudio aportan al grupo de investigación "Enhancing the Agrifood Supply Chain towards Industry 5.0 (AGRO5) in the Ecuadorian Andes", proporcionando un modelo de referencia para otras empresas que buscan mejorar sus procesos productivos y su competitividad en el mercado global.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener actualizados los planos de las instalaciones de la empresa ante cualquier modificación que se realice en la empresa. Esto evita confusiones en la disposición de los espacios y facilitar la gestión logística interna.

- Se sugiere considerar la renovación de maquinaria obsoleta por equipos más eficientes y compactos, que ocupen menos espacio y requieran menos mantenimiento.

- Se recomienda fomentar la participación activa del equipo de trabajo en el proceso de redistribución de instalaciones, incentivando la generación de ideas y soluciones innovadoras.

- Se sugiere la adopción de sistemas de extracción de polvo más eficientes y que minimicen la dispersión de partículas en el ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Veloz, M. Vásquez, and M. Arrascue, "Mejora de distribución de planta, para incrementar la productividad, en la empresa Timones Hidráulicos Veloz de la ciudad de Trujillo," *Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 7, no. 2, pp. 136–150, 2020.

[2] E. Ramírez, V. Chud, and J. Orejuela, "Propuesta metodológica multicriterio para la distribución semicontinua de plantas," *Suma de Negocios*, vol. 10, no. 23, pp. 132–145, Dec. 2019, doi: 10.14349/sumneg/2019.v10.n23.a6.

[3] A. Ramírez, "Propuesta de distribución en planta de Maderatto LTDA. encaminada a la mejora en la productividad del proceso productivo de superficies sólidas," 2021.

[4] K. Torres, L. Flórez, C. Sánchez, and M. Castañeda, "Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (G.L.G)," *Ingeniería*, vol. 25, no. 2, pp. 103–116, Jul. 2020, doi: 10.14483/23448393.15378.

[5] J. Reyes, M. Barragán, P. Sánchez, and M. García, "Planificación del diseño de las instalaciones de la industria de comercialización de neumáticos," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. 42, no. 2, pp. 616–629, 2021.

[6] M. Balarezo, "Diseño de layout para la optimización de los procesos productivos," Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2022.

[7] N. Rodríguez, "Técnicas heurísticas y metaheurísticas aplicadas al problema de la disposición de instalaciones," Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, 2022.

[8] L. Tafur and A. Rodríguez, "Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa productora de infusiones a base de cascarilla de cacao orgánico en el departamento del Tolima," Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, Nariño, 2022.

[9] R. Hernández, “Aumento de productividad con el uso de la estrategia Lean Manufacturing y herramientas de mejora continua,” Universidad la Salle, Ciudad de México, 2020.

[10] M. Chumacero and N. Hernández, “Aprovechamiento de la cascarilla de cacao, mediante la innovación de productos filtrantes, a base del Código de la NTP 209.228:2021,” Universidad César Vallejo, Piura, 2022.

[11] J. Aguirre and C. Ticona, “Implementación de la empresa infusiones la Yungueñita S.R.L. y su producto té de sultana,” Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2022.

[12] R. Chinlli, “Estudio técnico-económico para la instalación de una planta productora de agua aromática refrescante a base de menta,” Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2021.

[13] A. Sánchez, “Estrategias para el desarrollo y comercialización de tés medicinales para la comunidad universitaria,” Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Morelos, 2023.

[14] E. Flores, *Administración de operaciones*, 1st ed. Lima: Macro, 2016. [Online]. Available: www.editorialmacro.com.

[15] A. García, G. García, M. Pérez, and L. Sánchez, *Manual de dirección de operaciones. Decisiones estratégicas*. Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria, 2013. doi: 10.22429/Euc2021.007.

[16] G. Bocangel, C. Rosas, and G. Bocangel, *Ingeniería Industrial*, vol. 1. Huánuco, 2021.

[17] M. Balazero, “Diseño de layout para la optimización de los procesos de producción en la Lubricadora Salcedo,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2022.

[18] J. Játiva, “Redistribución de instalaciones para la mejora de la productividad en la planta de producción de la empresa calzado Gusmar,” Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.

[19] M. Arcos, “Estudios de tiempos y movimientos en el centro de faenamiento E.T ‘Elina Torres’ en los procesos de producción de la línea bovina,” Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.

[20] J. Moreira and Y. Ramos, “Estudio de tiempos y movimiento en el área de almacenamiento de una comercializadora avícola,” *Ingeniería*, vol. 7, no. 13, pp. 45–61, Apr. 2024, doi: 10.46296/ig.v7i13edespab.0183.

[21] B. Óscar, “Fundamentos teóricos generales para el diseño de procesos de elaboración de bienes materiales y servicios,” El Salvador, 2024.

[22] M. Sánchez and K. Suárez, “Optimización del proceso de sellado en la producción de yogurt griego en la industria láctea del Grupo Rossi,” Ingeniería Industria, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2024.

[23] D. Toapanta, “Estudio de tiempos y movimientos en el área de producción de juguetes cannos a base de carnaza de la empresa Soguar S.A.,” Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2024.

[24] M. Aldaz, “Evaluación y rediseño de plantas en la empresa de lácteos Alanba,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2020.

[25] D. Clavón, “Redistribución de instalaciones en el área de producción de la empresa lácteos Amilac,” Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.

[26] A. Figueroa, “Fortalecimiento de conceptos Lean MAnufacturing a través del uso de escenarios simulados en FlexSim,” Universidad Tecnológica de Centroamérica, Tegucigalpa, 2020.

[27] K. Torres, L. Flórez, C. Sánchez, and N. Castañeda, “SLP Methodology for Plant Distribution in Glue Laminated Guadua (GLG) manufacturing companies,” *Ingenieria (Colombia)*, vol. 25, no. 2, pp. 103–116, May 2020, doi: 10.14483/23448393.15378.

[28] Q. L. Lin and D. Wang, “Facility Layout Planning with SHELL and Fuzzy AHP Method Based on Human Reliability for Operating Theatre,” *J Healthc Eng*, vol. 2019, pp. 1–12, 2019, doi: 10.1155/2019/8563528.

[29] P. Pérez, J. Mula, and M. Díaz, “A bottom-up multi-objective optimisation approach to dynamic facility layout planning,” *Int J Prod Res*, vol. 62, no. 3, pp. 626–643, 2024, doi: 10.1080/00207543.2023.2168308.

[30] J. Ortega, “Diseño de planta para la optimización del proceso de producción de calzado deportivo en la empresa Panamus,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.

[31] B. Díaz and M. Noriega, *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima, 2017.

[32] D. Pinargote, “Modus vivendi,” *Cámara de la Construcción de Ambato*, Ambato, pp. 10–60, 2024.

ANEXOS

Anexo A. Entrevista para el análisis interno de la empresa

Entrevista

Objetivo: Determinar el estado actual de la empresa y sus instalaciones

Pregunta N° 1

¿Podría proporcionar una descripción detallada del proceso actual de producción de tisanas (bolsas de té) que se lleva a cabo en la empresa?
(Si la respuesta es positiva, describa los pasos específicos involucrados, desde la recepción de materias primas hasta el envasado final del producto.)

El proceso inicia con una inspección visual en la recepción para detectar cualquier cuerpo extraño y pruebas organolépticas en las plantas aromáticas y medicinales, el proceso avanza hacia el registro y pesaje, donde se documenta el peso, almacenamiento y manipulación de las variedades de plantas. Posteriormente, las plantas pasan por lavado, seguido de pre-secado y secado para extraer la humedad y destruir microorganismos. Luego, las plantas son molidas y tamizadas para obtener diferentes productos, donde la infusión es sometida a la cámara de esterilización. Finalmente, la tisana se empaca en bolsas de sellado hermético, etiquetadas con información crucial como fecha de elaboración y vencimiento, antes de ser almacenado en sacos de polipropileno en un área designada, mientras se llevan a cabo controles rigurosos de calidad en todas las etapas del proceso.

Pregunta N° 2

¿La empresa cuenta con planos actualizados que detallen las áreas de producción y dimensiones totales de las instalaciones?
(Si la respuesta es positiva, proporcionar información sobre la persona responsable que pueda brindar esta información)

La empresa cuenta con planos actualizados que ofrecen una visión general de las áreas de producción, sin embargo, no incluyen las dimensiones totales ni por área de las instalaciones.

Pregunta N° 3

¿Podría proporcionar una lista detallada de los equipos y máquinas necesarios para llevar a cabo el proceso de obtención de tisanas en la planta y si estas cuentan con sus fichas técnicas?

Entre los equipos disponibles se encuentran una balanza industrial, un secador de alimentos, esterilizadores tanto digitales como manuales, una dosificadora de líquidos de baja densidad semiautomática y una selladora de fundas plásticas. Además, disponen de un humificador, una secadora, molinos equipados con cuchillas y martillos, una tamizadora y una picadora. También cuentan con equipos para esterilizado, mezclado y empaquetado, incluyendo empaquetadoras tanto para fundas de plástico como de papel.

Pregunta N° 4

¿Podría identificar los tres sabores de tisana que actualmente registran el mayor volumen de ventas en Jambi Kiwa?
(Si la respuesta es positiva, proporcionar detalles adicionales sobre estos tres sabores, como sus características distintivas, los ingredientes principales y cualquier otro aspecto relevante que pueda influir en su popularidad y éxito en el mercado)

Los sabores de tisana que actualmente lideran las ventas en Jambi Kiwa son Algemix, Eucaliment y Té de la Abuela y Tres Aromas. Algemix destaca por su capacidad para ayudar al consumidor a perder peso, lo que impulsa su alto volumen de ventas. Por otro lado, Eucaliment es preferido por sus beneficios para prevenir y tratar resfriados, lo que contribuye significativamente a su popularidad y demanda en el mercado. Finalmente, Té de la Abuela y Tres Aromas son apreciados principalmente por su delicioso sabor, lo que les permite mantener una alta acogida entre los consumidores

Pregunta N° 5

¿Dispone la planta de personal dedicado exclusivamente al manejo o transporte de materiales o productos entre áreas?
(Si la respuesta es positiva, podría proporcionar información sobre la estructura salarial mensual de este personal)

No, la empresa no dispone de personal dedicado exclusivamente al manejo o transporte de materiales o productos entre áreas

Pregunta N° 6

¿Describa el proceso actual de transporte de materiales o productos entre áreas dentro de la planta y qué equipos se utilizan para llevar a cabo este proceso?

El proceso actual de transporte de materiales o productos entre áreas dentro de la planta se lleva a cabo utilizando principalmente bandejas y un carrito. Las bandejas se utilizan para transportar cantidades relativamente pequeñas de productos entre áreas cercanas, mientras que el carrito se emplea para mover cargas más grandes o varias bandejas a la vez entre áreas más distantes o de mayor volumen de producción.

Pregunta N° 7

¿Podría explicar si la disposición existente se originó a partir de un análisis o metodología de diseño de instalaciones previamente establecida?
(Si la respuesta es positiva, proporcionar detalles sobre el análisis realizado o la metodología de diseño utilizada, incluyendo los criterios considerados y cualquier evaluación de eficiencia o funcionalidad que haya sido parte del proceso)

La disposición actual de la empresa se originó a partir de un análisis detallado realizado durante el proceso de reingeniería de los procesos de secado, molienda y tamizado de plantas aromáticas, llevado a cabo en el año 2015 por miembros de la Universidad Central del Ecuador. Este estudio se realizó con el objetivo de mejorar la calidad de los derivados y productos finales. Durante el proceso de reingeniería, se utilizaron metodologías específicas de diseño de instalaciones, que incluyeron criterios como la optimización del flujo de trabajo, la eficiencia operativa y la funcionalidad de las áreas de producción.

Pregunta N° 8

¿Podría proporcionar una descripción detallada de los cambios significativos realizados en la infraestructura física y tecnológica de la planta en los últimos años?
(Si la respuesta es positiva, proporcionar información detallada sobre los cambios realizados y sus beneficios observados)

No, la planta no ha experimentado cambios significativos en su infraestructura física y tecnológica desde el año 2008.

Pregunta N° 9

¿Se ha contemplado la necesidad de realizar una expansión estructural o cambiar la distribución actual de la planta y cuáles son las razones que respaldan esta decisión?

Se ha considerado la necesidad de realizar una expansión estructural o cambiar la distribución actual de la planta con el fin de acomodar una nueva línea de negocio dentro del presupuesto establecido. La decisión de esta expansión o rediseño se respalda en la búsqueda de aprovechar oportunidades de crecimiento y diversificación del negocio.

Pregunta N° 9.1

¿Cuáles han sido los principales obstáculos o desafíos que ha enfrentado la empresa al intentar implementar cambios en la distribución e infraestructura de sus instalaciones?

Uno de los principales obstáculos que ha enfrentado la empresa al intentar implementar cambios en la distribución e infraestructura de sus instalaciones ha sido la falta de presupuesto y financiamiento necesario.

Anexo B. Cálculo del índice de desempeño

Tabla B1. Cálculo del índice de desempeño de materia prima

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.13	A2	Superior
Esfuerzo	0.05	C1	Bueno
Condiciones	-0.03	E	Aceptable
Consistencias	0.01	C	Buena
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B2. Cálculo del índice de desempeño de lavado

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.13	A2	Superior
Esfuerzo	0.05	C1	Bueno
Condiciones	0.00	D	Promedio
Consistencias	0.03	B	Excelente
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B3. Cálculo del índice de desempeño de presecado

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.03	C2	Bueno
Esfuerzo	0.02	C2	Bueno
Condiciones	0.00	D	Promedio
Consistencias	0.01	C	Buena
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B4. Cálculo del índice de desempeño de secado

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.08	B2	Excelente
Esfuerzo	-0.08	E2	Aceptable
Condiciones	0.02	C	Bueno
Consistencias	0.01	C	Buena
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B5. Cálculo del índice de desempeño de enfriado

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.13	A2	Superior
Esfuerzo	0.00	D	Promedio
Condiciones	0.02	C	Bueno
Consistencias	0.03	B	Excelente
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B6. Cálculo del índice de desempeño de calidad

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.00	D	Promedio
Esfuerzo	0.02	C2	Bueno
Condiciones	0.02	C	Bueno
Consistencias	0.01	C	Bueno
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B7. Cálculo del índice de desempeño de molino

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.06	C1	Bueno
Esfuerzo	0.05	C1	Bueno
Condiciones	0.00	D	Promedio
Consistencias	0.01	C	Buena
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B8. Cálculo del índice de desempeño de esterilizado

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.11	B1	Excelente
Esfuerzo	0.08	B2	Excelente
Condiciones	0.02	C	Bueno
Consistencias	0.01	C	Bueno
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Tabla B9. Cálculo del índice de desempeño de empaque

Factores del método de nivelación de Westhinghouse			
Factor	**Escala**	**Tipo**	**Descripción**
Habilidad	0.06	C1	Bueno
Esfuerzo	0.05	C1	Bueno
Condiciones	-0.03	E	Aceptable
Consistencias	0.01	C	Buena
RITMO TÍPICO BRITÁNICO:			100

Anexo C. Cálculo de tiempo normal

Tabla C1. Cálculo tiempo normal de recepción de materia prima

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Recepción de materia prima			EQUIPO	Balanza industrial		
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Luis Amancha	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	174	176	170	520.00	173.33	0.84	145.60
2	B	1185	1180	1183	3548.00	1182.67	0.84	993.44
3	C	5	6	5	16.00	5.33	0.84	4.48
4	D	243	245	237	725.00	241.67	0.84	203.00
5	E	17	16	17	50.00	16.67	0.84	14.00
6	F	54	55	60	169.00	56.33	0.84	47.32
7	G	5	6	5	16.00	5.33	0.84	4.48
8	H	11	12	11	34.00	11.33	0.84	9.52
TN (min)								**1421.84**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C2. Cálculo tiempo normal de lavado

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de lavado			EQUIPO			
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Benjamin Guambo	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	50	52	63	165.00	55.00	0.79	43.45
2	B	11	12	9	32.00	10.67	0.79	8.43
3	C	5	4	4	13.00	4.33	0.79	3.42
4	D	53	50	50	153.00	51.00	0.79	40.29
5	E	447	445	446	1338.00	446.00	0.79	352.34
6	F	8	8	7	23.00	7.67	0.79	6.06
7	G	6	7	6	19.00	6.33	0.79	5.00
8	H	7	6	8	21.00	7.00	0.79	5.53
9	I	0	0	0	0.00	0.00	0.79	0.00
10	J	18	17	20	55.00	18.33	0.79	14.48
TN (min)								**479.00**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C3. Cálculo tiempo normal de presecado

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de presecado			EQUIPO			
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Benjamin Guambo	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	6	6	5	17.00	5.67	0.94	5.33
2	B	925	932	933	2790.00	930.00	0.94	874.20
3	C	4317	4316	4319	12952.00	4317.33	0.94	4058.29
4	D	245	233	237	715.00	238.33	0.94	224.03
5	E	482	482	485	1449.00	483.00	0.94	454.02
6	F	17	18	17	52.00	17.33	0.94	16.29
TN (min)								**5632.17**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C4. Cálculo tiempo normal de secado

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de secado			EQUIPO	Secadora		
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Ruth Marcatoa	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	3.00	3.00	4.00	10.00	3.33	0.97	3.23
2	B	452.00	455.00	451.00	1358.00	452.67	0.97	439.09
3	C	957.00	951.00	956.00	2864.00	954.67	0.97	926.03
4	D	121.00	121.00	117.00	359.00	119.67	0.97	116.08
5	E	10.00	11.00	14.00	35.00	11.67	0.97	11.32
TN (min)								**1495.74**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C5. Cálculo tiempo normal de enfriado

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de enfriado			EQUIPO			
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Ruth Marcatoa	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	16	14	15	45.00	15.00	0.82	12.30
2	B	31	30	31	92.00	30.67	0.82	25.15
3	C	356	362	362	1080.00	360.00	0.82	295.20
4	D	5	6	5	16.00	5.33	0.82	4.37
5	E	68	69	68	205.00	68.33	0.82	56.03
6	F	7	7	8	22.00	7.33	0.82	6.01
7	G	9	8	9	26.00	8.67	0.82	7.11
TN (min)								**406.17**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C6. Cálculo tiempo normal de molino

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de molino			EQUIPO	Molino y tamizador		
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Luis Amancha	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	14	12	12	38.00	12.67	0.88	11.15
2	B	6	5	7	18.00	6.00	0.88	5.28
3	C	236	237	240	713.00	237.67	0.88	209.15
4	D	6	7	8	21.00	7.00	0.88	6.16
5	E	6	5	7	18.00	6.00	0.88	5.28
6	F	11	12	12	35.00	11.67	0.88	10.27
7	G	11	12	9	32.00	10.67	0.88	9.39
8	H	6	5	4	15.00	5.00	0.88	4.40
9	I	6	5	4	15.00	5.00	0.88	4.40
10	J	19	21	18	58.00	19.33	0.88	17.01
11	K	46	47	47	140.00	46.67	0.88	41.07
12	L	25	27	27	79.00	26.33	0.88	23.17
13	M	10	9	10	29.00	9.67	0.88	8.51
14	N	6	7	5	18.00	6.00	0.88	5.28
15	Ñ	5	6	7	18.00	6.00	0.88	5.28
16	O	5	6	7	18.00	6.00	0.88	5.28
17	P	12	13	11	36.00	12.00	0.88	10.56
18	Q	4	6	5	15.00	5.00	0.88	4.40
TN (min)								**386.03**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C7. Cálculo tiempo normal de molino

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Oficina de calidad			EQUIPO			
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Ruth Marcatoa	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	12.00	9.00	9.00	30.00	10.00	0.95	9.50
2	B	11.00	12.00	13.00	36.00	12.00	0.95	11.40
3	C	9.00	11.00	12.00	32.00	10.67	0.95	10.13
4	D	243.00	239.00	239.00	721.00	240.33	0.95	228.32
5	E	9.00	10.00	11.00	30.00	10.00	0.95	9.50
TN (min)								**268.85**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C8. Cálculo tiempo normal de esterilizado

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de esterilizado			EQUIPO	Esterilizador		
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Benjamin Guambo	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	6	6	5	17.00	5.67	0.78	4.42
2	B	5	6	5	16.00	5.33	0.78	4.16
3	C	60	57	60	177.00	59.00	0.78	46.02
4	D	21	22	20	63.00	21.00	0.78	16.38
5	E	50	63	65	178.00	59.33	0.78	46.28
6	F	17	19	18	54.00	18.00	0.78	14.04
7	G	5	5	6	16.00	5.33	0.78	4.16
8	H	5	6	5	16.00	5.33	0.78	4.16
9	I	9	8	10	27.00	9.00	0.78	7.02
10	J	8	7	6	21.00	7.00	0.78	5.46
TN (min)								**152.10**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Tabla C9. Cálculo tiempo normal de empaque

ESTUDIO DE TIEMPOS								
EMPRESA JAMBI KIWA								
ÁREA		Área de empaque			EQUIPO	Empaquetadora		
COLABORADOR		Hombre	X	Mujer	NOMBRE	Luis Amancha	OBSERVADO POR	Yolanda González
N°	Asignación	CICLO			RESUMEN			
		1	*2*	*3*	*T*	*TOP*	*Id*	*TN*
1	A	5	4	6	15.00	5.00	0.91	4.55
2	B	7	9	8	24.00	8.00	0.91	7.28
3	C	8	9	8	25.00	8.33	0.91	7.58
4	D	5	4	6	15.00	5.00	0.91	4.55
5	E	237	241	238	716.00	238.67	0.91	217.19
6	F	5	6	6	17.00	5.67	0.91	5.16
7	G	1468	1465	1466	4399.00	1466.33	0.91	1334.36
8	H	1372	1377	1373	4122.00	1374.00	0.91	1250.34
9	I	18	18	17	53.00	17.67	0.91	16.08
10	J	463	467	469	1399.00	466.33	0.91	424.36
11	K	18	19	17	54.00	18.00	0.91	16.38
12	L	10	8	9	27.00	9.00	0.91	8.19
13	M	9	7	8	24.00	8.00	0.91	7.28
TN (min)								**3303.30**
NOTA: T=Total, TPO=tiempo promedio observado, Id=Índice de desempeño, TN= Tiempo normal								

Anexo D. Cálculo de los suplementos

Tabla D1. Cálculo de los suplementos de recepción de materia prima

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Recepción de materia prima		MATERIA PRIMA:	Plantas frescas			
EQUIPO:	Balanza industrial		OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						2.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						22.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						2.00
TOTAL							38.00
TN (min)	1554.56	TN OPERARIO	1524.56	TN EQUIPO	30	TS(min)	2507.35
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D2. Cálculo de los suplementos de lavado

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de lavado		MATERIA PRIMA:	Plantas frescas			
EQUIPO:			OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						2.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						1.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						2.00
TOTAL							17.00
TN (min)	210.14	TN OPERARIO	210.14	TN EQUIPO	0	TS(min)	253.18
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D3. Cálculo de los suplementos de presecado

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de presecado		MATERIA PRIMA:	Plantas lavadas			
EQUIPO:			OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						2.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						1.00
D	Mala iluminación						2.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						2.00
TOTAL							19.00
TN (min)	5635.61	TN OPERARIO	5635.61	TN EQUIPO	0	TS(min)	6957.55
NOTA: TN = tiempo normal, TS= tiempo estándar							

Tabla D4. Cálculo de los suplementos de secado

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de secado		MATERIA PRIMA:	Plantas presecadas			
MÁQUINA:	Secadora		OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						7.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						4.00
B	Suplemento por postura anormal						1.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						0.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						0.00
TOTAL							17.00
TN (min)	1498.00	TN OPERARIO	538.00	TN EQUIPO	960	TS(min)	1804.82
NOTA: TN = tiempo normal, TS= tiempo estándar							

Tabla C5. Cálculo de los suplementos de enfriado

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de enfriado		MATERIA PRIMA:	Plantas secas / infusión esterelizada			
EQUIPO:			OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						7.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						4.00
B	Suplemento por postura anormal						0.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						0.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						0.00
J	Tedio						0.00
TOTAL							15.00
TN (min)	406.99	TN OPERARIO	406.99	TN EQUIPO	0	TS(min)	478.82
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D6. Cálculo de los suplementos de molino

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de molino		MATERIA PRIMA:	Plantas secas			
EQUIPO:	Molino y tamizador		OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						0.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						1.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						2.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						0.00
TOTAL							15.00
TN (min)	366.96	TN OPERARIO	66.96	TN EQUIPO	300	TS(min)	431.72
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D7. Cálculo de los suplementos de calidad

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Oficina de calidad		MATERIA PRIMA:	Muestra de infusión			
EQUIPO:			OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						7.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						4.00
B	Suplemento por postura anormal						0.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						0.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						0.00
J	Tedio						0.00
TOTAL							15.00
TN (min)	268.85	TN OPERARIO	28.85	TN EQUIPO	240	TS (min)	316.29
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D8. Cálculo de los suplementos de presecado esterilizado

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de esterelizado		MATERIA PRIMA:	Plantas secas			
EQUIPO:	Esterilizador		OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						0.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						0.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						0.00
J	Tedio						0.00
TOTAL							11.00
TN (min)	152.62	TN OPERARIO	92.62	TN EQUIPO	60	TS (min)	171.48
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Tabla D9. Cálculo de los suplementos de empaque

Empresa Jambi Kiwa							
CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR PROPUESTO							
ÁREA:	Área de empaque		MATERIA PRIMA:	Infusión esterelizada			
EQUIPO:	Empaquetadora		OPERARIO:	Hombre	X	Mujer	
SUPLEMENTOS CONSTANTES							
Asignación	Actividades						Escala
A	Suplemento por necesidades personales						5.00
B	Suplemento base por fatiga						4.00
SUPLEMENTOS VARIABLES							
A	Suplemento por trabajar de pie						2.00
B	Suplemento por postura anormal						2.00
C	Uso de fuerza/energía muscular						1.00
D	Mala iluminación						0.00
E	Condiciones atmosféricas						0.00
F	Concentración intensa						0.00
G	Ruido						0.00
H	Tensión mental						0.00
I	Monotonía						1.00
J	Tedio						2.00
TOTAL							17.00
TN (min)	1037.40	TN OPERARIO	1037.40	TN EQUIPO	470	TS (min)	1249.88
NOTA: TN = tiempo normal, TS = tiempo estándar							

Anexo E. Tasa periódica en el tiempo del software FlexSim

Tabla E1. Tasa periódica en el tiempo de inspección

	Tasa periódica en el tiempo de inspección															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E2. Tasa periódica en el tiempo de tina 1

	Tasa periódica en el tiempo de tina 1															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E3. Tasa periódica en el tiempo de tina 2

	Tasa periódica en el tiempo de tina 2															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E4. Tasa periódica en el tiempo de gavetas

	Tasa periódica en el tiempo de gavetas															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E5. Tasa periódica en el tiempo de presecado

	Tasa periódica en el tiempo de presecado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E6. Tasa periódica en el tiempo de secado

	Tasa periódica en el tiempo de secado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E7. Tasa periódica en el tiempo de enfriado

	Tasa periódica en el tiempo de enfriado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E8. Tasa periódica en el tiempo de molino

	Tasa periódica en el tiempo de molino															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E9. Tasa periódica en el tiempo de tamizado

	Tasa periódica en el tiempo de tamizado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E10. Tasa periódica en el tiempo de esterilizado

	Tasa periódica en el tiempo de esterilizado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E11. Tasa periódica en el tiempo de mezclado

	Tasa periódica en el tiempo de mezclado															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E12. Tasa periódica en el tiempo de empaque de 1.5 gr

	Tasa periódica en el tiempo de empaquetado de 1.5 gr															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	1023	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	1023	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	1023	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	1017	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	0	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	1023	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1023	1023	1023	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E13. Tasa periódica en el tiempo empaquetado en cajas de 25 unidades

	Tasa periódica en el tiempo de empaquetado en cajas de 25 unidades															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	0	0	1324	0
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	0	0	1324	0
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	0	0	1324	0
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	0	0	1324	0
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	1324	0	0	1316	0
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	1324	0	0	0	0
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	1324	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1324	1324	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla E14. Tasa periódica en el tiempo empaquetado en cartones de 24 unidades

	Tasa periódica en el tiempo de empaquetado en cartones de 24 unidades															
	Día 1	**Día 2**	**Day 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Día 7**	**Día 8**	**Día 9**	**Día 10**	**Día 11**	**Día 12**	**Día 13**	**Día 14**	**Día 15**	**Día 16**
0:00 - 1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00 - 2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00 - 3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 - 4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00 - 5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00 - 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340
10:00 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340	2340
14:00 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340	2340
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2340	0
17:00 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 - 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 - 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo F. Datos obtenidos del software ExpertFit

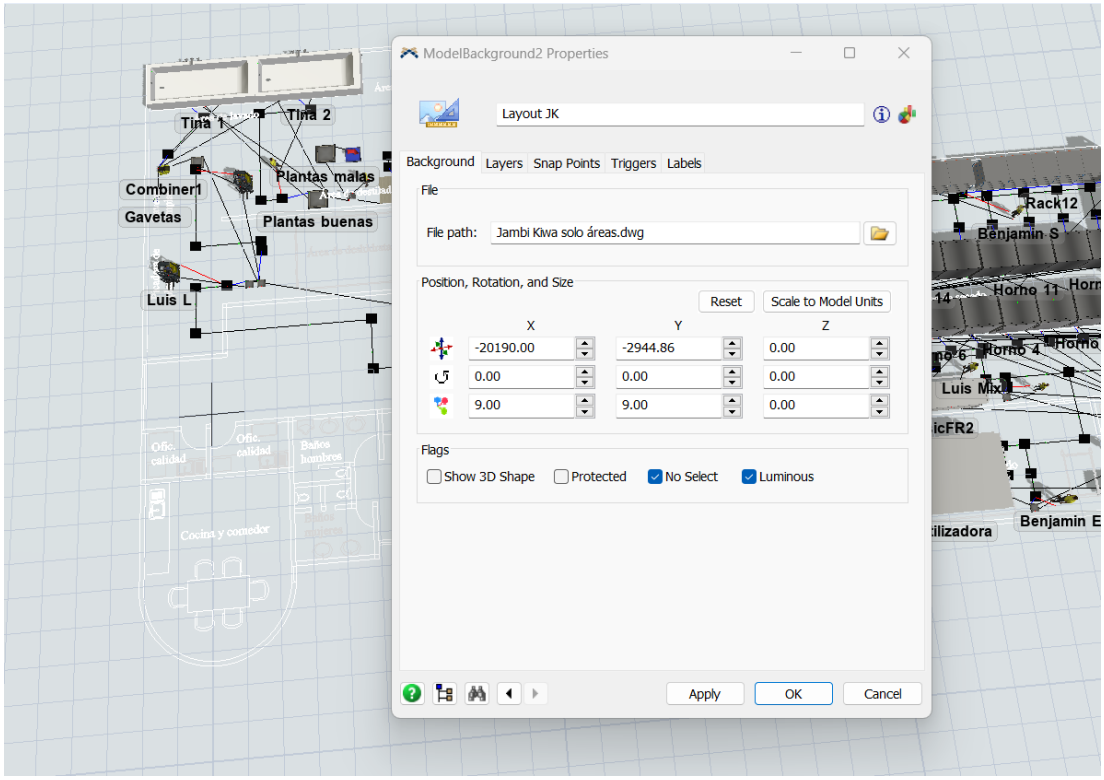


Figura F1. Configuración del escalamiento del layout en FlexSim

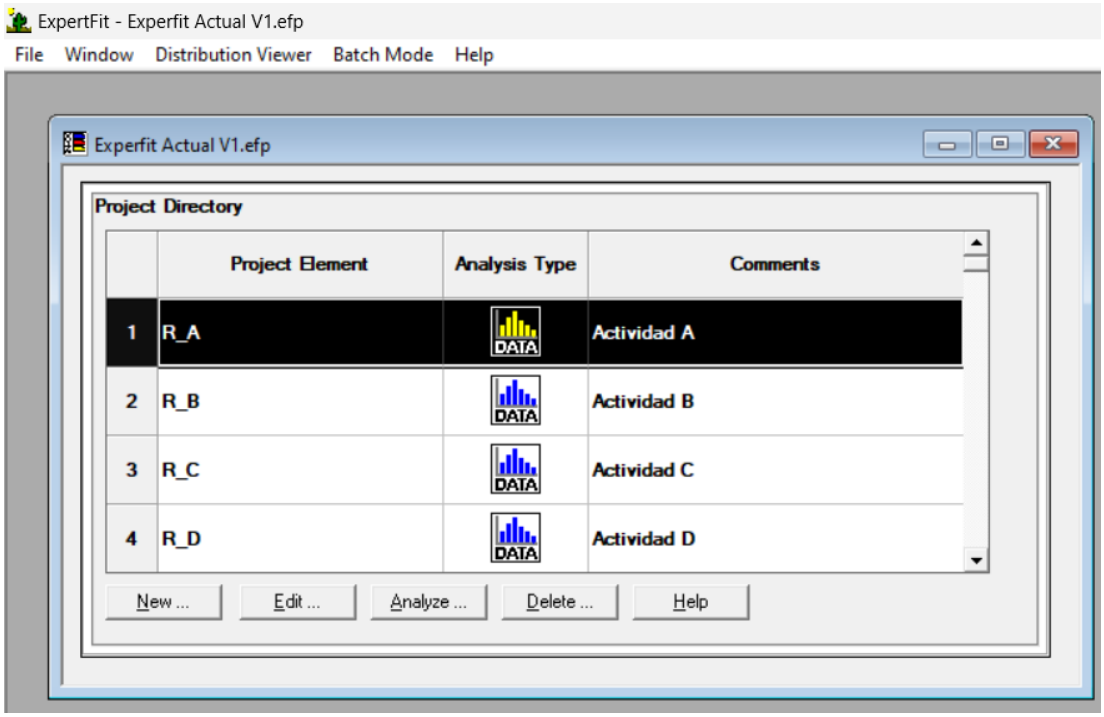


Figura F2. Distribuciones generadas en ExpertFit

Tabla F1. Distribuciones estadísticas

N°	Máquina	Distribución
1	Tina	beta(4.386798, 106.881894, 29.641354, 30.856202, getstream(current))
2	Pesa	randomwalk(0, 0.017748, 5.91856, getstream(current))
3	Presecado	lognormal2(4214.558299, 105.489321, 0.039203, getstream(current))
4	Enfriado	lognormal2(0.0, 30.634370, 0.018327, getstream(current))
5	Molino	johnsonbounded(7.96215, 17.395927, 0.05414, 1.837387, getstream(current))
6	Tamizado	gamma(0.0, 0.120804, 157.879969, getstream(current))
7	Esterilizado	loglaplace(0.0, 4.995338, 6.667871, getstream(current))
8	Mezclado	johnsonbounded(2.368581, 9.436852, 0.889846, 1.520103, getstream(current))
9	Empaquetado 1.5gr	loglogistic(0.0, 7.667746, 23.569061, getstream(current))

Anexo G. Datos ingresados al software Corelap

CORELAP 01_Planteamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar? 20

CONTINUAR | RETROCEDER | SEGUIR >>>

A=4, E=3, I=2, O=1, U=0, X=-1

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Recepción de MP	10.044		A	O	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A
2	Lavado	13.528			E	A	U	U	U	U	U	U	U	O	U	U	U	U	U	U	U	U
3	Reposo	8.188				E	U	U	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
4	Presecado	55.615					A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
5	Secado	32.792						E	X	U	U	U	U	U	U	E	U	U	U	U	U	U
6	Bodega de plantas	10.8							I	A	E	A	U	U	U	I	U	U	U	E	U	U
7	Molido	4.142								A	U	U	U	U	U	I	U	U	U	X	U	U
8	Tamizado	3.9									I	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
9	Esterilizado	10.686										E	I	U	U	E	U	U	U	E	U	U
10	Mezclado	3.343											A	U	U	E	U	U	U	U	U	U
11	Empaque	4.739												A	I	U	A	U	U	U	U	U
12	Bodega de insumc	2.579													E	U	O	U	U	U	U	U
13	Humectación	2.239														U	U	U	U	U	U	U
14	Enfriado	5.132															U	U	U	U	U	U
15	Producto terminad	37.706																U	U	U	U	E
16	Ducha y vestidores	17.408																	E	X	O	U
17	Baños H y M	12.194																		X	I	U
18	Oficina de calidad	5.02																			U	U
19	Cocina y comedor	25.231																				U

Anexo H. Propuestas de redistribución

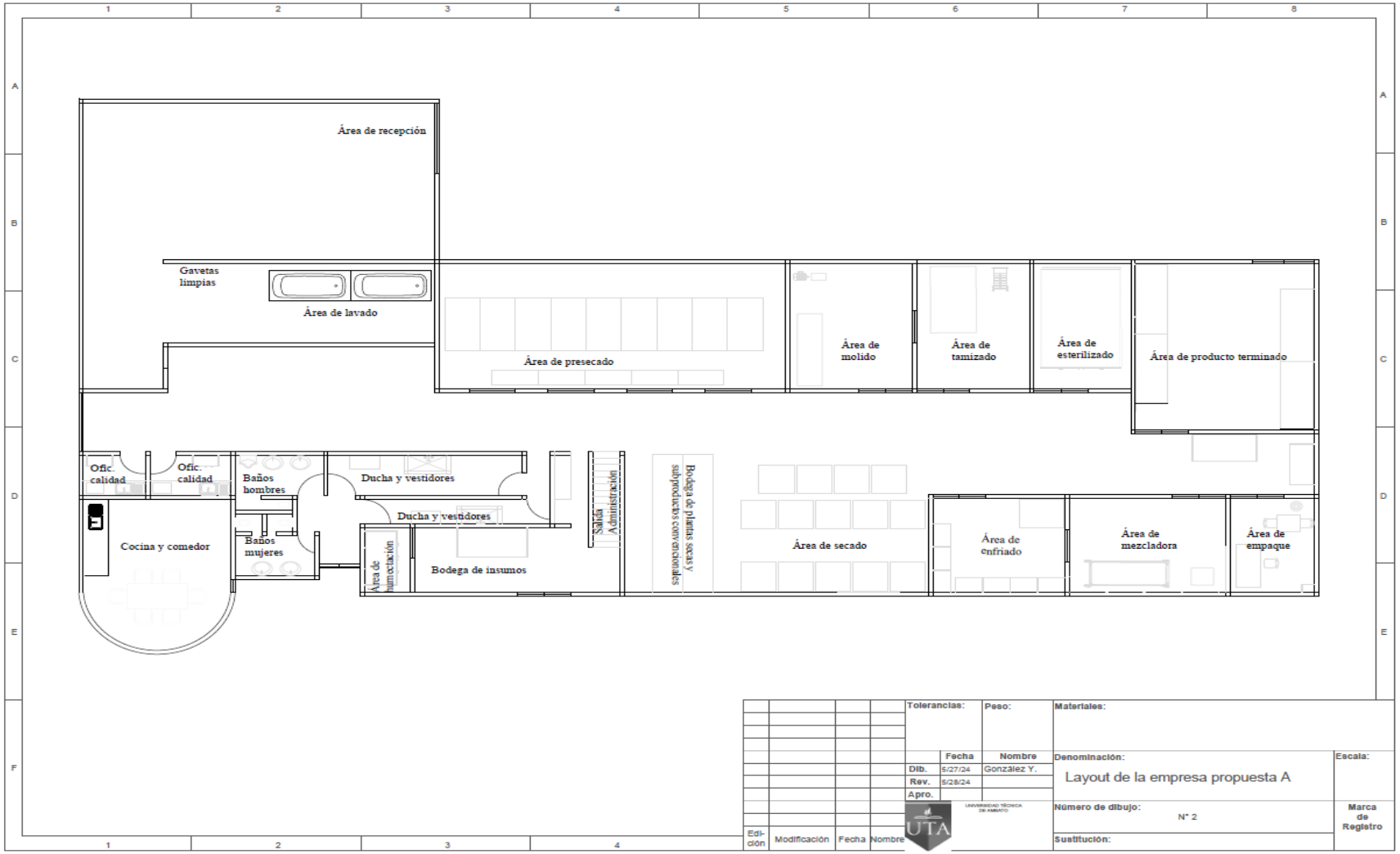


Figura H1. Propuesta de rediseño A

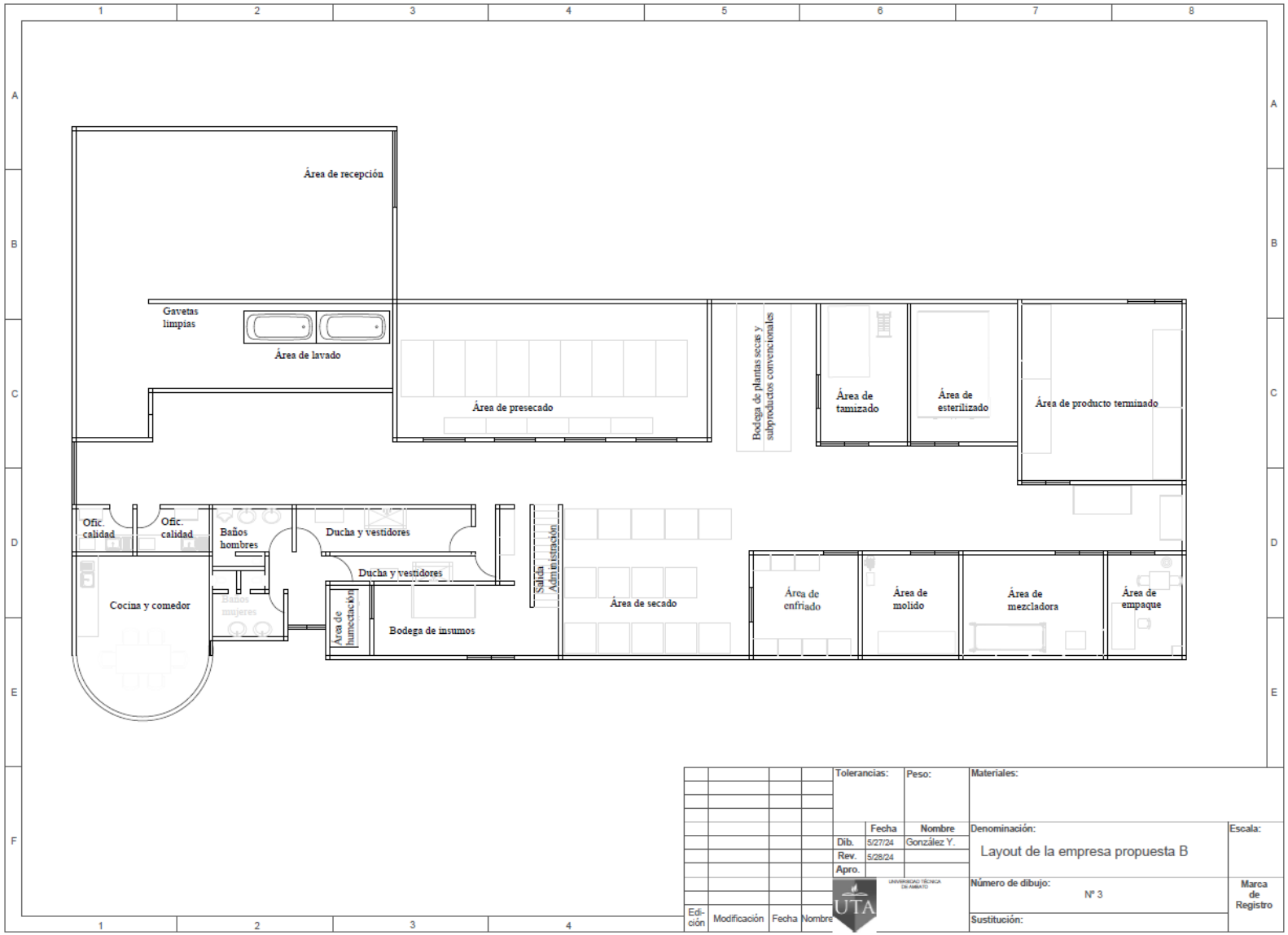


Figura H2. Propuesta de rediseño B

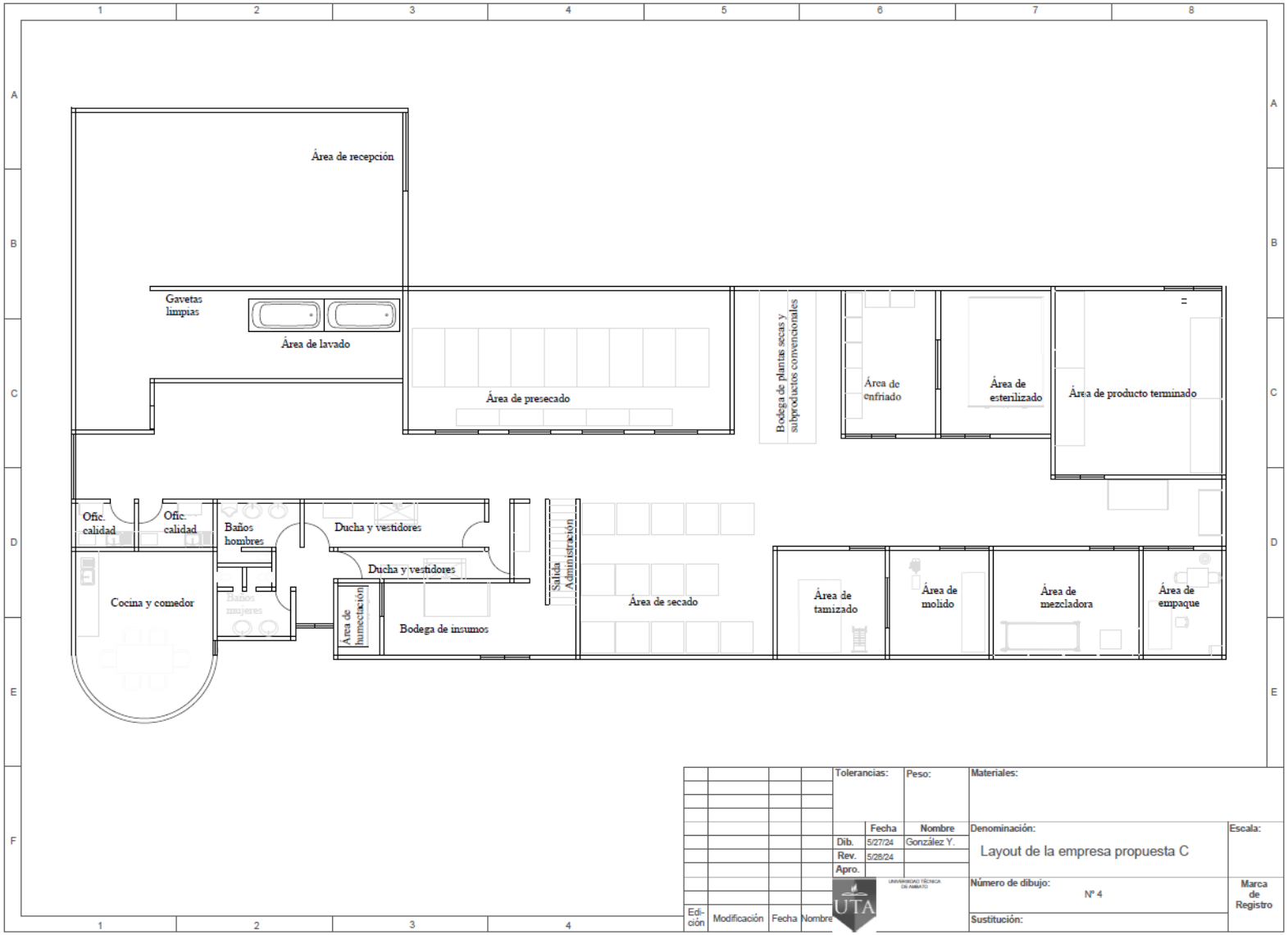


Figura H3. Propuesta de rediseño C

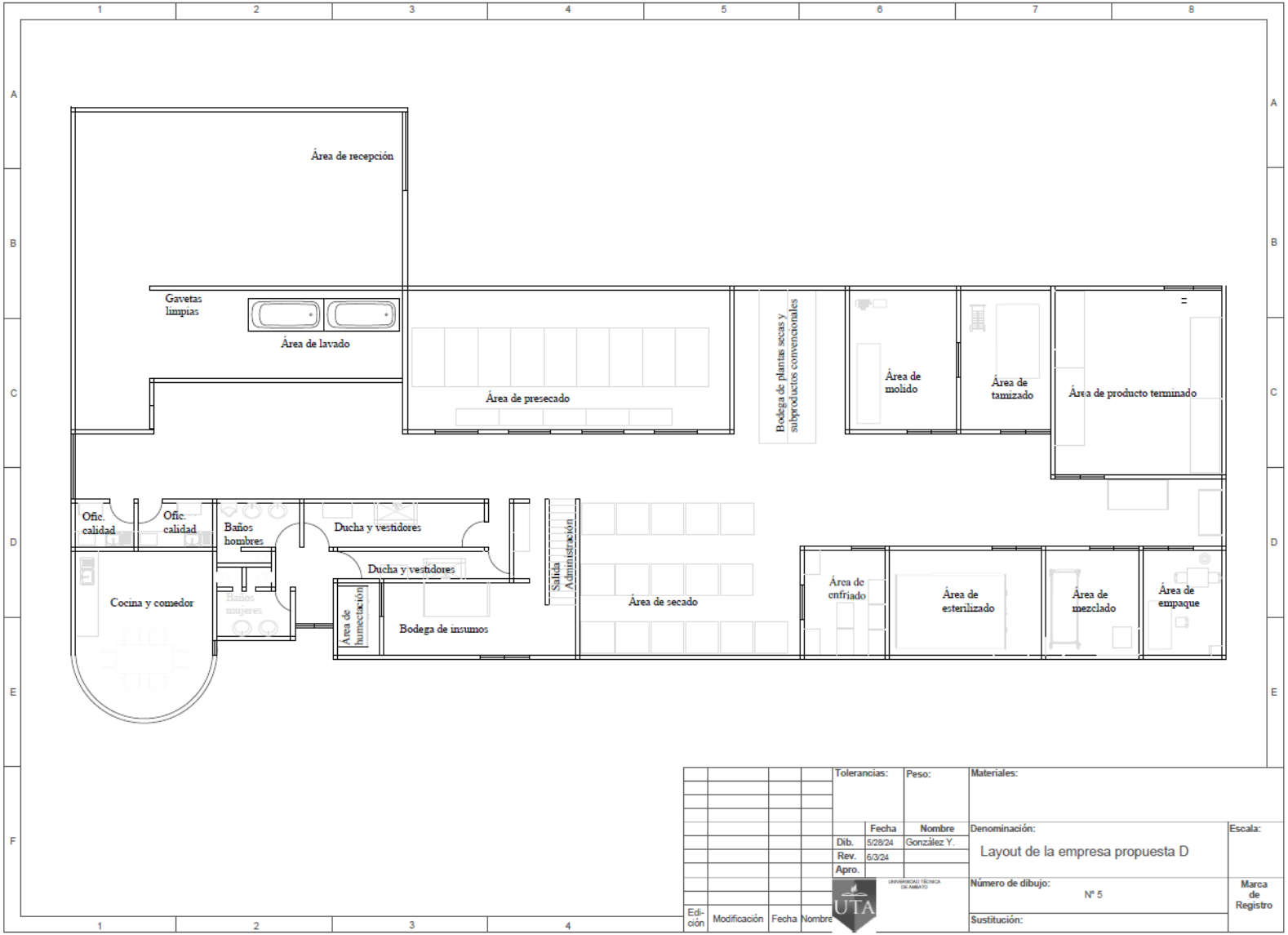


Figura H4. Propuesta de rediseño D