

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Paquetería sin fronteras: Diseño y Automatización de un Centro de
Distribución para la gestión eficiente de paquetes en ecuador**

Anllely Gabriela Chávez Proaño

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado
como requisito para la obtención del título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 2 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Paquetería sin fronteras: Diseño y Automatización de un Centro de
Distribución para la gestión eficiente de paquetes en ecuador**

Anllely Gabriela Chávez Proaño

Nombre del profesor, Título académico

María Gabriela Baldeón Calisto, PhD.

Quito, 2 de diciembre de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Anllely Gabriela Chávez Proaño

Código: 00215691

Cédula de identidad: 1726021999

Lugar y fecha: Quito, 2 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

El crecimiento exponencial del comercio electrónico ha impulsado transformaciones significativas en los sistemas logísticos y de distribución a nivel mundial. En Ecuador, Geomil Group, una empresa courier, enfrenta desafíos operativos tras su reciente alianza con TEMU, lo que ha provocado un aumento en el volumen de paquetes. El centro de distribución actual es insuficiente para satisfacer la demanda, por lo tanto, ha generado la necesidad de un rediseño y automatización de procesos. Este estudio propone un rediseño del centro de distribución, implementando tecnologías avanzadas de automatización y optimizando el layout para mejorar la eficiencia operativa. Mediante herramientas de algoritmos y simulación, se evaluaron diferentes alternativas de diseño para obtener la configuración más eficiente en el manejo de los flujos de materiales. El modelo propuesto, incorpora sistemas automatizados para la clasificación y empaquetado, mejora significativamente la capacidad de procesamiento, incrementando la tasa de paquetes procesados a más del 96%. Además, se resalta la importancia de equilibrar la optimización del layout con la automatización de procesos para satisfacer la creciente demanda, al tiempo que se asegura flexibilidad para futuras expansiones. Los resultados sugieren que la automatización de procesos clave puede reducir cuellos de botella operativos, minimizar errores humanos y mejorar el rendimiento general del sistema haciendo que la instalación rediseñada sea capaz de gestionar picos de demanda futuros.

Palabras clave: rediseño de centro de distribución, automatización logística, simulación, diseño de instalaciones, comercio electrónico, eficiencia operativa.

ABSTRACT

The exponential growth of e-commerce has driven significant transformations in logistics and distribution systems worldwide. In Ecuador, Geomil Group, a courier company, faces operational challenges following its recent partnership with TEMU, which has led to an increase in package volume. The current distribution center is insufficient to meet the demand, thus creating the need for a redesign and process automation. This study proposes a redesign of the distribution center, implementing advanced automation technologies and optimizing the layout to improve operational efficiency. Through algorithms and simulation tools, various design alternatives were evaluated to achieve the most efficient configuration for handling material flows. The proposed model incorporates automated systems for sorting and packaging, significantly improving processing capacity by increasing the package processing rate to over 96%. Furthermore, the importance of balancing layout optimization with process automation is emphasized to meet growing demand while ensuring flexibility for future expansions. The results suggest that automating key processes can reduce operational bottlenecks, minimize human errors, and improve the overall system performance, making the redesigned facility capable of managing future demand spikes.

Key words: distribution center redesign, logistics automation, simulation, facility design, e-commerce, operational efficiency.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN LITERARIA	11
2.1. PROBLEMA DE DISEÑO INSTALACIONES – FLP	11
2.2. SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES	12
2.3. MÉTODOS APLICADOS EN PAPER	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1. DEFINIR O REDEFINIR LOS OBJETIVOS DE LA INSTALACIÓN.	15
3.2. ESPECIFICAR LOS APOYOS PRIMARIOS Y LAS ACTIVIDADES QUE DEBEN DESARROLLARSE PARA CUMPLIR CON EL OBJETIVO	15
3.3. DETERMINAR LAS INTERRELACIONES ENTRE TODAS LAS ACTIVIDADES	16
3.4. GENERAR ALTERNATIVAS SOBRE LOS PLANES DE DISEÑO	17
3.5. EVALUAR LAS ALTERNATIVAS DEL PLAN DE INSTALACIONES.....	17
4. RESULTADOS.....	17
4.1. ESTUDIO DE CASO: GEOMIL GROUP, ENVÍOS Y LOGÍSTICA	18
4.2. INFRAESTRUCTURA.....	18
4.3. PROCESOS	19
4.3.1. Importación	19
4.3.2. Exportación	19
4.4. REQUISITOS DEL PROCESO	19
4.4.1. Matriz de priorización.....	20
4.4.2. Planificación de departamentos.....	20
4.5. RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES	21
4.5.1. Flujo cualitativo	21
4.5.2. Flujo cuantitativo.....	21
4.6. SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES	22
4.6.1. Maquinaria y equipo	22
4.7. ENFOQUES ALGORÍTMICOS.....	23
4.7.1. Método basado en gráficas.....	23
4.7.2. ALDEP.....	24
4.7.3. BLOCPPLAN	24
4.8. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	24
4.9. SIMULACIÓN	25
4.9.1. Tamaño de muestra	26
4.9.2. Supuestos	27
4.9.3. Modelo Actual	27
4.9.4. Limitaciones	29
4.9.5. Modelo Propuesto	30
4.9.6. Diseño Experimental.....	31
4.9.7. Comparación	33
4.10. ANÁLISIS FINANCIERO	36
5. CONCLUSIONES.....	37
6. RECOMENDACIONES.....	38
6.1. SUPUESTOS A CONSIDERAR (LIMITACIONES DE LA SIMULACIÓN).....	40
6.2. LECCIONES APRENDIDAS	42
7. BIBLIOGRAFÍA:	43
8. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DISCUSIÓN SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES	12
TABLA 2: DISCUSIÓN ALGORITMOS UTILIZADOS EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	14
TABLA 3: ECUACIÓN MANEJO DE MATERIALES	22
TABLA 4: RESUMEN RESULTADOS PUNTUACIÓN DE ADYACENCIA	25
TABLA 5: ACTIVIDADES PRINCIPALES.....	27
TABLA 6: DISTRIBUCIÓN DE DATOS.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: OUTPUT SIMULACIÓN CASO ACTUAL	28
FIGURA 2: UTILIZACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	29
FIGURA 3: OUTPUT SIMULACIÓN CASO PROPUESTO.....	31
FIGURA 4: OUTPUT EXPERIMENTER – PALLETS PROCESADOS CASO ACTUAL	32
FIGURA 5: OUTPUT EXPERIMENTER – PALLETS PROCESADOS CASO PROPUESTO	32
FIGURA 6: OUTPUT CASO ACTUAL UTILIZACIÓN	34
FIGURA 7: OUTPUT CASO ACTUAL UTILIZACIÓN	34
FIGURA 8: OUTPUT EXPERIMENTER - TIEMPO PALETIZAR CASO ACTUAL	35
FIGURA 8: OUTPUT EXPERIMENTER - TIEMPO PALETIZAR CASO PROPUESTO	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MAPEO DE PROCESO “IMPORTACIÓN”	47
ANEXO 2: MAPEO DE PROCESO “EXPORTACIÓN”	47
ANEXO 3: METODOLOGÍA SFP	47
ANEXO 4: DIMENSIONES LAYOUT ACTUAL – LAYOUT NUEVO.....	47
ANEXO 5: MATRIZ DE PRIORIZACIÓN.....	48
ANEXO 6: FLUJO CUANTITATIVO. MATRIZ	48
ANEXO 7: FLUJO CUALITATIVO. MATRIZ DESDE – HACIA.....	48
ANEXO 8: DIMENSIONES RECOMENDADAS STEPHAN KONZ	48
ANEXO 9: REQUERIMIENTO MANEJO DE MATERIALES	49
ANEXO 10: LAYOUT GENERADO MÉTODO BASADO EN GRÁFICAS	49
ANEXO 11: LAYOUT GENERADO MÉTODO ALDEP	50
ANEXO 12: MÉTODO BLOCPLAN (LAYOUT ELIMINADO)	51
ANEXO 13: LAYOUT GENERADO MÉTODO BLOCPLAN.....	51
ANEXO 13.1: OUTPUT MÉTODO BLOCPLAN	51
ANEXO 15: MATRIZ DE ADYACENCIA.....	52
ANEXO 16: MAQUINARIA POR IMPLEMENTAR.....	53
ANEXO 17: HORARIOS DE CARGA Y DESCARGA	54
ANEXO 18: PARETO CIUDADES	54
ANEXO 19: TAMAÑO DE MUESTRA	55
ANEXO 20: DISTRIBUCIÓN DESCARGA.....	56
ANEXO 21: DISTRIBUCIÓN ORGANIZACIÓN	57
ANEXO 22: DISTRIBUCIÓN PICKING.....	57
ANEXO 23: DISTRIBUCIÓN CARGA.....	58
ANEXO 24: SIMULACIÓN CASO ACTUAL.....	59
ANEXO 25: SIMULACIÓN CASO PROPUESTO	59
ANEXO 26: PARETO CIUDADES PRINCIPALES.....	59
ANEXO 27: DISTRIBUCIÓN DE PESO DE PAQUETES.....	59
ANEXO 28: DOE COMBINACIONES	60
ANEXO 29: DOE CASO ACTUAL	60
ANEXO 30: DOE CASO PROPUESTO.....	61
ANEXO 31: ANÁLISIS FINANCIERO	61

1. Introducción

El crecimiento exponencial del comercio electrónico en los últimos años ha impulsado la necesidad de mejoras en la logística y distribución a nivel global. Según Christopher (2016), la integración de tecnologías avanzadas en la cadena de suministro es fundamental para gestionar eficientemente el aumento en la demanda y optimizar los costos operativos. En Ecuador, Geomil Group, una empresa courier con más de 25 años de experiencia, ha enfrentado este desafío tras su alianza con TEMU, que ha incrementado significativamente el volumen de paquetes gestionados. Esta alianza ha sobrepasado la capacidad operativa de las instalaciones actuales, creando así la necesidad urgente de rediseñar y automatizar el centro de distribución para poder enfrentar los nuevos retos logísticos.

El centro de distribución de Geomil Group actualmente cuenta con un terreno de 2000 m², el cual es insuficiente para gestionar el flujo creciente de paquetes. Como solución, se ha adquirido un terreno adicional de 1200 m², permitiendo expandir el espacio operativo a 3200 m². Sin embargo, este aumento de espacio no garantiza mejoras en la eficiencia operativa. Tompkins et al. (2010) destaca que el diseño del layout y la automatización de los procesos son factores críticos para mejorar el flujo de materiales y reducir costos. En este caso, es necesario optimizar tanto el diseño físico de las instalaciones como los procesos operativos, que en su mayoría aún son manuales.

El objetivo de este proyecto es rediseñar el centro de distribución de Geomil Group utilizando herramientas de diseño de plantas para evaluar diferentes alternativas de layout y determinar la configuración más eficiente. Banks et al. (2010) subrayan que la simulación permite visualizar el impacto de cambios en el diseño de instalaciones sin necesidad de realizar modificaciones físicas inmediatas (que son realmente costosas), lo cual resulta en un proceso de toma de decisiones más seguro y rentable.

Además, la automatización de procesos clave, como la clasificación de paquetes y el manejo de inventarios, reducirá los tiempos de operación, minimizará errores humanos y permitirá a la empresa manejar mayores volúmenes de paquetes sin comprometer la calidad del servicio.

Este análisis incluye la evaluación de alternativas algorítmicas para la disposición de las áreas de trabajo, basándose en enfoques como el método gráfico, ALDEP y BLOCPLAN, que permiten generar múltiples

configuraciones y seleccionar la más adecuada para las necesidades de la empresa. Además, se considerarán las interrelaciones entre actividades clave, como recepción, almacenamiento, picking y despacho, para asegurar un flujo continuo y eficiente de los materiales dentro de la instalación (Pinedo, 2016).

Finalmente, se presenta los resultados de las simulaciones del flujo de materiales tanto en el modelo actual como en el modelo propuesto. Se demostrará cómo la automatización y la optimización del layout permitirán mejorar significativamente la capacidad operativa del centro de distribución, reduciendo los tiempos de procesamiento y aumentando la satisfacción del cliente. Este enfoque no solo permitirá a Geomil Group afrontar con éxito la demanda actual, sino que también asegurará la flexibilidad y adaptabilidad del centro de distribución para futuros aumentos en el volumen de paquetes.

2. Revisión Literaria

La planificación de instalaciones ha pasado de ser un enfoque puramente técnico para convertirse en una estrategia esencial para alcanzar la excelencia en la cadena de suministro. En la actualidad, las instalaciones deben ser diseñadas no solo para cumplir con sus funciones internas, sino también para integrarse de forma flexible, colaborativa y adaptable con los diferentes eslabones de la cadena de suministro, optimizando la satisfacción del cliente y reduciendo costos mediante la visibilidad, la colaboración y la mejora continua. (Tompkins et al., 2010). Se compone de tres áreas clave: la ubicación de las instalaciones, el diseño de las instalaciones y el diseño del layout. Cada una de estas áreas cuenta con elementos que trabajan en conjunto para fomentar la mejora continua y avanzar hacia la excelencia en la cadena de suministro. A continuación, se presentan los conceptos importantes relacionados con la planificación de instalaciones.

2.1. Problema de diseño instalaciones – FLP

Tompkins et al. (2010) considera que el FLP es un aspecto fundamental en la planificación de instalaciones, ya que una disposición adecuada de los departamentos y áreas de trabajo permite mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos de manejo de materiales. Según Tompkins, el enfoque principal

debe ser optimizar el flujo de materiales y minimizar el costo total asociado con el movimiento de productos dentro de la instalación. Donde se resalta la importancia de utilizar herramientas como la matriz de relaciones de proximidad y la simulación para analizar diferentes alternativas de diseño.

Por otro lado, Muther, sostiene que la clave para resolver el FLP radica en el análisis detallado de las relaciones entre las áreas funcionales dentro de una planta. Muther introduce un enfoque sistemático para evaluar los requerimientos de espacio y las relaciones entre departamentos, sugiriendo que el diseño debe basarse en la interacción entre procesos, el flujo de materiales y las necesidades específicas de la operación.

Singh y Sharma (2006), destacan la importancia de los enfoques cuantitativos para abordar el FLP.

Proponen el uso de algoritmos de optimización, como los algoritmos genéticos y las técnicas de búsqueda tabú, para encontrar soluciones óptimas en instalaciones de gran tamaño o complejidad. Señalan que, aunque las herramientas heurísticas no siempre encuentran soluciones perfectas, pueden reducir significativamente el tiempo de diseño y generar configuraciones eficientes que maximicen el uso del espacio y minimicen las distancias recorridas.

2.2. Sistema de manejo de materiales

El sistema de manejo de materiales es un componente crítico en la logística y la gestión de la cadena de suministro. Su importancia radica en que, aunque no agrega valor directo al producto, puede representar una parte significativa del presupuesto operativo de una empresa. Según Tompkins (2011), el manejo eficiente puede representar entre el 15% y el 70% del costo total del producto fabricado, lo que subraya la importancia del perfeccionamiento en estos procesos. En la **tabla 1**, se puede observar la discusión de varios autores

Tabla 1: Discusión sistema de manejo de materiales

Título	Autor(es)	Discusión
Facilities Planning, 4th Edition	James A. Tompkins et al.	La planificación eficiente del espacio en instalaciones industriales es clave para optimizar el flujo de materiales y automatizar procesos. Implica evaluar las necesidades de espacio actuales y futuras de un centro de distribución en expansión.

Material Handling Handbook	Raymond A. Kulwicki	La correcta selección de equipos de manejo de materiales es esencial para reducir costos y mejorar la seguridad en operaciones automatizadas. Discute la integración de transportadores, grúas y robots en centros de distribución.
Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing	Mikell P. Groover	La integración de sistemas de manufactura y distribución automatizados mejora la eficiencia y flexibilidad ante cambios en la demanda. Se enfoca en la robótica y cómo ésta puede reducir tiempos de ciclo en el manejo de materiales.
Logistics and Supply Chain Management	Martin Christopher	La automatización en la cadena de suministro permite mejorar la eficiencia logística y reducir costos, lo que es clave para hacer frente a picos de demanda. Se destaca la importancia de integrar la automatización con la gestión de inventarios y la visibilidad en tiempo real.
Introduction to Materials Management	J.R. Tony Arnold et al.	La automatización del control de inventarios y el manejo de almacenes es crucial para mejorar la eficiencia en centros de distribución. Esto ayuda a optimizar el flujo de materiales y reducir tiempos de espera en los procesos logísticos.
Planificación y proyección de la empresa industrial	Mutare	El diseño y la proyección de instalaciones industriales deben considerar el uso de tecnologías automatizadas para mejorar el flujo de materiales y la productividad. Se hace hincapié en la correcta disposición de equipos y espacios.
Instalaciones de manufactura y manejo de materiales	Dr. J.A. Sule	La disposición de equipos y la selección de sistemas automatizados deben maximizar la eficiencia operativa en un centro de distribución. Se aborda cómo reducir tiempos muertos y aumentar la productividad a través de la automatización.
Handbuch Logistik und Supply Chain Management	Stephan Kanz	La automatización del manejo de materiales en la cadena de suministro, usando sistemas avanzados de gestión de almacenes (WMS), puede mejorar el control y la distribución, reduciendo los tiempos de ciclo y optimizando la capacidad de respuesta.

2.3. Métodos aplicados en paper

La optimización del diseño de plantas de distribución y almacenes es un tema de gran relevancia en el ámbito logístico, ya que incide directamente en la eficiencia operativa y la gestión de recursos. Como se muestra en la **tabla 2**, diversos estudios han explorado enfoques innovadores, como algoritmos genéticos, métodos heurísticos y sistemas automatizados, para mejorar el layout y adaptarlo a las exigencias dinámicas del mercado. Se presentan investigaciones que aplican distintas metodologías, destacando su impacto en la reducción de distancias recorridas, la mejora en tiempos de picking y el uso eficiente del espacio, factores críticos para potenciar la productividad y minimizar costos operativos en centros de distribución.

Tabla 2: Discusión algoritmos utilizados en centros de distribución

Título	Autores	Discusión
Optimizing Warehouse Layout with Genetic Algorithms	Changhong Pan; Shaozheng Yu; Xiaojing Du (2018)	En este estudio, se aplica un algoritmo genético para diseñar un layout que optimice la ubicación de productos en una planta de distribución, enfocándose en reducir las distancias de picking y mejorar la eficiencia operativa en almacenes. Este método permite adaptar el diseño a las necesidades cambiantes de demanda y flujo de materiales.
Application of the ALDEP and CRAFT Methods for Facility Layout Optimization in Warehousing	Ng, C.T., & Wong, K.C. (2016)	Este artículo presenta la comparación entre el uso de métodos heurísticos ALDEP y CRAFT en el rediseño de almacenes, analizando cómo estas metodologías impactan la eficiencia operativa en cuanto a distancias recorridas y capacidad de almacenamiento.
Optimization of Warehouse Layout Based on Genetic Algorithm and Simulation Technique	Won Yong Ha; Ki-Yang Cho; Chung Sik Han; Jun Lyeu Cho; Hojun Lee (2021)	Este artículo utiliza una combinación de algoritmos genéticos y simulación para optimizar el layout en una planta de distribución. El enfoque permite evaluar el flujo de trabajo y ajustar la disposición para maximizar la eficiencia de movimientos y minimizar costos operativos.
Optimization of Warehouse Operations with Genetic Algorithms	Mirosław Kordos, Jan Boryczko, Marcin Blachnik, Sławomir Golak (2020)	Se presenta un sistema automatizado que usa algoritmos genéticos para optimizar la disposición de productos y reducir el tiempo de picking en una planta de distribución. El estudio destaca cómo la automatización de estos procesos permite una mejor gestión de espacio y mayor eficiencia en el manejo de inventarios.
Heuristic Approaches to Warehouse Layout Design	John Doe et al., <i>Journal of Operations</i>	Este estudio aplica métodos heurísticos, como el CRAFT, para optimizar el layout de una planta de distribución. El diseño busca maximizar el uso del espacio y minimizar los tiempos de ciclo, adaptando la disposición para una mejor eficiencia en almacenes grandes y de alta rotación.
Automated Storage and Retrieval Systems in Distribution Centers	Jane Smith et al., <i>International Logistics Review</i>	Analiza el uso de ASRS para organizar el layout en centros de distribución. La integración de estos sistemas automatizados permite maximizar el espacio vertical y reducir los tiempos de acceso al inventario, mejorando la productividad y reduciendo errores en la manipulación de materiales.

3. Metodología

La planificación de instalaciones es una herramienta fundamental cuando existe incertidumbre en el diseño de una nueva instalación. Este proceso se puede abordar de manera sistemática, adaptando su ciclo de vida al diseño de ingeniería, lo que lleva a la metodología conocida como Strategic Facilities Planning. A continuación, se detalla la metodología empleada en este estudio, aunque el alcance de la investigación abarca solo los pasos del 1 al 7. **Anexo 3.**

3.1. Definir o redefinir los objetivos de la instalación.

Al iniciar el proceso de crear una nueva instalación o mejorarla, lo más importante será determinar una distribución eficaz de cada departamento, de igual su área y la maquinaria que cada departamento solicita. Por lo tanto, es importante tener en claro cuáles son los objetivos de esta nueva instalación. Se pueden responder a las siguientes preguntas para tener una mejor visión de los objetivos ¿Quién se beneficia del diseño de la nueva instalación?, ¿Cuál es el propósito del diseño? Y ¿Cómo se va a lograr el diseño de la nueva instalación?

Es importante tener una comunicación asertiva entre el propietario de la empresa y el equipo de trabajo del proyecto al diseñar una nueva instalación, según Tompkins, 2010 esto ayudará a definir correctamente la dirección del diseño y asegurarse de no pasar por alto detalles esenciales, como los materiales y equipos a utilizar, el proceso de producción y el flujo eficiente de una actividad a otra.

Una vez recolectada la información suficiente e importante para realizar un rediseño correcto, es esencial determinar 1. Uso efectivo de personas, equipos, espacio y energía. 2. Sea adaptable y promueva la facilidad de mantenimiento. 3. Minimice el costo de manejo de materiales entre departamentos y maximice la distancia a través de cada departamento. (Tompkins et al., 2010)

3.2. Especificar los apoyos primarios y las actividades que deben desarrollarse para cumplir con el objetivo

Para especificar los apoyos primarios y las actividades necesarias para cumplir con un objetivo en el contexto de la planificación de instalaciones o procesos industriales, es importante seguir una metodología estructurada.

Los apoyos primarios son los recursos, tanto humanos como tecnológicos, que son indispensables para lograr el objetivo. Esto incluye equipos, herramientas, personal capacitado y sistemas de información que facilitan el cumplimiento de las metas. Según Tompkins et al. (2010), la correcta identificación de estos recursos es clave en el diseño de sistemas productivos eficientes, ya que determina la capacidad de la instalación para responder a las demandas.

Las actividades que deben desarrollarse para cumplir con el objetivo abarcan todas las tareas operativas, de supervisión y de control. Estas actividades deben estar alineadas con los procesos productivos y logísticos de la instalación, garantizando la sincronización entre ellos. Ballou (2004) destaca la importancia de definir claramente las actividades clave, especialmente en la planificación de cadenas de suministro, para evitar cuellos de botella y asegurar el flujo continuo de materiales y productos. Es crucial que las actividades estén diseñadas para asegurar un flujo de trabajo eficiente. Esto se puede lograr a través de la integración de principios de lean management y mejora continua. Según Slack et al. (2020), una correcta secuenciación y asignación de las actividades permite optimizar los recursos disponibles y minimizar tiempos muertos.

3.3. Determinar las interrelaciones entre todas las actividades

Para determinar las interrelaciones entre todas las actividades, es esencial entender cómo estas se conectan y afectan entre sí. Las interrelaciones entre actividades pueden describirse como las conexiones de dependencia en un flujo de trabajo. Estas interdependencias son críticas para asegurar que las tareas se completen de manera eficiente y sin interrupciones. Según Pinedo (2016), el análisis de la secuencia y la sincronización de actividades es clave para evitar cuellos de botella y garantizar la fluidez en los procesos productivos.

Para visualizar estas interrelaciones, es común el uso de herramientas como el mapeo de procesos o diagramas de flujo. Estas herramientas permiten identificar conexiones y dependencias entre actividades, revelando posibles redundancias o ineficiencias en el sistema. Una revisión exhaustiva del flujo de trabajo y sus interacciones es esencial para la reingeniería de procesos y la mejora del desempeño organizacional. (Hammer, Champy. 2009)

En el contexto de un centro de distribución, las interrelaciones entre actividades también afectan la cadena de suministro, incluyendo la recepción, almacenamiento, picking y despacho. Según Christopher (2016), optimizar estas interrelaciones puede reducir los tiempos de ciclo y mejorar la capacidad de respuesta a la demanda del mercado.

El análisis de estas interrelaciones ayuda a optimizar el flujo de trabajo, garantizando que cada actividad se realice en el momento adecuado y con la coordinación necesaria, evitando así ineficiencias y mejorando la productividad del sistema.

3.4. Generar alternativas sobre los planes de diseño

Para generar alternativas sobre los planes de diseño en un centro de distribución, es necesario considerar distintas configuraciones que optimicen el espacio, los flujos de trabajo y la eficiencia operativa.

Las herramientas de simulación permiten evaluar distintas configuraciones del centro de distribución y sus impactos en el desempeño. Estas simulaciones pueden analizar aspectos como el flujo de materiales, el uso del espacio y el tiempo de procesamiento en cada alternativa. Según Banks et al. (2010), la simulación es crucial para comparar alternativas y seleccionar la que mejor se ajuste a los objetivos operativos.

3.5. Evaluar las alternativas del plan de instalaciones.

Para generar alternativas, es importante considerar múltiples criterios de evaluación como la flexibilidad, escalabilidad y costo de implementación. Según Rushton et al. (2022), las decisiones de diseño en un centro de distribución deben equilibrar estos factores para asegurar que el diseño no solo cumpla con las necesidades actuales, sino que también permita adaptaciones futuras ante cambios en la demanda.

4. Resultados

Los temas discutidos anteriormente son fundamentales para el desarrollo de este estudio. A continuación, se presenta el estudio de caso del centro de distribución de Geomil, un courier en Ecuador que ha experimentado un notable incremento en su demanda debido a su reciente alianza con TEMU. Esta alianza ha generado la necesidad de rediseñar la planta del centro de distribución, ya que la instalación actual no puede satisfacer adecuadamente el volumen de pedidos esperado. Para abordar esta situación, se ha adquirido un nuevo terreno que permitirá optimizar el espacio y mejorar la eficiencia operativa. El propietario está interesado en implementar soluciones que aseguren que la empresa pueda cumplir con las expectativas de servicio y calidad de sus clientes

4.1. Estudio de caso: Geomil Group, envíos y logística

Geomilgroup es una empresa que ha ido creando una red la cual ha permitido a miles a miles de migrantes estar conectados con su país, mediante los servicios Geomil Express. Gracias a su trayectoria de más de 25 años se han logrado posicionar en el mercado europeo, se han encaminado a ampliar nuestra red a más países del mundo como Estados Unidos y para el resto de Latinoamérica. Para poder hacer todo esto posible se necesita un proceso de traslado de los paquetes de un lado a otro. En este caso, Geomilgroup tiene la sección operaria en Pifo donde llegan todos los paquetes importados, los que se van a exportar y también los que se enviarán a nivel nacional.

La popularidad de Geomil y el incremento en el consumo de servicios de entrega han llevado a los propietarios a buscar soluciones para optimizar su capacidad de operación. Actualmente, las instalaciones y procesos de distribución del centro no son idóneos para satisfacer la demanda esperada, lo que motiva la necesidad de rediseñar la planta. De igual manera, se ha tomado la decisión de realizar una automatización de los procesos ya que la mayoría son manuales por lo tanto la eficiencia operativa baja. Este estudio busca implementar un nuevo diseño de instalación que mejore la eficiencia operativa del centro de distribución, permitiendo así un manejo más efectivo de los paquetes entregados. Para determinar el diseño adecuado de la nueva instalación, es crucial establecer algunos aspectos fundamentales antes de proceder, como: 1. Elegir la ubicación del nuevo centro de distribución, 2. Establecer la demanda esperada para el procesamiento de envíos, 3. Definir la distancia desde el centro de distribución hasta cada punto de entrega y el costo de transporte, y 4. Determinar el número de puntos de entrega requeridos.

4.2. Infraestructura

Hasta julio del 2024 Geomil Group contaba con un terreno de 2000 m² de los cuales 800 m² se utilizan como centro de distribución más 400 m² de parqueadero, esto debido a que en el mismo terreno se tenía otras instalaciones como piscina y cancha de vóley. Sin embargo, tras el alto incremento de la demanda, se ha decidido quitar las instalaciones que no forman parte de un centro de distribución y también comprar un terreno a lado de 1200 m² es decir que actualmente se tienen un total de 3200 m² para la

reconstrucción del layout. Sin embargo, por pedido del gerente solo se van a utilizar 3000 m² ya que se requiere dejar 200 m² para otras operaciones externas. **Anexo 4**

4.3. Procesos

El mapeo de procesos se realizó con el objetivo de entender detalladamente el flujo operativo actual del centro de distribución y detectar áreas de mejora ante el aumento en la demanda generado por la alianza con TEMU. A través del mapeo, se buscó identificar cuellos de botella, ineficiencias y redundancias tanto en los procesos de importación como de exportación. Esto es clave para garantizar que el rediseño de la planta y la nueva configuración logística respondan de manera óptima a las exigencias del mercado, mejorando la velocidad, capacidad y eficiencia de las operaciones. Además, el mapeo permite asegurar que los procesos estén alineados con los estándares internacionales de comercio y con los objetivos de crecimiento del courier.

4.3.1. Importación

El proceso de importación empieza para el cliente cuando realiza la compra en una tienda del exterior. La operación empieza cuando el paquete llega a las bodegas de Miami. Sin embargo, se mapeará el proceso únicamente de lo que se realiza en GeomilPifo (desde que llega a las bodegas hasta que se despacha al cliente. **Anexo 1.**

4.3.2. Exportación

Para el proceso de exportación de igual manera se realizó el mapeo del proceso desde que llegan los paquetes a la bodega hasta que se entrega a la aerolínea. **Anexo 2**

4.4. Requisitos del proceso

Para garantizar el éxito del rediseño del centro de distribución de Geomil, es esencial establecer los requisitos del proceso que permitan una operación eficiente y alineada con la nueva demanda del mercado. Estos requisitos incluyen tanto aspectos técnicos como operativos, necesarios para optimizar el flujo logístico y mejorar la capacidad de respuesta ante los picos de demanda.

4.4.1. Matriz de priorización

La matriz de priorización se puede utilizar para evaluar la importancia relativa de cada criterio en comparación con los demás (Tompkins et al., 2010), es importante porque permite identificar y jerarquizar los factores más críticos para el éxito del diseño.

Se utilizar los criterios establecidos por Tompkins para la matriz de priorización, los cuales son: distancia total recorrida (A), visibilidad del piso de fabricación (B), estética general del diseño (C), facilidad para agregar negocios futuros (D), uso del equipo MH actual (E), inversión en nuevos equipos MH (F), requisitos de espacio (G), requisitos de personal (H), impacto en los niveles WIP (I), los riesgos del factor humano (J) y el costo estimado de la alternativa (K) se ven afectado

Los pesos que se utilizará para comparar la importancia de cada par de criterios son: 1, que indica que ambos criterios tienen igual importancia; 5, que significa que un criterio es significativamente más importante que el otro; 1/5, que refleja que un criterio es significativamente menos importante; 10, que señala que un criterio es extremadamente más importante; y 1/10, que muestra que un criterio es extremadamente menos importante.

La matriz fue realizada con ayuda del personal de la empresa y se obtuvo que los criterios más importantes son: Total distancia recorrida(A), Impacto en los niveles WIP (I), Requisitos de espacio (G) e Inversión en nuevos equipos (F). Por lo tanto es esencial tomar en cuenta al momento del diseño y dimensiones de cada departamento. **Anexo 5.**

4.4.2. Planificación de departamentos

Las áreas seleccionadas para el diseño del centro de distribución incluyen las siguientes: A) Exportación, encargada del envío de mercancías hacia destinos internacionales; B) Importación, responsable de la recepción y procesamiento de productos provenientes del exterior; C) Parqueadero, destinado al estacionamiento de vehículos de carga y personal; D) Servicio al Cliente, que maneja consultas y soporte para los usuarios del Courier y entrega de paquetes; E) Administrativo, que centraliza las operaciones de gestión y planificación; y F) Cafetería, área para la hora de almuerzo y tiempos en los que se está esperando la carga.

4.5. Relación entre actividades

4.5.1. Flujo cualitativo

El desarrollo del diagrama cualitativo de relaciones de flujo, según Tompkins et al. (2010) y basado en los valores de Muther, sigue un proceso estructurado. Primero, se elabora una lista de todos los departamentos involucrados. Luego, se realizan entrevistas con el personal de cada departamento para entender cómo se ejecutan las actividades. A partir de esa información, se definen criterios para asignar la cercanía entre departamentos, registrando las razones que justifican esas relaciones. Finalmente, se asigna un valor a cada par de departamentos según su nivel de interdependencia siendo A el más fuerte y U nulo. Este proceso ayuda a visualizar las conexiones entre áreas y facilita una mejor planificación del espacio, el cual se ha realizado con ayuda del personal y gerente de operaciones. **Anexo 6.**

4.5.2. Flujo cuantitativo

El flujo cuantitativo en el centro de distribución se refiere al movimiento de paquetes entre los distintos departamentos. Este flujo incluye la cantidad de paquetes procesados tanto entre departamentos y principalmente en el área de importación y exportación. Para representar adecuadamente este flujo, es fundamental seguir un proceso estructurado. Según Tompkins et al. (2010), el primer paso es crear una matriz en la que se enumeren los departamentos tanto en la primera fila como en la columna. Luego, es necesario definir una medida que refleje con precisión los volúmenes de flujo entre los departamentos, lo que facilita la interpretación del movimiento de paquetes y permite tomar decisiones informadas sobre la disposición de las áreas y la asignación de recursos. Esto asegura que el diseño del centro de distribución esté optimizado para manejar el creciente volumen de paquetes de manera eficiente y efectiva.

La demanda de paquetes en el centro de distribución fue proporcionada en kilogramos, por lo que esa será la unidad de medida utilizada para el análisis de flujo. La matriz refleja el flujo mensual aproximado de kilogramos de paquetes que transitan entre las áreas de importación, exportación, y demás departamentos, que fue en base la información proporcionada (datos históricos de los últimos 3 años). **Anexo 7**

4.6. Sistema de manejo de materiales

Se ha utilizado la ecuación de manejo de materiales como se puede ver en la **tabla 3** para tener una comprensión clara del producto que se va a manejar, quién y cómo lo van a manejar para de esta manera poder seleccionar de forma asertiva la maquinaria y equipo.

Tabla 3: Ecuación Manejo de materiales

Pregunta	Tipo de pregunta	Respuesta
¿Qué?	¿Qué tipo de materiales se van a mover?	Se moverá paquetes embalados con cinta o en cajas, su peso en promedio es de 3.2kg cada paquete de dimensiones 25x30x20cm
¿Dónde?	¿Dónde está el almacenado, entregado y recibido?	Los paquetes dependiendo su destino se almacenan en racks de área de importación o exportación, se entrega y recibe en camiones (paquedero) y también un bajo porcentaje en servicio al cliente.
¿Cuándo?	¿Cuándo se debe mover el material?	El material se mueve diariamente en los horarios que carga o descarga el camión
¿Cómo?	¿Cómo se mueve, almacena y entrega el material?	Se moverá con bandas transportadoras, y montacargas. Algunos procesos serán manuales con operadores
¿Quién?	¿Quién maneja el material?	Los operadores y también ASRS
¿Cuál?	¿Qué tipo de manejo de materiales se debe considerar?	Es considero semi automático, ya que se planea automatizar las actividades que demoran más tiempo

4.6.1. Maquinaria y equipo

Una vez realizada la ecuación de manejo de materiales, flujo cualitativo, flujo cuantitativo (matriz desde – hacia) y matriz de priorización, para determinar la maquinaria necesaria para automatizar el proceso, se trabajó de la mano con el gerente de operaciones, quien proporcionó un conocimiento sobre las necesidades operativas y las áreas clave donde la automatización podría generar mayor eficiencia en base a la información ya obtenida, de igual manera, a través de reuniones y análisis detallados, se identificaron las fases del proceso logístico que requerían optimización, como la clasificación de paquetes, el manejo de inventario y el empaquetado. En base a la información recolectada y junto al gerente, se seleccionaron equipos y sistemas tecnológicos que permitirán aumentar la capacidad de procesamiento y reducir errores humanos, asegurando que el rediseño del centro de distribución esté alineado con los objetivos de productividad y crecimiento de la empresa. En el caso pasillos, y dimensiones generales, fue seleccionado

como menciona Konz, S. (**Anexo 8**). El **anexo 9** muestra los materiales necesarios para cada departamento y sus dimensiones.

Obteniendo un total de 2753 m² para el área operativa del nuevo centro de distribución, se ha decidido dejar aproximadamente un 10% de holgura, es decir, 300 m² libres dentro del terreno total de 3000 m². Esta decisión está alineada con las recomendaciones de Tompkins, donde enfatiza la importancia de prever espacio adicional en el diseño de instalaciones para garantizar flexibilidad operativa y expansión futura. Dejar esta holgura permitirá adaptarse a posibles necesidades de crecimiento o reconfiguraciones de áreas específicas, sin comprometer la eficiencia ni incurrir en costosos rediseños a corto plazo.

4.7. Enfoques Algorítmicos

A pesar de que seleccionar la cercanía de departamentos en base a la “calificación de cercanía” o “flujo de materiales” se puede reducir a un proceso algorítmico, estos no proporcionan un proceso formal. Es por esto la importancia de utilizar algoritmos formales que garantizan una mejor distribución y proponen criterios objetivos para facilitar la selección del layout ante diversas opciones. Tompkins et al. (2010) sugiere el uso de dos algoritmos heurísticos de construcción para diseñar una nueva instalación. En este caso se utilizará tres métodos para tener varias alternativas que mostrar al personal de la empresa. Los algoritmos de construcción a implementar serán: método gráfico, ALDEP y BLOCPLAN

4.7.1. Método basado en gráficas

El método basado en gráficas, según Tompkins, es una técnica utilizada en el diseño de instalaciones para optimizar la disposición de los departamentos o áreas de trabajo. Este método se basa en la representación de las interacciones y flujos entre diferentes áreas mediante diagramas o gráficos.

El proceso implica identificar las relaciones entre departamentos y priorizar la cercanía entre aquellos que necesitan una alta frecuencia de contacto. A partir de esta información, se genera un gráfico que ayuda a tomar decisiones sobre la disposición óptima de las áreas dentro de la instalación, mejorando así el flujo general del sistema. **Anexo 10**

4.7.2. ALDEP

Muther destacó que ALDEP es útil porque se basa en reglas heurísticas, lo que le permite crear múltiples alternativas de disposición según criterios como la cercanía entre áreas con flujos importantes de materiales o personas, el espacio disponible, y otros factores clave para optimizar el uso del terreno. Aunque no garantiza una solución óptima, Muther señaló que ALDEP permite a los diseñadores obtener varias opciones viables rápidamente, lo que mejora la eficiencia del proceso de planificación y ayuda a seleccionar la disposición que mejor se ajusta a los objetivos operativos. **Anexo 11**

4.7.3. BLOCPLAN

Aunque la mayoría de los algoritmos en teoría se pueden realizar a mano, Tompkins menciona que es importante realizar algoritmos computarizados. Aunque estos no pueden sustituir el criterio del personal ni las características cualitativas, este logra generar múltiples alternativas en poco tiempo evaluando de forma cuantitativa.

Tompkins et al. (2010), menciona que en la planificación de instalaciones y en la generación de layout mediante algoritmos heurísticos es importante probar diferentes configuraciones y realizar múltiples iteraciones para obtener un diseño adecuado. Es por esto por lo que se corrió 3 veces el programa, cada uno obtuvo 20 layout distintos. De primera se han eliminado todas las opciones que tengan departamentos angostos como el **anexo 12**. Y también los que tengan no tenga adyacencia entre el departe 3 – 1, 3 – 2, 3 – 4 ya que es un requisito para la carga y descarga de camiones. Posteriormente, se escogieron los tres más acordes a las necesidades **Anexo 12**

4.8. Evaluación de alternativas

4.8.1. Puntuación de adyacencia

Tompkins et al. describen la puntuación de adyacencia como una herramienta para evaluar y cuantificar la importancia de la proximidad entre departamentos o áreas en el diseño de una instalación. Esta puntuación se utiliza para determinar qué tan beneficioso o necesario es que dos departamentos estén cerca uno del otro. Se realizará con el fin de comparar diseños al maximizar el flujo (ecuación 1) entre departamentos adyacentes, sumando los valores de flujo entre ellos para cada alternativa.

$$\max z = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 f_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

En donde si los departamentos son adyacentes la variable binaria es 1, y 0 de lo contrario, se realizó la matriz de adyacencia para cada uno de los 5 layout, se obtuvo los siguientes resultados reflejados en la **tabla 4. Anexo 15**

Tabla 4: Resumen resultados puntuación de adyacencia

Método	Puntaje
Gráfico	45770
ALDEP	45577
BLOCPLAN OP3	43203
BLOCPLAN OP1	41306
BLOCPLAN OP2	41113

Una vez analizados los resultados de la matriz de adyacencia, se seleccionaron los tres layout con la puntuación más alta para ser presentados al equipo de Geomil. Estos diseños fueron evaluados en función de su capacidad para optimizar el flujo de materiales y la cercanía entre departamentos clave. Tras la revisión y discusión con el personal utilizando los siguientes criterios: Servicio al cliente debe ser adyacente al parqueadero, el parqueadero no debe estar en la mita, aplicable, y los departamentos deben tener forma rectangular o cuadrada. Finalmente se decidió optar por el layout "BLOCPLAN OP3" debido a su eficiencia general. No obstante, se solicitó un ajuste específico que se invierta (como espejo) para que la entrada principal sea en el lugar que es actualmente, con el fin de mejorar la accesibilidad y la operatividad del flujo de trabajo.

4.9. Simulación

En la última década, se han producido grandes avances en el desarrollo de paquetes de simulación para modelar problemas de flujo de materiales, lo que ha llevado a que los planificadores de instalaciones utilicen simulaciones varias veces durante el ciclo de planificación. Aunque las simulaciones no proporcionan soluciones óptimas, permiten comprender y predecir el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones. Se utilizan para situaciones donde no es fácil obtener soluciones matemáticas, validar modelos, o prever el impacto de cambios en el sistema. (Tompkins, 2010). Además, las

simulaciones ayudan a mejorar la comprensión de los planes de instalaciones y pueden ser aplicadas en diversos niveles, desde estaciones de trabajo hasta operaciones logísticas más complejas. Aunque su implementación puede ser formal o informal, el uso de la simulación es casi imprescindible en la planificación de instalaciones a gran escala.

Se realizó la simulación del modelo actual del centro de distribución, evaluando cómo se manejan los flujos de materiales y paquetes bajo las condiciones y procesos manuales vigentes. Esta simulación permitió visualizar cuellos de botella y áreas con bajo rendimiento. De igual manera, se realizó una segunda simulación incorporando la selección de nuevos materiales y la automatización de procesos, lo que permitirá comparar el rendimiento del sistema actual con el sistema automatizado. Para ambas simulaciones se utilizó diferente tipo de demanda (baja, media y alta) Siendo baja la actual, media el crecimiento que se espera en temporada alta diciembre, y alta el crecimiento que se espera el próximo año de un 30%. Esto facilitará la toma de decisiones informadas sobre los cambios necesarios para optimizar la operación y mejorar la eficiencia del centro de distribución.

4.9.1. Tamaño de muestra

Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia para la recolección de datos, siguiendo el enfoque utilizado en investigaciones previas, como describe (Kumar, V. 2024). Este método se eligió debido a su accesibilidad y rapidez para lograr el levantamiento de datos, como se menciona un total de 30 camiones en un centro de distribución, permitiendo así un avance eficiente del estudio. Aunque este tipo de muestreo puede presentar limitaciones en términos de generalización de los resultados, se consideró adecuado para los objetivos exploratorios de la presente investigación, tal como se justificó en la literatura mencionada.

Para llevar a cabo la simulación, fue necesario obtener distribuciones precisas de los datos, por lo que se utilizó el método de muestreo estadístico (OIT) **ecuación 2**, para determinar la cantidad de muestra representativa de cada camión involucrado en el proceso. Se espera obtener una cantidad de datos que pueda mostrar el comportamiento de una distribución adecuada, garantizando que las distribuciones obtenidas reflejen las características operativas del sistema. De esta forma, el muestreo estadístico

facilitará una simulación más precisa y confiable en cuanto a la variabilidad de los tiempos y capacidades de los camiones.

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (2)$$

Para lograr utilizar la ecuación se realizó un total de 20 muestras preliminares para cada uno de los procesos, para así realizar un promedio y obtener la muestra de cada camión adecuada (Anexo 19).

Teniendo un total de 180 muestras por cada proceso.

4.9.2. Supuestos

Es fundamental considerar los supuestos proporcionados por la empresa, los cuales servirán como base para el modelado y la simulación de procesos. A continuación, se mencionan:

- Se utilizó un tamaño estándar de paquete.
- Debido a que la demanda se proporcionó en kilos, se tomó el peso promedio de los paquetes del 4x4 paquetes de 1kg hasta 4kg (**anexo 27**)
- Horarios de camiones (**anexo 17**)
- Se utilizaron las 30 ciudades principales clientes (**Anexo 18**) Se realizó un Pareto para determinar las ciudades que representan el 80% de los kilos manejados por la empresa
- En un pallet van 10 paquetes (es como se trabaja actualmente)

4.9.3. Modelo Actual

Para el modelo actual, se optó por dividir el proceso de importación y exportación en cuatro áreas principales, tal como se detalla en la **tabla 5**. Estas áreas se estructuran en función de las etapas críticas del manejo de los paquetes:

Tabla 5: Actividades principales

Área	Descripción
Descarga	Desde el momento en que se coge un pallet y se coloca en el piso
Organización	Desde que se toma el paquete y se coloca en el carrito o rack
Picking	Desde que se toma el primer paquete hasta que se cierra el pallet

Carga	Desde que se toma el pallet hasta que se coloca en el camión ordenadamente
-------	--

4.9.3.1. Análisis datos de entrada

Se realizaron pruebas tanto subjetivas (histogramas) como objetivas para determinar cuáles son las distribuciones de cada uno de los procesos, obteniendo lo siguiente en la **tabla 6**:

Tabla 6: Distribución de datos

Área	Distribución	Discusión
Descarga	Normal	Al ser una actividad repetitiva el tiempo que se toman los operarios es similar en la mayoría de los casos Anexo 20
Organización	Normal	Esto se debe a que el tiempo requerido para organizar los paquetes alrededor de su destino (agrupándolos por ciudades) involucra tareas repetitivas que tienden a promediarse cuando se realizan bajo condiciones similares. Anexo 21
Picking	Normal	Estudios realizados en centros de distribución frecuentemente muestran que los tiempos de tareas repetitivas como el picking tienden a ajustarse a distribuciones normales. Akimoto, T., & Yamamoto, E. (2016) Anexo 22
Carga	Lognormal	Al organizar los paquetes se debe asegurar que estén agrupados por ciudades para que el despacho sea de forma objetiva, por lo tanto, hay paquetes que se demoran más en colocarlos que otros Anexo 23

Por otro lado, hay que tener en cuenta que como la llegada de camiones es por horarios, el arribo de los paquetes se simuló de esa manera (con tabla de horarios de llegada)

4.9.3.2. Análisis datos de salida

Una vez realizada la simulación, es necesario validar los datos para asegurar que el modelo está funcionando de manera adecuada. Según la información proporcionada por el gerente de operaciones, el 70% - 75% de los paquetes que ingresan al sistema logran ser procesados en su totalidad. Actualmente, la simulación alcanza un nivel de procesamiento del 70.6% como se observa en **figura 1**, por lo tanto se encuentra reflejando el comportamiento actual

Figura 1: Output simulación caso actual

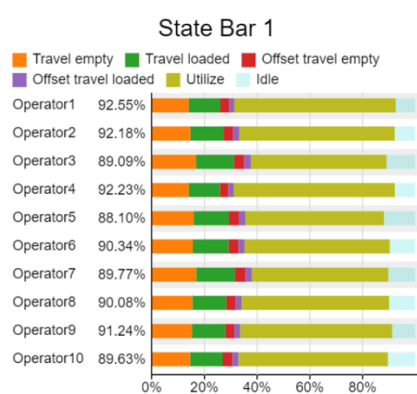
Output Importación

Object	Throughput
SourceImportacion	6000
CamionCarga	424

Como se puede observar en la **figura 1** entran 6000 paquetes y salen 424 pallets (cada uno contiene 10 paquetes) es decir 4240 paquetes. Por lo tanto, para alcanzar el 80 – 85% de paquetes procesados se deberá obtener las distribuciones adecuadas. De igual manera en la **figura 2**, se puede ver que la utilización de los 10 trabajadores es alta llegando hasta un 93% aun así cuando se está trabajando 24 horas, la utilización es muy alta.

Modelo: Anexo 24

Figura 2: Utilización de los trabajadores



4.9.4. Limitaciones

Una de las limitaciones de la simulación de la situación actual fue la dificultad para obtener datos precisos durante la toma de tiempos y los horarios de llegada de los camiones. A pesar de los esfuerzos para registrar estos datos, la variabilidad en los tiempos de operación manual y los retrasos en la llegada de los camiones dificultaron la creación de un modelo completamente representativo del flujo de materiales. Esta falta de precisión puede afectar la validez de la simulación y limitar la capacidad de identificar correctamente los cuellos de botella y las áreas de mejora en el proceso actual. Por otro lado, el muestreo por conveniencia empleado para recolectar datos no garantiza una representación completamente precisa del comportamiento real. Este enfoque fue elegido por su rapidez, pero puede no reflejar adecuadamente las dinámicas del sistema en diferentes escenarios o períodos de alta demanda. Por último, si bien la simulación es una herramienta poderosa para predecir el comportamiento del sistema, su dependencia de datos precisos y escenarios idealizados puede generar resultados optimistas que no siempre se

materialicen en la práctica. Esto puede derivar en una sobreestimación de las capacidades operativas o en un desconocimiento de posibles cuellos de botella que solo se manifiestan en condiciones reales.

4.9.5. Modelo Propuesto

El modelo propuesto es una simulación automatizada del proceso de distribución en el centro logístico de GeomilGroup, diseñada para optimizar el manejo de paquetes tras el aumento de demanda. La automatización permite empaquetar y enviar pallets con los paquetes disponibles en el menor tiempo posible para así satisfacer la demanda y aumentar la satisfacción al cliente, asegurando una mayor eficiencia operativa. El objetivo es alcanzar un procesamiento del 95% - 100% en una jornada menor de 24 horas diarias.

4.9.5.1. Maquinaria y tiempos de operación

En el modelo propuesto, la mayor parte de la maquinaria utilizada corresponde a los equipos que la empresa está dispuesta a adquirir. No obstante, para sistemas como el ASRS y el despaletizador, se ha seleccionado un modelo estándar que es comúnmente utilizado en centros de distribución de este tipo ya que todavía la empresa no tenía previsto un modelo específico. **Anexo 16**

4.9.5.2. Diseño de instalación

Existen temas esenciales para el diseño eficiente de centros de distribución, como por ejemplo Konz destaca métodos para organizar el espacio de almacenamiento, haciendo énfasis en la disposición adecuada de los equipos y materiales para minimizar los desplazamientos innecesarios y optimizar el flujo de trabajo. Es decir, el uso de sistemas automatizados, como el ASRS, mejora la eficiencia en la manipulación de artículos, reducir tiempos de acceso a inventario y mejorar el control de existencias. Además, es importante el diseño de almacenes que permiten maximizar el uso del espacio vertical y horizontal, contribuyendo a la reducción de costos operativos. En este caso se utilizó el diseño de la *estantería de una sola profundidad* para un mejor acceso de los ASRS, y de igual manera estantería en ambos sentidos para que los montacargas puedan recorrer los pasillos sin ningún problema.

4.9.5.3. Análisis datos de salida

Al colocar los tiempos de procesamiento de la maquina por implementar, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 3: Output simulación caso propuesto

Output Importación		Output Exportación	
Object	Throughput	Object	Throughput
SinkCamionCarga	581	SourceExportacion1	943
SourceCamionDescargaIMP	6000	CamionCargaExp1	90

Como se puede observar en la **figura 3**, se están procesando el 96.83% de los paquetes en los dos procesos (importación y exportación) por lo tanto se está cumpliendo con el objetivo propuesto.

Modelo: Anexo 25

4.9.6. Diseño Experimental

Una vez obtenida la simulación, se decidió realizar un diseño experimental factorial 3^3 para analizar el impacto de los recursos asignados a los departamentos de carga, descarga y picking en el rendimiento del centro de distribución. Los factores considerados fueron la cantidad de montacargas en cada uno de estos departamentos, con niveles de 1, 3 y 5 montacargas, que representan las opciones disponibles dentro del presupuesto y la capacidad de inversión, siendo 5 montacargas el máximo dispuesto a invertir por cada área. Este diseño experimental se aplicó tanto a la simulación del caso actual como al caso propuesto, utilizando como medida de desempeño los "pallets procesados". De esta manera, se buscó determinar si las configuraciones evaluadas en realidad mejoran la eficiencia operativa y justifican los cambios propuestos en comparación con la situación actual. La simulación se corrió por 15 días y se realizaron 5 réplicas. Los resultados fueron los siguientes:

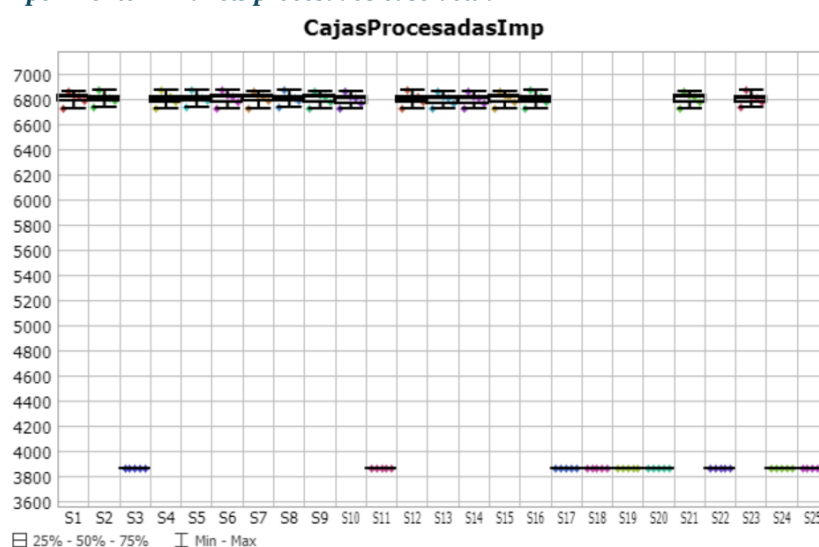
4.9.6.1. DOE Caso actual

En este caso, se fueron variando los operadores por cada una de las áreas y se obtuvo que se llega a procesar en promedio de 6700 – 6900 pallets con 10 paquetes cada uno **figura 4**. Se observa que los escenarios presentan diferencias significativas en la capacidad de procesamiento. Esto se debe a que todo el proceso es mayoritariamente manual, y la disponibilidad limitada de operadores en ciertas áreas genera

una menor eficiencia. En contraste, al aumentar la cantidad de operadores, se distribuyen las tareas de manera más equitativa, lo que permite procesar más paquetes en menos tiempo.

Estas diferencias reflejan la importancia de la asignación adecuada de recursos en el diseño del proceso, ya que un solo operador (o pocos) por área no puede alcanzar la misma capacidad de procesamiento que un equipo completo trabajando de forma simultánea. Este planteamiento también evidencia cómo las decisiones relacionadas con los recursos humanos influyen directamente en los tiempos de operación y la productividad general del sistema.

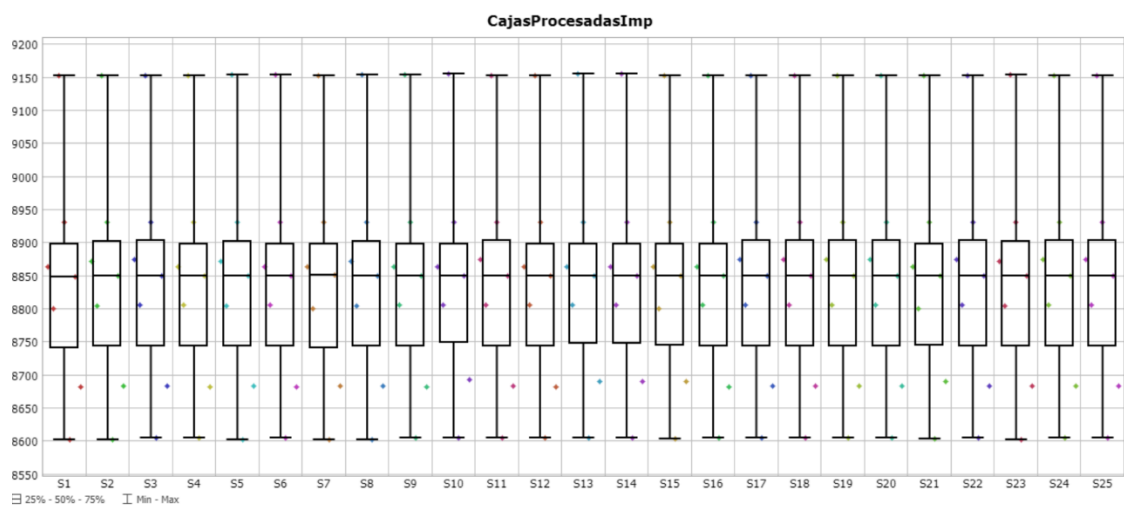
Figura 4: Output Experimenter – Pallets procesados caso actual



4.9.6.2. DOE Caso propuesto

Por otro lado, en el caso propuesto utilizando montacargas se llegan a procesar en promedio un total de 8750 – 8900 pallets con 10 paquetes cada uno como se ve en la **figura 5**.

Figura 5: Output Experimenter – Pallets procesados caso propuesto



Se observa que las diferencias entre los escenarios disminuyen considerablemente debido a un mayor grado de automatización en el proceso. Esto reduce la dependencia de los operadores para completar las tareas, logrando que los tiempos de procesamiento sean más consistentes y uniformes, independientemente de la cantidad de operadores disponibles.

Dado que los escenarios presentan características similares, se eligió aquel que requirió una menor cantidad de recursos, optimizando el uso del personal sin comprometer la eficiencia operativa. Este enfoque no solo mejora la sostenibilidad del proceso, sino que también maximiza el retorno de inversión en tecnología y automatización, favoreciendo la estandarización de los tiempos y la productividad general. La solución óptima es: 3 operadores en descarga, 1 picking, 1 carga.

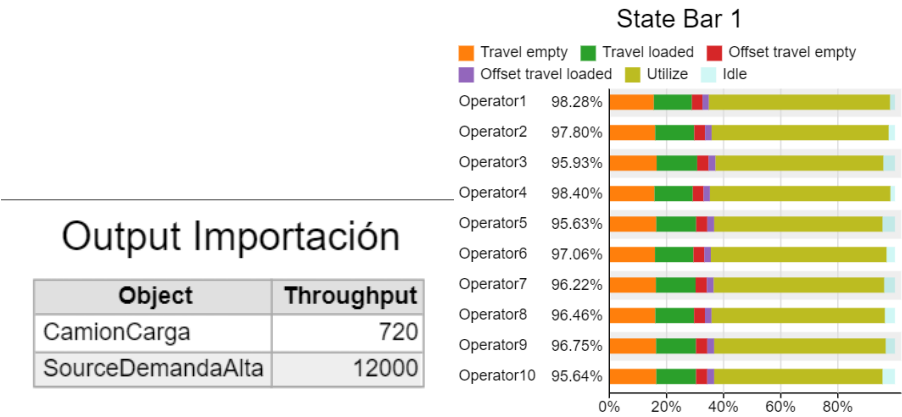
4.9.7. Comparación

4.9.7.1. Output y utilización

Tras identificar la solución óptima de asignación de recursos, consistente en 3 operadores para descarga, 1 operador para picking y 1 operador para carga, se realizó una comparación entre el caso propuesto y el actual frente a una demanda elevada. Los resultados (**figura 6**) evidenciaron que el sistema actual no está preparado para afrontar un incremento de demanda como el proyectado, debido a sus limitaciones en capacidad operativa. La utilización de los operadores es muy alta, superando el 96% de su capacidad. Esta sobreutilización puede generar cuellos de botella y afectar la eficiencia operativa. Como podemos

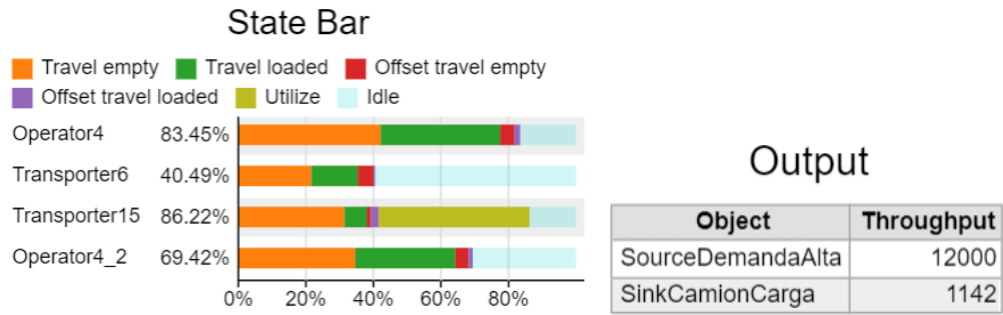
observar que de 12 000 paquetes ingresados se logran procesar un total de 720 pallets (cuando debería ser un total de 1200). Es decir, se llega a procesar solamente el 60% del total de paquetes ingresados.

Figura 6: Output caso actual utilización



Por otro lado, el caso propuesto demostró ser significativamente más eficiente, logrando gestionar la alta demanda sin generar cuellos de botella ni comprometer los tiempos de operación. De los 1200 pallets previstos, el sistema propuesto fue capaz de procesar 1142, lo que representa un 95.2% de la capacidad esperada. Además, la utilización de los operadores se redujo en comparación con el caso actual *figura 7*, lo que permite operar de manera más equilibrada y eficiente, sin sobrecargar los recursos humanos. Esto indica la importancia de rediseñar el sistema actual para enfrentar las exigencias futuras, asegurando que los recursos sean utilizados de manera más efectiva y alineados con las necesidades del negocio.

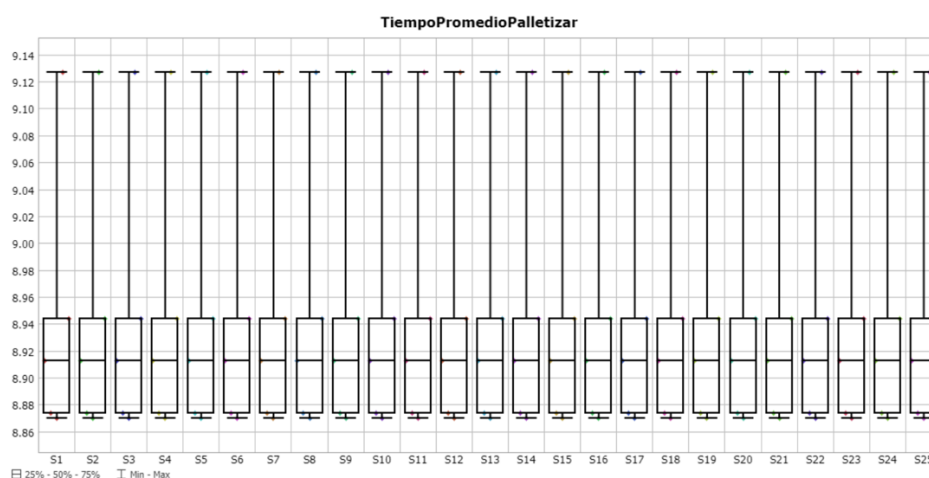
Figura 7: Output caso actual utilización



4.9.7.2. Tiempos de Paletizar

El caso actual de paletización, basado en procesos manuales, presenta tiempos significativamente más largos en comparación con la versión automatizada. En promedio, el proceso manual de paletización toma aproximadamente 9 minutos por ciclo como se ve en la **figura 8**, ya que depende en gran medida de la intervención humana para cada paso, desde la organización de los paquetes hasta su colocación en los pallets. Esta dependencia de los operadores humanos introduce variabilidad en los tiempos, ya que factores como la fatiga, la eficiencia del operador y la complejidad del producto pueden afectar el rendimiento. Además, al ser un proceso manual, la capacidad de manejar un alto volumen de trabajo es limitada, lo que hace que los tiempos sean más largos, especialmente en situaciones de alta demanda.

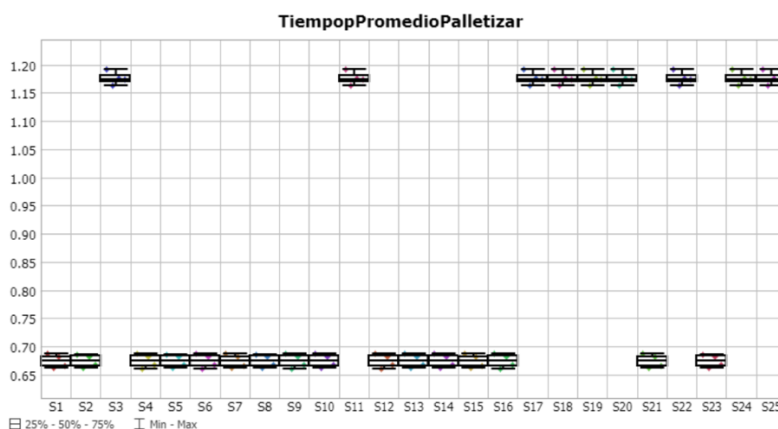
Figura 8: Output Experimenter - Tiempo paletizar caso actual



Por otro lado, el caso automatizado logra tiempos de paletización mucho más bajos, con un promedio de 1.15 minutos por ciclo, reflejado en la **figura 8**. La automatización reduce la intervención humana y permite un flujo de trabajo más continuo y eficiente. Los sistemas automáticos están diseñados para ejecutar las tareas de manera precisa y rápida, sin la variabilidad asociada a la intervención humana. Esto no solo acelera el proceso, sino que también permite manejar un volumen mucho mayor de paquetes sin un incremento significativo en el tiempo de procesamiento. Según estudios sobre la automatización en centros de distribución, la implementación de tecnología puede reducir drásticamente los tiempos de

ciclo, mejorar la consistencia y aumentar la capacidad operativa sin necesidad de aumentar el número de operadores, lo que se traduce en un uso más eficiente de los recursos (Jafari et al., 2021; Smith & Gold, 2020).

Figura 8: Output Experimenter - Tiempo paletizar caso propuesto



4.10. Análisis financiero

Para el análisis financiero del proyecto, se consideró el costo asociado a la implementación del diseño propuesto, el cual fue proporcionado por la empresa CSI Palletizing Latam, especialista en soluciones de automatización y manejo de materiales. Esta colaboración permitió obtener una estimación precisa de los costos de adquisición, instalación y puesta en marcha de los equipos necesarios, asegurando que los valores reflejen la inversión real requerida para llevar a cabo las mejoras planteadas en el centro de distribución. El presupuesto total disponible para el proyecto fue de \$700,000, con un aporte de \$500,000 por parte GeomilGroup y \$200,000 por parte de Crossbordely, representante de TEMU en Ecuador. El costo final estimado para la implementación ascendió a \$682,717.92, lo que demostró que el diseño propuesto es financieramente viable y se mantiene dentro del presupuesto asignado.

El análisis financiero del proyecto determinó que la inversión de \$682,717.92 se recuperará en un periodo de 3.05 años, siempre y cuando se alcance el punto de equilibrio de 280,000 kilos procesados por mes. Actualmente, el centro de distribución procesa 230,000 kilos mensuales, y considerando que el volumen de procesamiento aumenta entre 15,000 y 20,000 kilos por mes debido al incremento en la demanda, es viable alcanzar el punto de equilibrio en un plazo razonable. Este crecimiento proyectado respalda la

factibilidad económica del diseño propuesto y su capacidad para responder a las necesidades operativas del courier y su alianza con TEMU.

5. Conclusiones

El rediseño y automatización del centro de distribución de Geomil Group han demostrado ser soluciones altamente efectivas para abordar los desafíos operativos generados por el aumento en la demanda debido a la alianza con TEMU. El nuevo diseño, que incluye un enfoque integral en la optimización del layout y la implementación de tecnologías automatizadas, ha permitido un incremento significativo en la capacidad de procesamiento de paquetes. Se logró una eficiencia operativa del 96.83%, superando ampliamente el 70.6% del sistema actual. Esto representa una mejora del 26.23%, reduciendo cuellos de botella y aumentando la flexibilidad para manejar futuros picos de demanda.

Uno de los mayores logros del proyecto es la drástica reducción en el tiempo de paletización. El modelo automatizado ha disminuido el tiempo promedio de 9 minutos a 1.15 minutos por ciclo, lo que optimiza la velocidad de las operaciones y reduce las limitaciones impuestas por los procesos manuales. Además, la automatización ha permitido reducir significativamente la dependencia de los operadores humanos, bajando la utilización promedio del 93% al 75%, lo que mejora la sostenibilidad del sistema y mitiga riesgos relacionados con la fatiga laboral y la sobrecarga de trabajo.

En términos financieros, el proyecto presenta una alta viabilidad económica, con una inversión total de \$682,717.92 que se recuperará en 3.05 años, considerando el crecimiento proyectado del volumen de procesamiento. El punto de equilibrio, estimado en 280,000 kilos procesados por mes, es alcanzable dado el crecimiento mensual esperado de 15,000 a 20,000 kilos. Esta inversión no solo asegura un retorno financiero sólido, sino que también posiciona a Geomil Group como un actor competitivo en el mercado de la logística internacional, capaz de cumplir con las exigencias del comercio electrónico a gran escala. El diseño propuesto también incluye un margen de holgura del 10% en el uso del terreno, permitiendo adaptaciones futuras sin requerir inversiones significativas adicionales. Este enfoque estratégico asegura que el centro de distribución esté preparado para enfrentar cambios en las demandas del mercado,

manteniendo flexibilidad y eficiencia operativa a largo plazo. Asimismo, la configuración propuesta maximiza el uso del espacio vertical y horizontal, asegurando una distribución más eficiente de los recursos.

El modelo actual ha evidenciado limitaciones críticas, como la baja capacidad para gestionar incrementos de demanda, procesando solo el 60% de los paquetes ingresados en escenarios de alta carga. En cambio, el modelo automatizado ha demostrado ser significativamente más robusto, procesando el 95.2% de los paquetes esperados bajo las mismas condiciones. Estas cifras resaltan la necesidad urgente de implementar el rediseño, no solo para mejorar la capacidad de respuesta, sino también para garantizar la sostenibilidad del negocio en un entorno competitivo.

Finalmente, la implementación del modelo propuesto no solo responde de manera efectiva a las necesidades actuales de Geomil Group, sino que también establece una base sólida para el crecimiento futuro. La combinación de automatización, optimización del layout, y un enfoque estratégico en la gestión de recursos humanos y materiales, asegura una operación eficiente, sostenible y rentable. Este rediseño no solo permitirá a la empresa cumplir con los estándares de calidad esperados por sus clientes, sino también consolidarse como un líder en el sector logístico de la región.

6. Recomendaciones

Es fundamental priorizar la implementación del modelo automatizado propuesto, que incluye sistemas como ASRS, montacargas y paletizadoras. Estas tecnologías son esenciales para optimizar el manejo de paquetes, reducir errores operativos y mejorar significativamente los tiempos de procesamiento. La incorporación de estos sistemas garantizará que Geomil Group alcance niveles de eficiencia operativa cercanos al 96.83%, lo que permitirá satisfacer la creciente demanda de manera sostenible y confiable. La capacitación del personal es una pieza clave para el éxito del nuevo diseño. Aunque la automatización reduce la dependencia de los operadores, es crucial entrenar a los empleados en el uso, mantenimiento y solución de problemas relacionados con las nuevas tecnologías. Esto asegurará una transición fluida hacia

el sistema automatizado y minimizará interrupciones operativas. Además, la formación continua fortalecerá las competencias del equipo, alineándolas con los objetivos estratégicos de la empresa.

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua que permita analizar el desempeño del centro de distribución tras la implementación del nuevo diseño. Indicadores clave como tiempos de ciclo, capacidad de procesamiento y utilización de recursos deben ser revisados regularmente. Este monitoreo facilitará ajustes dinámicos en las operaciones, asegurando que el sistema siga siendo eficiente y adaptable ante cambios en la demanda.

El diseño del modelo automatizado ha demostrado que es posible operar con una configuración optimizada de recursos humanos. Se sugiere mantener la distribución propuesta de **3 operadores en descarga, 1 en picking y 1 en carga**, asegurando un balance adecuado entre automatización y recursos humanos. Esta configuración no solo mejora la productividad, sino que también reduce costos laborales al mantener un uso eficiente del personal.

En cuanto a la planificación futura, es vital mantener el margen de holgura del 10% en el diseño del layout como una reserva estratégica. Esto permitirá realizar expansiones o adaptaciones operativas sin incurrir en gastos significativos en el corto plazo. A medida que la demanda crezca, este enfoque proactivo garantizará la capacidad de respuesta del centro de distribución, evitando la necesidad de rediseños costosos.

Se sugiere además invertir en herramientas avanzadas de simulación y análisis de escenarios. Estas herramientas permitirán prever el impacto de incrementos en la demanda o cambios en los procesos, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones estratégicas. La simulación es una herramienta importante para minimizar riesgos y optimizar operaciones sin necesidad de modificar físicamente la instalación.

De igual manera, la sostenibilidad debe ser un enfoque central en la operación del centro de distribución. Incorporar tecnologías energéticamente eficientes y prácticas operativas sostenibles contribuirá a reducir los costos a largo plazo y a mejorar la imagen corporativa de Geomil Group como una empresa

comprometida con el medio ambiente. Estas iniciativas no solo alinean a la empresa con tendencias globales, sino que también fortalecen su competitividad en mercados sensibles a la sostenibilidad. Aprovechando los beneficios del rediseño, se recomienda fortalecer la alianza estratégica con TEMU y explorar oportunidades en otras empresas similares como Amazon que está entrando en el mercado ecuatoriano. Esta diversificación permitirá reducir la dependencia de un solo mercado y ampliar la base de clientes, aumentando la resiliencia financiera de la empresa frente a fluctuaciones en la demanda. Finalmente, es crucial implementar sistemas de gestión de datos en tiempo real para mejorar la visibilidad y control de las operaciones. Estos sistemas facilitarán una toma de decisiones más ágil y fundamentada, optimizando continuamente las operaciones logísticas. Además, mantener una comunicación constante entre los equipos directivos y operativos garantizará que las estrategias y objetivos de la empresa estén alineados con las capacidades del centro de distribución, maximizando los beneficios del rediseño. De esta manera, aplicando las recomendaciones se espera posicionar a Geomil Group no solo para superar los desafíos operativos actuales, sino también para consolidarse como un líder en el mercado logístico regional, con una infraestructura preparada para responder a las demandas del comercio electrónico global.

6.1. Supuestos a considerar (limitaciones de la simulación)

En el desarrollo del modelo de simulación, es importante destacar que no se han replicado todas las actividades del sistema de manera exacta. Esto se debe a la complejidad inherente de ciertos procesos, así como a limitaciones en el conocimiento detallado de algunos aspectos específicos del sistema real. Estas simplificaciones y aproximaciones han sido necesarias para hacer viable la construcción del modelo, priorizando aquellas actividades críticas para el análisis. Si bien el modelo proporciona una visión general valiosa y permite evaluar escenarios relevantes, es fundamental considerar que algunas dinámicas del sistema real no han sido representadas en su totalidad, lo que podría influir en la precisión de los resultados obtenidos. Además, algunas dinámicas del sistema real, como el comportamiento humano o variaciones inesperadas, pueden no ser completamente replicables en el entorno simulado. Por lo tanto, es

necesario tener en cuenta estas consideraciones al interpretar los resultados y utilizarlos como base para la toma de decisiones.

- Limitación en la toma de datos, la calidad de los datos utilizados puede no ser completamente representativa del sistema real, ya que algunos valores pueden ser estimados o aproximados por la falta de un estándar en las actividades.
- Se ha asumido que las actividades, como empaquetado o clasificación, tienen un tiempo de ejecución fijo, sin considerar variaciones reales causadas por fallos en los equipos o diferencias en la carga laboral.
- Se ha modelado solamente con las 30 ciudades principales cuando en realidad manejan todas las ciudades del Ecuador.
- Existe un combiner por ciudad, cuando en realidad un combiner paletizará varias ciudades
- El modelo asume que los paquetes llegan al centro de distribución a intervalos regulares o según una distribución estándar, ignorando fluctuaciones como picos de demanda en ciertos días u horas.
- Se ha considerado que los trabajadores siempre están disponibles al 100% de su capacidad, sin pausas, rotaciones o cambios de turno.
- El modelo puede no incluye errores operativos, como mal manejo de paquetes o clasificaciones incorrectas, que ocurren naturalmente en el sistema real.
- Se ha considerado que todos los pallets se conforman con 10 paquetes, sin incluir la variabilidad real, donde la cantidad de paquetes en el pallet depende de las dimensiones y características de los paquetes.
- La simulación supone que siempre se espera a completar un pallet de 10 paquetes antes de despacharlo, sin permitir que se despachen pallets incompletos en ciertos casos.
- Se ha asumido que los paquetes esperan directamente en el combiner hasta que otro paquete sea movido al rack, en lugar de que cada paquete permanezca en el rack hasta que alguien lo recoja para la paletización.
- Los tiempos que los paquetes pasan en espera, ya sea en almacenamiento temporal, en los racks, o en las estaciones de paletización, no han sido incluidos en el análisis.
- No se ha considerado el manejo de paquetes problemáticos, como aquellos con daños, etiquetas incorrectas o dimensiones atípicas que podrían requerir reubicaciones o procesos adicionales.
- Se ha simplificado el modelo al asumir que siempre hay espacio disponible en los racks y en los combiners, sin considerar posibles restricciones o cuellos de botella.

- El modelo se corrió durante un período de 15 días con 5 réplicas, lo cual es insuficiente para capturar toda la variabilidad del sistema real. Para obtener datos más representativos y válidos, sería necesario extender el horizonte temporal de la simulación y aumentar el número de réplicas.
- No se han considerado factores externos como retrasos en la llegada de vehículos para despachar pallets o cambios en las condiciones climáticas que puedan afectar el desempeño del centro de distribución.

Es decir, el modelo de simulación ofrece una herramienta útil para analizar y comprender el desempeño general del centro de distribución bajo diferentes escenarios, pero debido a las simplificaciones realizadas, es esencial considerar sus limitaciones al aplicarlo. Aspectos como la variabilidad real de las actividades, restricciones operativas y eventos no representados deben tenerse en cuenta para complementar los resultados con análisis adicionales y validaciones en el entorno real.

6.2. Lecciones aprendidas

Al reflexionar sobre el desarrollo del proyecto, surgen varias lecciones que podrían guiar futuros proyectos similares. Una de las áreas clave en las que se realizarían cambios significativos sería la recolección y análisis de datos desde el inicio. Aunque se obtuvieron resultados satisfactorios, la recopilación de datos en tiempo real y con mayor precisión desde las etapas preliminares habría permitido modelar con mayor exactitud las operaciones actuales. Esto habría facilitado una mejor identificación de cuellos de botella y áreas de mejora desde las primeras simulaciones, optimizando el uso de recursos y tiempo durante las fases de diseño.

En términos de metodología, se habría priorizado un enfoque más iterativo en la evaluación de alternativas de diseño. Aunque se analizaron múltiples layout utilizando herramientas como ALDEP y BLOCPLAN, realizar iteraciones más frecuentes y ajustadas con datos actualizados habría mejorado aún más la precisión de los diseños y su adecuación a las necesidades operativas. Esto también habría permitido evaluar con mayor detalle las implicaciones logísticas de cada alternativa en diferentes escenarios de demanda.

La gestión del tiempo fue otra área de aprendizaje importante. Habría sido beneficioso dedicar más tiempo al aprendizaje en el uso de herramientas de simulación (FlexSim). Esto habría sido un éxito,

permitiendo realizar simulaciones más complejas y realistas desde el inicio y reduciendo la dependencia de supuestos generales.

Se hubiera implementado un enfoque más robusto para la gestión de riesgos. Aunque se identificaron varias limitaciones del modelo actual, un análisis más profundo sobre los problemas, como fluctuaciones en la demanda o cambios en la disponibilidad de recursos, habría permitido diseñar un sistema aún más resiliente. Esto incluiría la planificación para escenarios extremos, como interrupciones en la cadena de suministro o aumentos inesperados en los volúmenes de paquetes.

En conclusión, si el proyecto se pudiera iniciar nuevamente, se le daría un enfoque más centrado en el análisis profundo y continuo de datos, la participación de todos los involucrados, un diseño iterativo más ajustado a realidades cambiantes y una planificación robusta para la gestión de riesgos. Estas mejoras garantizarían un proceso más eficiente, adaptable y alineado con las necesidades estratégicas de la empresa.

7. Bibliografía:

Ahmadi, R., & Ghomi, S.M.T.F. (2017). *Applied Soft Computing*

Akimoto, T., & Yamamoto, E. (2016). Efficiency improvements in repetitive task operations: Analyzing distribution patterns in logistics. *Journal of Operational Logistics*.

Al-Ahmari, A., & Yianni, J. (2024). Optimizing robot motion and facility layout using the time-delay Petri net model. *Journal of Flexible Automation Systems*

Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2008). *Introduction to materials management* (6th ed.). Pearson Education.

Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management*. Pearson Education.

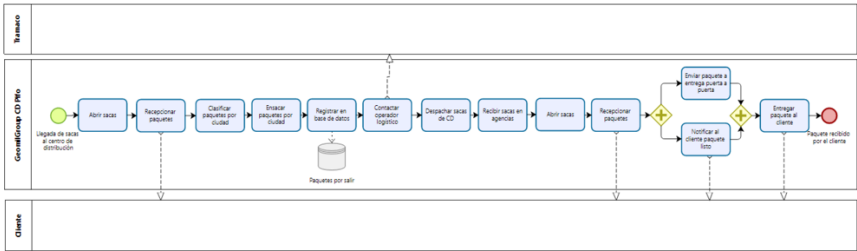
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation*. Pearson.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson. Evaluar los requisitos de espacio de todas las actividades
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Donglei, D. (2024). A simulation-based optimization methodology for facility layout design in manufacturing. *DiVA Portal*.
- Greasley, A. (2024). Simulation techniques for optimizing plant layouts: A comparative study using discrete event modeling. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*.
- Groover, M. P. (2015). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson Education.
- Hammer, M., & Champy, J. (2009). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. HarperCollins.
- Hanwen, L., Xiaobing, L., Lin, L., Islam, S. M. N., & Xu, Y. (2024). A study of the layout planning of plant facilities based on the timed Petri net and systematic layout planning.
- Jafari, M., Smith, A., & Gold, R. (2021). The impact of automation on cycle time reduction in distribution centers. *International Journal of Supply Chain Management*.
- Kanz, S. (2017). *Handbuch Logistik und Supply Chain Management*. Springer Vieweg.
- Kulwiec, R. A. (1985). *Material handling handbook*. John Wiley & Sons.
- Kumar, V. (2024). Statistical sampling methodologies in logistics operations. *Journal of Supply Chain Analytics*
- Kuo, T.C., & Chen, C.L. (2015). *International Journal of Production Research*
- Mecalux. (2016). Picking: Fórmulas para optimizar un proceso clave para la intralogística. *Revista Logistec.*
- Mejía, J., & Torres, P. (2024). Integrating simulation and lean methodologies for facility layout optimization. *Production and Operations Management Journal*.

- Mutare, A. (2002). Planificación y proyección de la empresa industrial. Ediciones Técnicas.
- Pinedo, M. (2016). Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. Springer.
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2009). European Journal of Operational Research
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). The Handbook of Logistics and Distribution Management. Kogan Page.
- Sadeghi, P., & Hosseini, M. (2024). A reinforcement-learning approach for optimizing factory layouts and logistics flows. Machines.
- Sherfudeen, S. S., Athinamilagi, M., & Venkataramanujam, J. (2022). Using adaptive salp swarm optimization for reducing CO2 emissions and material handling costs in facility layouts. Journal of Mechanical Engineering.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2020). Operations Management. Pearson.
- Smith, J., & Gold, R. (2020). Technology-driven solutions for enhanced inventory management in automated logistics. Automation in Logistics Review
- Sule, D. R. (2008). Instalaciones de manufactura y manejo de materiales. McGraw-Hill Interamericana.
- Tashakori, M., & Kalhori, M. (2024). Optimization techniques for green layout design in manufacturing: A meta-heuristic analysis. Strojniški Vestnik - Journal of Mechanical Engineering.
- Thompson, J. D. (2003). Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory. Transaction Publishers.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). Facilities Planning. John Wiley & Sons.
- Verma, D. S., & Chaurasia, R. (2024). Optimizing manufacturing industry layouts using SLP and lean tools. International Journal of Recent Technology and Engineering.
- Wang, Y., Zhang, L., & Lee, J. (2024). Layout optimization of logistics and warehouse land based on a multi-objective genetic algorithm. ISPRS International Journal of Geo-Information.
- Wong, K.C. (2016). Computers & Industrial Engineering

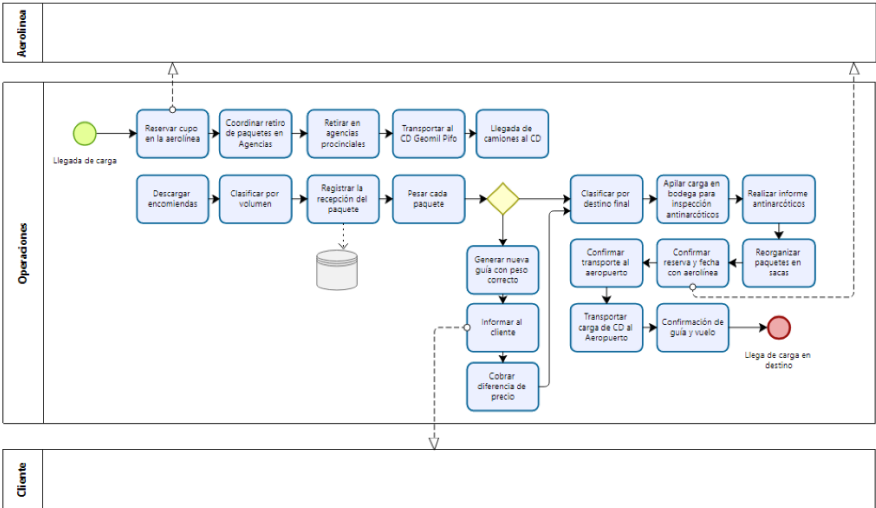
Xingzhi LIN. Intelligent Unified Information Things[J]. Advanced (2011), pp.1343-1348. Flexible Reform Technology of Logistic System Based On Internet of Materials Research

8. Anexos

Anexo 1: Mapeo de proceso “Importación”



Anexo 2: Mapeo de proceso “exportación”



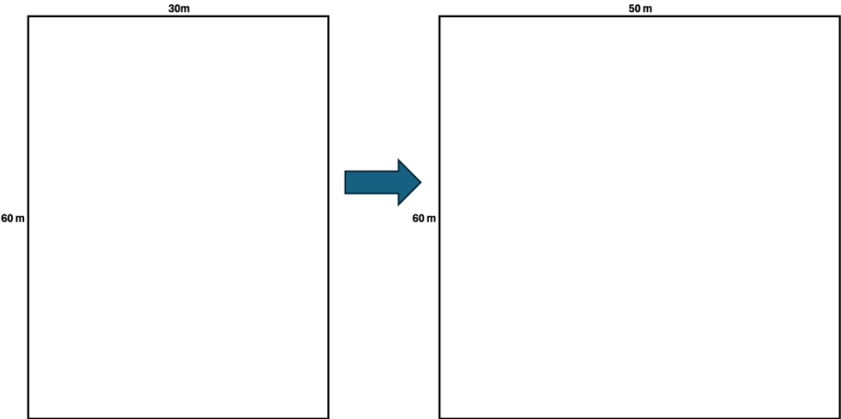
Anexo 3: Metodología SFP

Part One DEFINING REQUIREMENTS

Table 1.3 Comparison of the Engineering Design Process, Facilities Planning Process, and Winning Facilities Planning Process

Phase	The Engineering Design Process	The Facilities Planning Process	The Winning Facilities Planning Process
Phase I	Define problem.	1. Define or redefine objective of the facility. 2. Specify primary and support activities.	1A. Understand the organization model of success. 1B. Understand external issues. 1C. Understand internal issues. 2. Establish facilities planning design criteria. 3. Obtain organizational commitment.
Phase II	Analyze the problem. Generate alternatives. Evaluate the alternatives. Select the preferred design.	3. Determine the interrelationships. 4. Determine space requirements. 5. Generate alternative facilities plan. 6. Evaluate alternative facilities plan. 7. Select a facilities plan.	4. Establish teams. 5. Assess present status. 6. Identify specific goals. 7. Identify alternative approaches. 8. Evaluate alternative approach. 9. Define improvement plans. 10. Obtain support for improvement plans.
Phase III	Implement the design.	8. Implement the plan. 9. Maintain and adopt the facilities plan. 10. Redefine the objective of the facility.	11. Implement plans. 12. Audit results.

Anexo 4: Dimensiones Layout actual – Layout nuevo



Anexo 5: Matriz de Priorización

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
A	1	5	5	1	1	1	0,2	5	1	1	10	31,2	14%
B	0,2	1	5	5	1	0,2	0,2	1	0,2	1	0,2	15	7%
C	0,2	0,2	1	0,2	1	1	1	0,2	0,2	1	5	11	5%
D	1	0,2	5	1	1	1	1	1	5	1	1	18,2	8%
E	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	0,2	18,2	8%
F	1	5	1	1	1	1	0,2	5	5	1	5	26,2	12%
G	5	5	1	1	0,2	5	1	5	0,1	1	5	29,3	13%
H	0,2	1	5	1	0,2	0,2	0,2	1	0,2	1	5	15	7%
I	1	5	5	0,2	1	0,2	10	5	1	1	5	34,4	15%
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	5%
K	0,1	5	0,2	1	5	0,2	0,2	0,2	0,2	1	1	14,1	6%
Total	12	29	30	13	13	12	20	29	15	11	38	223,6	100%

Anexo 6: Flujo Cuantitativo. Matriz

	A	B	C	D	E	F
A	-	U	A	O	I	U
B		-	A	O	U	U
C			-	E	U	U
D				-	U	U
E					-	U
F						-

Anexo 7: Flujo cualitativo. Matriz desde – hacia

Descripción	Departamento X	Departamento Y	Flujo (mensual)
Descarga de productos (exportación)	C	A	6.430,00
Carga de productos (exportación)	A	C	6.237,10
Descarga de productos (importación)	C	B	12.610,82
Carga de productos (importación)	B	C	12.610,82
Servicio al cliente (retirar paquetes)	B	D	2.567,00
Servicio al cliente (enviar encomiendas)	D	A	4.464,23
Revisión de paquetes	A	E	192,90
Paquedero (Entrega de encomiendas clier	C	D	4.464,23
Recogida de box/encomiendas	D	C	2.567,00

	A	B	C	D	E	F
A	-		6.237		192,90	
B		-	12.611	2.567		
C	6.430	12.611	-	4.464		
D	4.464		2.567	-		
E					-	
F						-

	A	B	C	D	E	F
A	-	0	12.667	4.464	193	0
B		-	18.848	2.567	0	0
C			-	7.031	0	0
D				-	0	0
E					-	0
F						-

Anexo 8: Dimensiones recomendadas Stephan Konz

Tabla 11.3 Entrepaños para diversas alternativas de pasillo y montacarga para un edificio de 180 × 190 pies

Montacargas Profundidad	Con contrapeso		Angosto 25 pulg.		Angosto 50 pulg.		Torreta	
	Única de 144 pulg.		Única 96 pulg.		Doble 96 pulg.		Única 68 pulg.	
Pasillo (nominal)	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Paso	5	5	5	5	5	5	5	5
Plataforma	48	48	48	48	48	48	96	96
Pasillo	96	96	144	144	68	68	96	96
Plataforma	48	48	48	48	48	48	96	96
Paso	5	5	5	5	5	5	5	5
Reserva	0	18	0	24	0	10	0	14.6
Total	198	216	246	270	170	180	294	308.6
Ancho del edificio		2160		2160		2160		2160
Núm. de módulos		10		8		12		7
Plataformas/módulos		86		86		86		172
Entrepaños de módulos		860		688		1032		1204
Entrepaños extremos		45		45		45		45
Entrepaños totales/piso		905		733		1077		1249

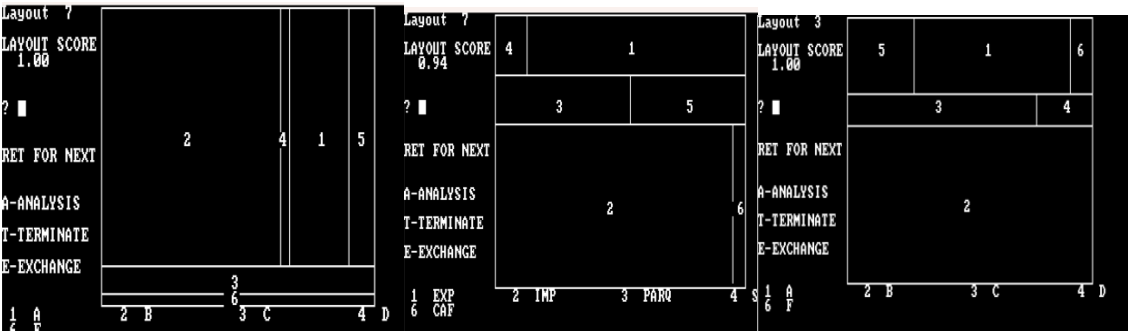
Vehículo	Ancho típico de pasillo (pies)	Altura típica de estantería (niveles)	Costo en 1982 (\$/entrepaño)
Con contrapeso	12	5	40
Pasillo angosto, al- cance 25 pulg.	8	5	40
Pasillo angosto, al- cance 50 pulg. (doble profun- didad)	8	5	36
Pasillo angosto, torreta	5.67	10	45

Anexo 9: Requerimiento manejo de materiales

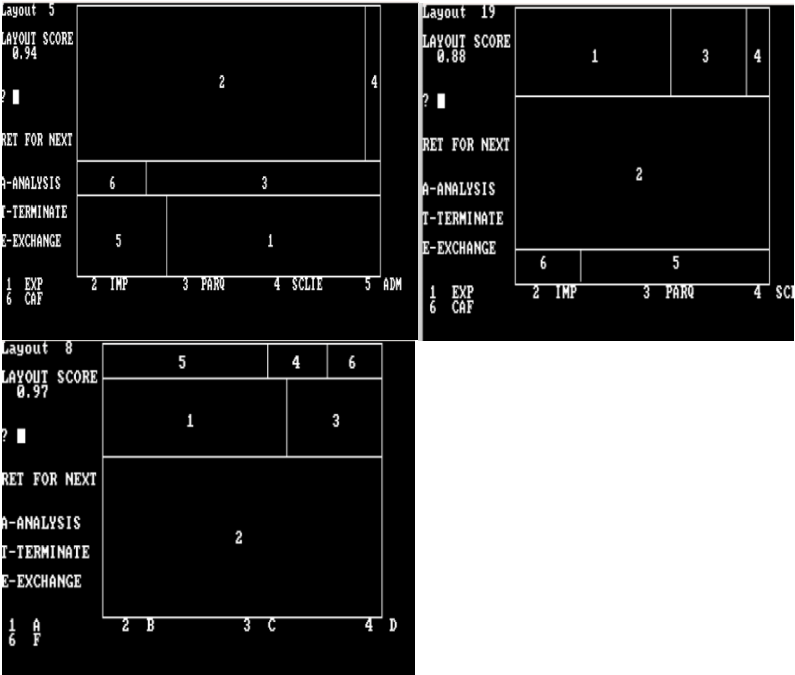
Departamento	Equipo	Cantidad	Profundidad - ancho	Largo (m)	Alto (m)	área (m2)	Area total	Descripción
Exportación	Racks grandes	10	3	6	9	18	180	Estados Unidos, España
Exportación	Racks medianos	3	2	3	5	6	18	Venezuela
Exportación	Racks pequeños	6	1	2	4	2	12	Italia, Reino Unido
Exportación	Pasillos	6	2,4	4	0	9,6	57,6	
Exportación	Área paquetes contaminados	1	7	10	0	70	70	Oficina grande
Exportación	Racks pequeños	2	1	2	4	2	4	Paquete contaminados
Exportación	Bandas transportadoras	5	1,5	15		22,5	112,5	
Exportación	Oficina encargado	1	5	5		25	25	Oficina jefe
Exportación	Rayos X	1	1,5	5		7,5	7,5	
Exportación	Montacargas	2	2	2,5	4	5	10	
Exportación	Palletizador	2	3	4		12	24	Un poco más para el espacio de traslado
Importación	Bandas transportadoras	20	1,5	15		22,5	450	
Importación	Racks grandes largos	12	3	10	9	30	360	24 provincias- algunos son más pequeños
Importación	Montacargas	5	1,5	2,5	4	3,75	18,75	
Importación	ASRS	12	3	15	10	45	540	
Importación	Palletizador	12	3	4		12	144	
Importación	Pasillos	8	2,4	4	0	9,6	76,8	
Paquedero	Pasillos	10	2,4	4	0	9,6	96	
Paquedero	Camiones	6	2,5	6,5		16,25	97,5	Camiones de 10 toneladas
Paquedero	Garita guardia	1	3	2		6	6	
Paquedero	Carros	7	2	5		10	70	Carros clientes
Servicio al Cliente	Pasillos	4	2,4	4	0	9,6	38,4	
Servicio al Cliente	Racks pequeños	3	1	2	4	2	6	
Servicio al Cliente	Escritorio (recepción)	2	2	3		6	12	
Servicio al Cliente	Rack grande	1	3	6	9	18	18	
Servicio al Cliente						0	0	
Servicio al Cliente	Sillas de espera	2	1	2		2	4	
Administrativo	Oficinas generales	5	4	5		20	100	
Administrativo	Oficina gerente	1	5	6		30	30	
Administrativo	Recepción de paquetes conti	1	3	4		12	12	
Administrativo	Pasillos	4	2,4	4	0	9,6	38,4	
Administrativo	Sala de reuniones	1	7	6		42	42	
Cafetería	Comedor (10 personas)	2	1,5	2,4	0	3,6	7,2	
Cafetería	Pasillos	6	2,4	4	0	9,6	57,6	
Cafetería	Generales (lavabo, mesón, et	2	0,7	5	0,9	3,5	7	
						Area total	2752,25	

Anexo 10: Layout generado método basado en gráficas

Anexo 12: Método BLOCPAN (Layout eliminado)



Anexo 13: Layout generado método BLOCPAN



Anexo 13.1: Output método BLOCPAN

LAYOUT	ADJ. SCORE	REL-DIST SCORES	PROD MOVEMENT	LAYOUT	ADJ. SCORE	REL-DIST SCORES	PROD MOVEMENT		
1	1.00 - 1	0.61 -14	791 - 9	1281650 - 8	1	1.00 - 1	0.71 - 7	757 - 7	1233198 - 6
2	0.97 -10	0.63 -13	905 -10	1382639 -10	2	1.00 - 1	0.94 - 1	727 - 4	1183134 - 5
3	0.97 -10	0.65 -12	964 -13	1464762 -11	3	1.00 - 1	0.81 - 3	707 - 3	1182937 - 4
4	1.00 - 1	0.57 -15	1054 -19	1572865 -16	4	0.97 -10	0.66 -11	747 - 5	1237043 - 7
5	0.97 -10	0.88 - 4	741 - 5	1335847 - 9	5	0.97 -10	0.56 -15	1008 -16	1572006 -15
6	0.97 -10	0.65 -11	964 -14	1464762 -12	6	0.97 -10	0.52 -17	1020 -17	1770232 -19
7	1.00 - 1	0.34 -19	1005 -16	1580543 -17	7	1.00 - 1	0.34 -20	1005 -15	1580543 -16
8	1.00 - 1	0.57 -17	1050 -18	1563587 -14	8	0.97 -10	0.54 -16	1039 -18	1607400 -18
9	1.00 - 1	0.70 - 9	776 - 8	1268402 - 4	9	0.97 -10	0.71 - 6	748 - 6	1177022 - 3
10	0.97 -10	0.89 - 3	727 - 4	1271210 - 6	10	1.00 - 1	0.57 -14	1050 -19	1563587 -14
11	0.97 -10	0.90 - 2	650 - 2	1037130 - 2	11	0.97 -10	0.69 - 9	801 - 9	1338446 - 9
12	0.97 -10	0.69 -10	998 -15	1660574 -19	12	0.97 -10	0.64 -12	936 -12	1391785 -11
13	0.97 -10	0.73 - 8	962 -11	1709613 -20	13	0.97 -10	0.80 - 4	845 -11	1473574 -13
14	0.97 -10	0.56 -18	962 -12	1466480 -13	14	0.97 -10	0.42 -19	1086 -20	1049423 -20
15	1.00 - 1	0.92 - 1	609 - 1	1023772 - 1	15	1.00 - 1	0.52 -18	999 -14	1666221 -17
16	0.97 -10	0.75 - 7	766 - 7	1260745 - 5	16	1.00 - 1	0.70 - 8	645 - 1	1143246 - 2
17	0.97 -10	0.82 - 5	744 - 6	1280506 - 7	17	1.00 - 1	0.63 -13	774 - 8	1261373 - 8
18	1.00 - 1	0.81 - 6	707 - 3	1182937 - 3	18	0.97 -10	0.75 - 5	943 -13	1409403 -12
19	1.00 - 1	0.57 -15	1054 -19	1572865 -15	19	0.97 -10	0.69 - 9	801 - 9	1338446 - 9
20	1.00 - 1	0.34 -19	1005 -16	1580543 -17	20	1.00 - 1	0.88 - 2	658 - 2	1106574 - 1
TIME PER LAYOUT 0.58				TIME PER LAYOUT 0.60					
DO YOU WANT TO DELETE SAVED LAYOUT (Y/N) ?				DO YOU WANT TO DELETE SAVED LAYOUT (Y/N) ?					
LAYOUT	ADJ. SCORE	REL-DIST SCORES	PROD MOVEMENT	LAYOUT	ADJ. SCORE	REL-DIST SCORES	PROD MOVEMENT		
1	0.97 - 4	0.50 -20	1073 -20	1817499 -20	1	0.97 - 4	0.66 -14	933 -13	1705176 -19
2	0.97 - 4	0.66 -14	933 -13	1705176 -19	2	1.00 - 1	0.82 - 5	517 - 1	940203 - 1
3	1.00 - 1	0.82 - 5	517 - 1	940203 - 1	3	0.97 - 4	0.68 -13	937 -14	1607949 -17
4	0.97 - 4	0.68 -13	937 -14	1607949 -17	4	0.97 - 4	0.91 - 3	648 - 4	1042680 - 3
5	0.97 - 4	0.91 - 3	648 - 4	1042680 - 3	5	0.97 - 4	0.63 -18	938 -15	1701394 -18
6	0.97 - 4	0.63 -18	938 -15	1701394 -18	6	0.97 - 4	0.65 -15	964 -17	1464762 -13
7	0.97 - 4	0.65 -15	964 -17	1464762 -13	7	0.97 - 4	0.65 -16	901 -11	1377382 -10
8	0.97 - 4	0.65 -16	901 -11	1377382 -10	8	0.97 - 4	0.80 - 8	862 -10	1519535 -14
9	0.97 - 4	0.80 - 8	862 -10	1519535 -14	9	0.97 - 4	0.70 -11	1005 -19	1643984 -15
10	0.97 - 4	0.70 -11	1005 -19	1643984 -15	10	0.97 - 4	0.52 -19	957 -16	1459052 -12
11	0.97 - 4	0.52 -19	957 -16	1459052 -12	11	0.97 - 4	0.71 -10	998 -18	1674462 -16
12	0.97 - 4	0.71 -10	998 -18	1674462 -16	12	0.97 - 4	0.81 - 6	645 - 2	1058446 - 4
13	0.97 - 4	0.81 - 6	645 - 2	1058446 - 4	13	1.00 - 1	0.94 - 1	727 - 6	1183134 - 6
14	1.00 - 1	0.94 - 1	727 - 6	1183134 - 6	14	0.97 - 4	0.74 - 9	797 - 8	1249980 - 8
15	0.97 - 4	0.74 - 9	797 - 8	1249980 - 8	15	0.97 - 4	0.69 -12	801 - 9	1338446 - 9
16	0.97 - 4	0.69 -12	801 - 9	1338446 - 9	16	0.97 - 4	0.81 - 6	645 - 2	1058446 - 4
17	0.97 - 4	0.81 - 6	645 - 2	1058446 - 4	17	1.00 - 1	0.94 - 1	727 - 6	1183134 - 6
18	1.00 - 1	0.94 - 1	727 - 6	1183134 - 6	18	0.97 - 4	0.90 - 4	650 - 5	1037130 - 2
19	0.97 - 4	0.90 - 4	650 - 5	1037130 - 2	19	0.97 - 4	0.65 -16	901 -11	1377382 -10
20	0.97 - 4	0.65 -16	901 -11	1377382 -10	TIME PER LAYOUT 0.58				
DO YOU WANT TO DELETE SAVED LAYOUT (Y/N) ?				DO YOU WANT TO DELETE SAVED LAYOUT (Y/N) ?					

Anexo 15: Matriz de adyacencia

Gráfico

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	1	1	1
3	1	1	0	1	0	0
4	1	1	1	0	1	0
5	1	1	0	1	0	1
6	1	1	0	0	1	0

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	12667	4464	192,9	0
2		-	18848	2567	0	0
3			-	7031	0	0
4				-	0	0
5					-	0
6						-

45770,3721

ALDEP

	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	1	0	0
2	1	0	1	1	1	1
3	1	1	0	1	0	0
4	1	1	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	1
6	0	1	0	0	1	0

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	12667	4464	192,9	0
2		-	18848	2567	0	0
3			-	7031	0	0
4				-	0	0
5					-	0
6						-

45577,4721

BLOCPLAN OP1

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	1	0
2	0	0	1	1	0	1
3	1	1	0	1	1	1
4	0	1	1	0	0	0
5	1	0	1	0	0	1
6	0	1	0	0	1	0

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	12667	4464	192,9	0
2		-	18848	2567	0	0
3			-	7031	0	0
4				-	0	0
5					-	0
6						-

41306,1468

BLOCPLAN OP2

	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	0	0	0
2	1	0	1	1	1	1
3	1	1	0	1	0	0
4	0	1	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	1
6	0	1	0	0	1	0

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	12667	4464	192,9	0
2		-	18848	2567	0	0
3			-	7031	0	0
4				-	0	0
5					-	0
6						-

41113,2468

BLOCPLAN OP3

	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	1	1	0
2	1	0	1	0	0	0
3	1	1	0	1	0	1
4	1	0	1	0	1	1
5	1	0	0	1	0	0
6	0	0	1	1	0	0

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	12667	4464	192,9	0
2		-	18848	2567	0	0
3			-	7031	0	0
4				-	0	0
5					-	0
6						-

43203,3721

Anexo 16: Maquinaria por implementar

ASRS

Vertical Sortation Robot

SortIE, our modular Vertical Sortation Robot travels on a dedicated track and efficiently sorts individual packets to their destination locations in different bin positions in a put wall. Its innovative design, efficient belt drive mechanism and precise motion control guarantee impeccable sortation. SortIE is ideal for quick commerce and reverse logistics, and can be easily expanded to meet increased demand. Each SortIE can serve up to 600 destinations, occupying the lowest footprint. The combination of Zippy and SortIE can work together to perform primary and secondary sortation.

Payload	Speed	Individual Throughput	Destination Aisle Length
2.5, 10 kg	 Up to 3 m/s	450 sorts/hour/robot	 Up to 18 m

Paletizadora

Robot para paletizar

El robot envolvente de pallets es usado para envolver con una película flexible todo tipo de pallets y carga, sin importar tamaños o formas de la carga.

Especificaciones:

Velocidad de Embalaje	90m/min
Dimensiones Max. Pallet	∞
Dimensiones Min. Pallet (A*L)	600*600mm
Alto Max. Pallet	2400mm
Stretch Film	230% - 300%
Tensión del Film	Ajustable
Ancho Máx Film	250mm
Dimensiones de la Máquina	1906*1225*2943mm
Peso	430kg



Montacargas

Fabricación y Parámetros Técnicos				
Características				
ANHUI HEI CULOTO				
1.01	Fabricación		MUDI 2.5	MUDI 3.5
1.02	Modelo		7800	8000
1.03	Capacidad nominal (t)	kg		
1.04	Centro de Carga	mm		800
1.05	Material de Combustible		DIÉSEL	
1.06	Forma de operación		Sentado	
Dimensiones				
2.01	Altura de Dirección máxima (sin reposapié)	mm	4860	4700
2.02	Altura máxima (reposapié)	mm	3718	3720
2.03	Altura total máxima de elevación (sin reposapié)	mm	9900	9200
2.04	Altura de elevación libre	mm	120	150
2.05	Altura total (Techo protector)	mm	2110	2190
2.06	Profundidad mínima de la pista	mm	115	136
2.07	Espesor de Alfombra de la parte superior del asfalto	mm	1075	1076
2.08	Altura del eje de la dirección	mm	290	290
2.09	Altura del eje de la suspensión	mm	1000	1182
2.10	Longitud total (sin reposapié / sin reposapié)	m3	3680(3160)	3812(3420)
2.11	Distancia entre ejes (sin reposapié)	L3	mm	1650
2.12	Extensión frontal	L2	mm	485
2.13	Balancín trasero	L3	mm	495
2.14	Ancho Total	mm	11640	12225
2.15	Ancho de Barrant (Director+Restrictor)	mm	9780	1000(970)
2.16	Rango Absoluto de Horquillas	mm	100(234)	100(230)
2.17	Balancín de Barrant	mm	2275	2400
2.18	Balancín de pivote de Horquilla	mm	35	80
2.19	Intersección lateral mínima de pasillo	mm	2900	2900
2.20	Ángulo de inclinación (Barrant+Horquilla)	°	67(72)	67(72)
2.21	Dimensione de la horquilla	mm	1576(12348)	1576(12545)
Rendimiento				
3.01	Velocidad máxima de movimiento (con carga / sin carga)	km/h	18/19	18/19
3.02	Velocidad máxima de movimiento (con carga / sin carga)	km/h	500(500)	450(450)
3.03	Velocidad de tracción máxima (con carga / sin carga)	km/h	450(500)	400(500)
3.04	Puente de tracción máxima (con carga / sin carga)	N	20.6(4.7)	21.1(5.5)
3.05	Peso máximo transitable (con carga / sin carga)	%	31(27)	24(21)
3.06		mm	6500	6500

2.5-3.5 T Montacargas **DIESEL** Serie K2C



Mejor Diseño en la configuración para fácil Mantenimientos

- Mejoramiento del eje motriz para reducir la frecuencia de mantenimiento.
- Se muestran los códigos de falla en el panel de instrumentos para mejorar la eficiencia del mantenimiento.
- El ángulo de apertura del capó alcanza los 90° facilitando así el acceso al mantenimiento.
- El espacio entre el motor y la caja de transmisión es largo para acceder fácil al filtro de aceite.
- Caja eléctrica de 1" solo cable y 4/2 tomas para fácil mantenimiento.
- Sellado cónico de 24" en la tubería hidráulica para fácil montaje y desmontaje del sistema.

**Visibilidad 40%
Mejorada**

- Eje de dirección fundido.
- Mayor rigidez y resistencia del mástil.
- El contrapeso mejora la estabilidad de equipo.
- Sellado de eje motriz mejorado.
- Diseño de llantas mejorado.
- Aumento en la resistencia y rigidez del techo protector.
- Mejora en el nivel de protección de partes eléctricas.
- Sellado del sistema hidráulico mejorado.
- Sistema de refrigeración mejorado.
- Aumento de capacidad de carga del mástil.
- Sistema de seguridad eficaz.



**Mejor desempeño en
ahorro energético y
reducción del consumo**

- > Desarrollo especial del sistema LPC para elevar cargas que necesitan potencia superior.
- > Bajo consumo de Combustible
- > Baja emisión de gases para protección del medio ambiente.
- > Bajo nivel de ruido y vibración
- > La confiabilidad de elevación es buena
- > Reducción en las pérdidas por presión.
- > Las luces LED de señalización son estándar.

Anexo 17: Horarios de carga y descarga

Importación

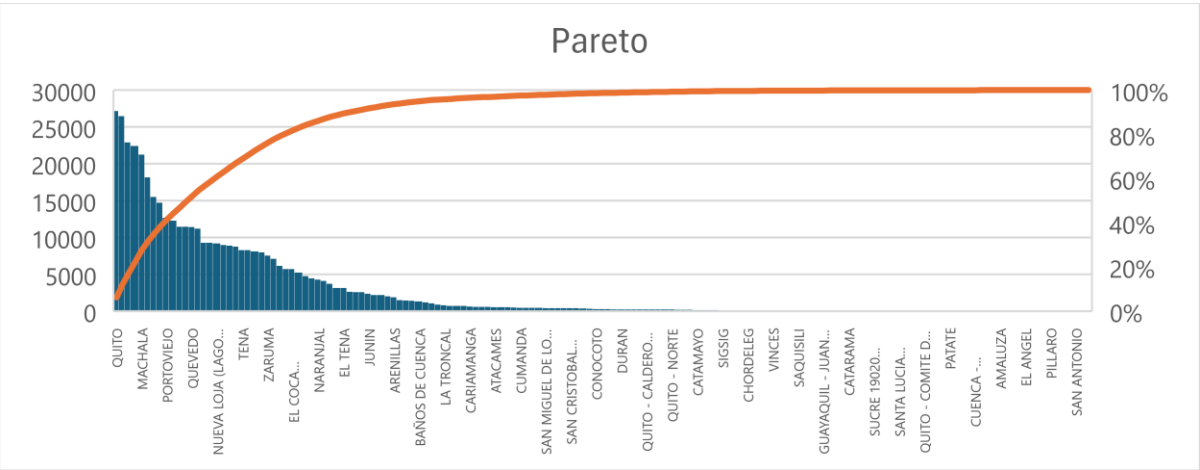
Situación	Horario diario
Descarga	9:00
Descarga	11:00
Descarga	13:00
Descarga	15:00
Carga	6:00
Carga	12:00
Carga	18:00
Carga	0:00

Exportación

Situación	Horario diario
Descarga	11:00
Carga	15:00

Anexo 18: Pareto ciudades

	CIUDAD	Kilos	Porcentaje acumulado
0	QUITO	27203.2	6.208017
1	AMBATO	23541.7	11.580446
2	GUAYAQUIL	22932.9	16.813941
3	CUENCA	20045.8	21.388575
4	MACHALA	16884.0	25.241656
5	MANTA	15516.9	28.782753
6	IBARRA	14757.4	32.150526
7	SANTO DOMINGO	14283.5	35.410150
8	PORTOVIEJO	12704.1	38.309341
11	ESMERALDAS	12283.8	41.112615
9	LOJA	11478.4	43.732090
10	RIOBAMBA	11463.8	46.348233
12	QUEVEDO	11440.0	48.958945
13	MILAGRO	10730.0	51.407628
14	BABAHOYO	9296.2	53.529105
15	TULCÁN	9284.5	55.647912
21	NUEVA LOJA (LAGO AGRIO)	9216.9	57.751292
16	LATACUNGA	8983.8	59.801476
17	DAULE	8832.0	61.817019
18	TENA	8310.4	63.713527
19	SAMBORONDÓN	8308.5	65.609602
20	SALINAS	8119.6	67.462569
22	PUYO	7690.3	69.217565
23	ZARUMA	7568.4	70.944742
24	BAHÍA DE CARÁQUEZ	7128.5	72.571530
25	GUALACEO	6142.7	73.973350
26	OTAVALO	5734.4	75.281992
27	EL COCA (FRANCISCO DE ORELLANA)	5726.7	76.588877
28	PLAYAS (GENERAL VILLAMIL)	5259.6	77.789165
29	SANTA ELENA	4995.4	78.929161



Anexo 19: Tamaño de muestra

Descarga

Desde que se coger el pallet y se coloca en el suelo
persona floor storage

Muestra	Tiempo (s)	Tiempo (m)	Tiempo (m) *2
1	27	0,45	0,2025
2	26,01	0,4335	0,18792225
3	25,5	0,425	0,180625
4	25,4	0,42333333	0,179211111
5	24,6	0,41	0,1681
6	30,1	0,50166667	0,251669444
7	28,4	0,47333333	0,224044444
8	26,6	0,44333333	0,196544444
9	26,5	0,44166667	0,195069444
10	25,8	0,43	0,1849
11	26,1	0,435	0,189225
12	25,6	0,42666667	0,182044444
13	25,8	0,43	0,1849
14	25,9	0,43166667	0,186336111
15	25,7	0,42833333	0,183469444
16	26,4	0,44	0,1936
17	25,4	0,42333333	0,179211111
18	25,7	0,42833333	0,183469444
19	32	0,53333333	0,284444444
20	25,7	0,42833333	0,183469444
		8,83683333	3,920755583

6,6690204

Organización

Desde que se toma el paquete y se coloca en su stand (incluye despaletizar)
separator

Muestra	Tiempo (s)	Tiempo (m)	Tiempo (m) *2
1	15	0,25	0,0625
2	16,01	0,26683333	0,071200028
3	15,5	0,25833333	0,066736111
4	15,4	0,25666667	0,065877778
5	15,9	0,265	0,070225
6	15,6	0,26	0,0676
7	14,9	0,24833333	0,061669444
8	16,6	0,27666667	0,076544444
9	15	0,25	0,0625
10	15,4	0,25666667	0,065877778
11	16,5	0,275	0,075625
12	19,5	0,325	0,105625
13	18,2	0,30333333	0,092011111
14	15,3	0,255	0,065025
15	15,4	0,25666667	0,065877778
16	16,4	0,27333333	0,074711111
17	16,3	0,27166667	0,073802778
18	15,8	0,26333333	0,069344444
19	15,9	0,265	0,070225
20	18,1	0,30166667	0,091002778
		5,3785	1,453980583

8,37102

Picking

Desde que se toma el primer paquete hasta que cierran con cinta el pallet

Muestra	Tiempo (s)	Tiempo (m)
1	10	100
2	11,2	125,44
3	9,7	94,09
4	8,2	67,24
5	10,1	102,01
6	10,2	104,04
7	10,3	106,09
8	10,5	110,25
9	9,8	96,04
10	10	100
11	10	100
12	10,6	112,36
13	11,4	129,96
14	10,4	108,16
15	10,2	104,04
16	10,7	114,49
17	11,4	129,96
18	11,6	134,56
19	11,8	139,24
20	11,4	129,96
	209,5	2207,93

9,782583

Carga

Desde que se toma el pallet hasta que lo colocan en el camión en su

Muestra	Tiempo (s)	Tiempo (m)	Tiempo (m)
1	55	0,916667	0,840278
2	53	0,883333	0,780278
3	53,5	0,891667	0,795069
4	55,7	0,928333	0,861803
5	55	0,916667	0,840278
6	55,9	0,931667	0,868003
7	57,6	0,96	0,9216
8	61	1,016667	1,033611
9	58,1	0,968333	0,937669
10	58,4	0,973333	0,947378
11	56,9	0,948333	0,899336
12	60	1	1
13	55,9	0,931667	0,868003
14	57,1	0,951667	0,905669
15	58,5	0,975	0,950625
16	50,3	0,838333	0,702803
17	56,5	0,941667	0,886736
18	56,4	0,94	0,8836
19	56,8	0,946667	0,896178
20	56	0,933333	0,871111
		18,79333	17,69003

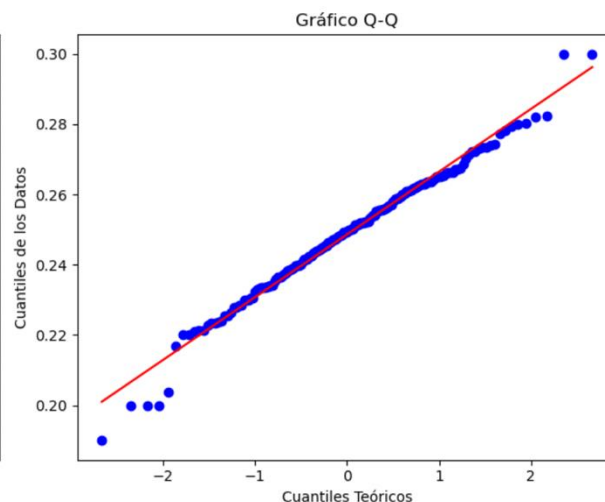
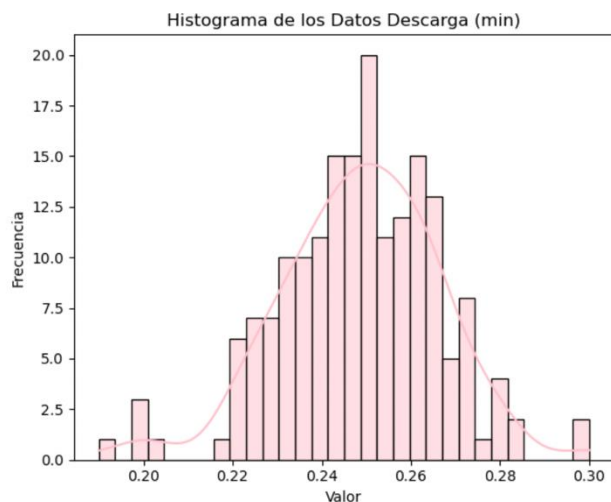
2,768726

Anexo 20: Distribución Descarga

Estadístico W: 0.9867849349975586

Valor p: 0.08945758640766144

Los datos parecen seguir una distribución normal (no se rechaza la hipótesis nula).

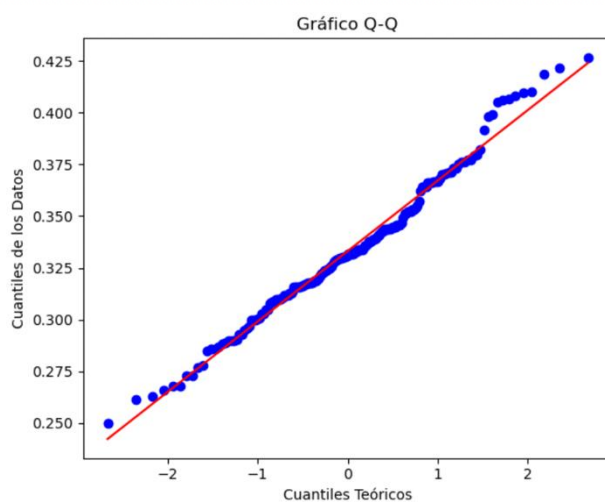
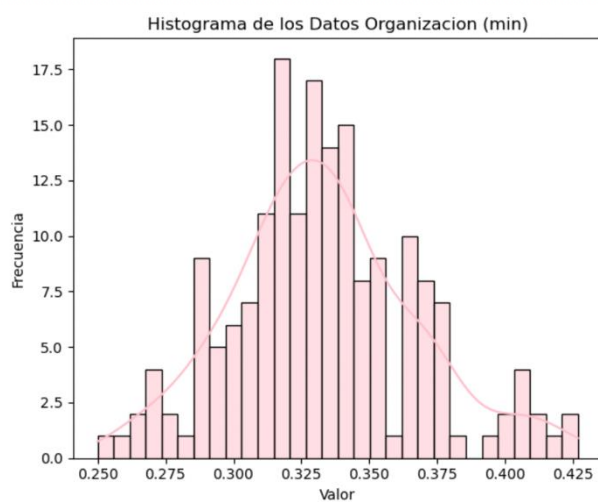


Anexo 21: Distribución Organización

Estadístico W: 0.9850940704345703

Valor p: 0.052653100341558456

Los datos parecen seguir una distribución normal (no se rechaza la hipótesis nula).

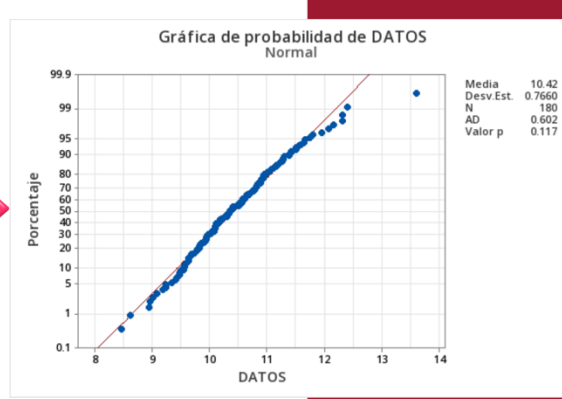
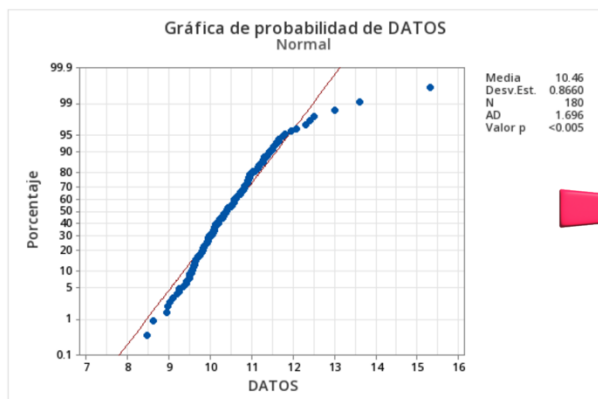
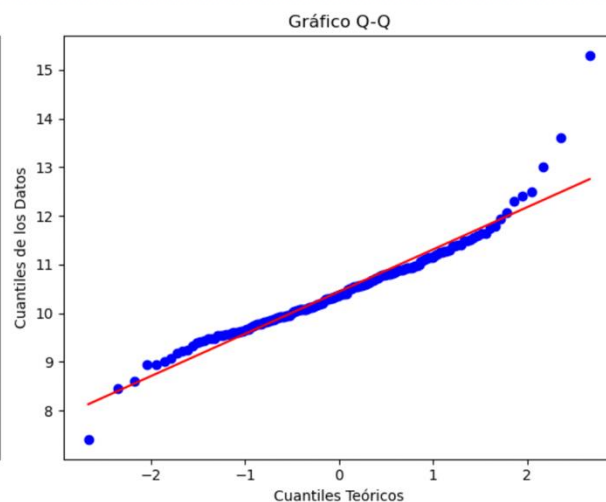
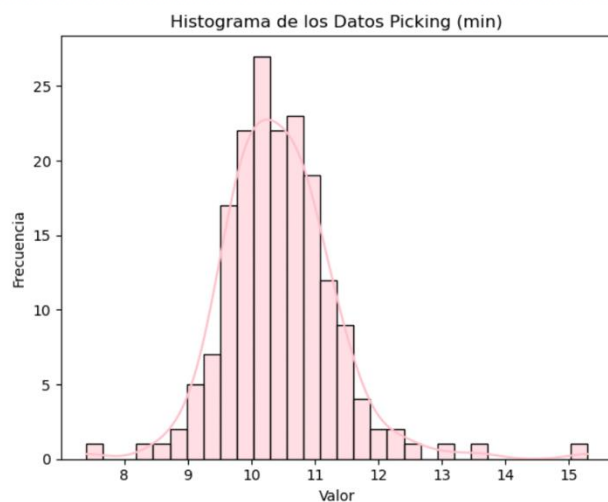


Anexo 22: Distribución Picking

Estadístico W: 0.9324895739555359

Valor p: 1.921671213267473e-07

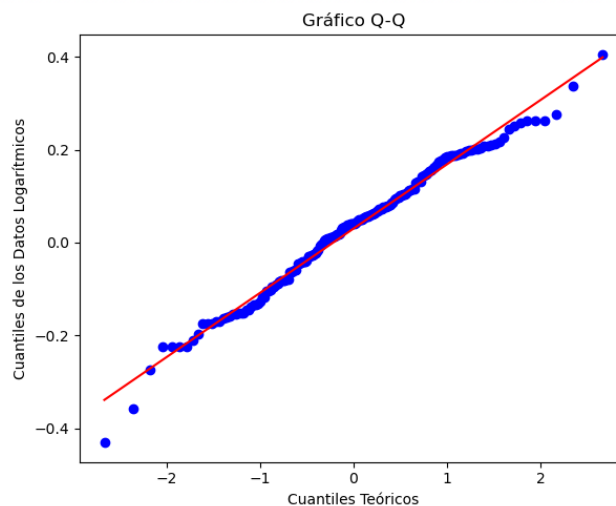
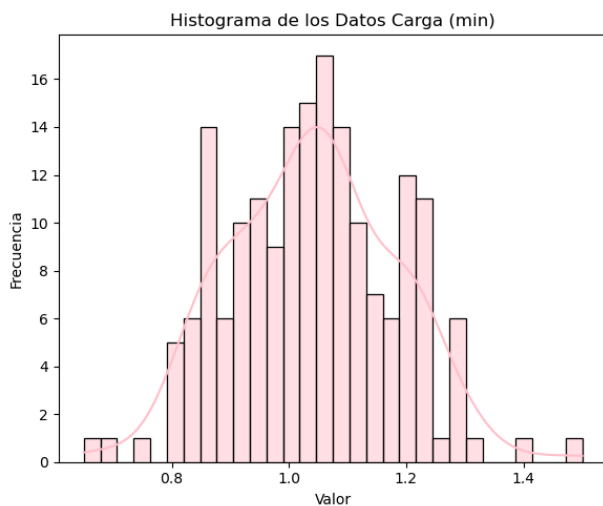
Los datos no siguen una distribución normal (se rechaza la hipótesis nula).



Anexo 23: Distribución Carga

Estadístico de Shapiro-Wilk: 0.989142894744873, p-valor: 0.18557439744472504

Los datos parecen seguir una distribución normal (log-normal en escala original).



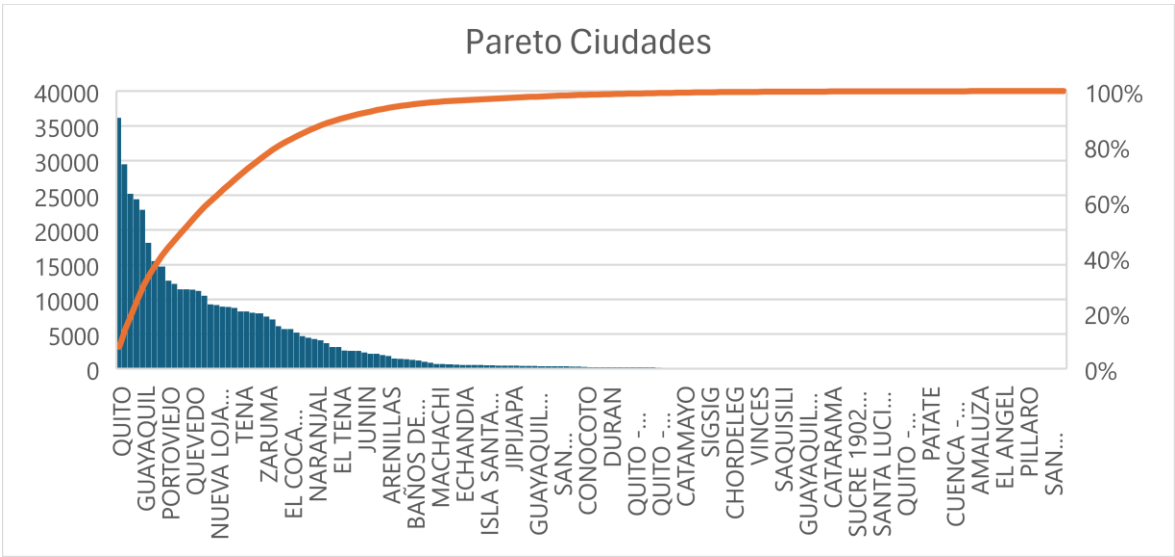
Anexo 24: Simulación Caso Actual



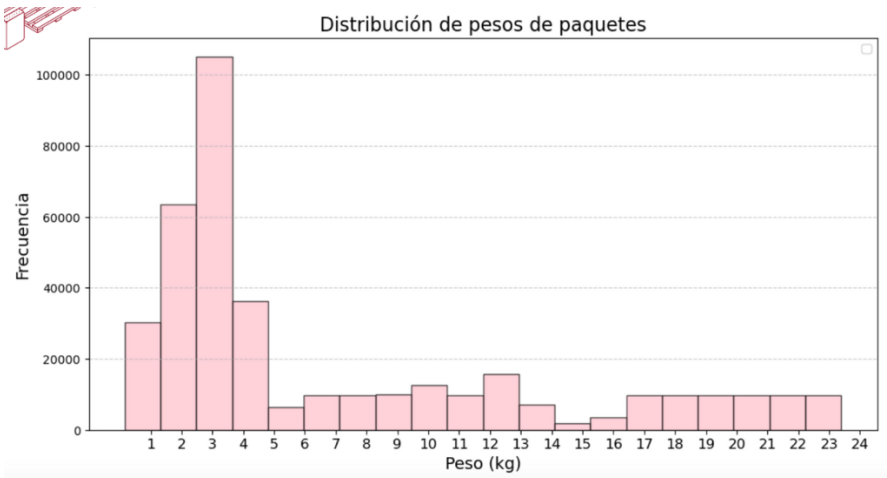
Anexo 25: Simulación Caso Propuesto



Anexo 26: Pareto ciudades principales



Anexo 27: Distribución de peso de paquetes

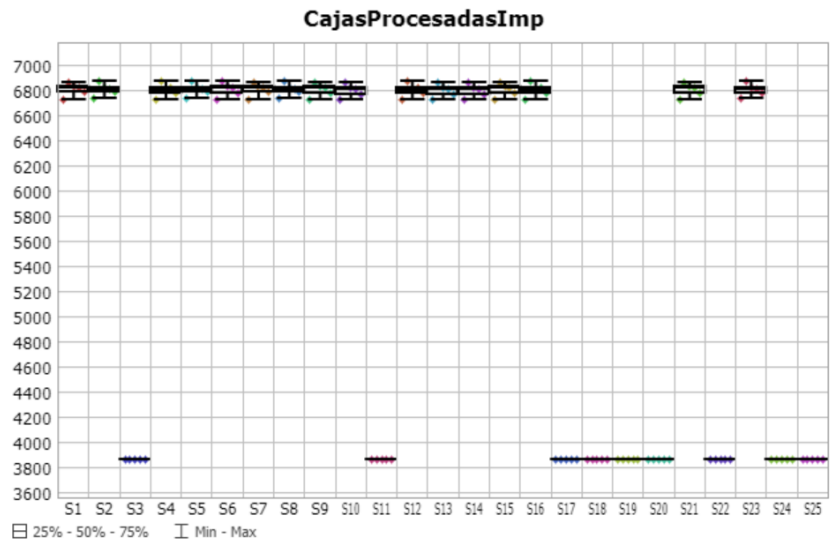


Anexo 28: DOE Combinaciones

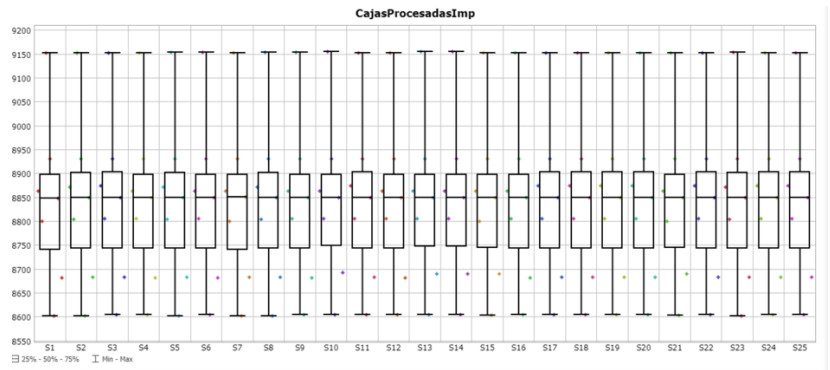
Tabla de diseño (aleatorizada)

Corrida	Blq	DESCAF	CARGA	PICKIN
1	1	1	2	3
2	1	2	2	2
3	1	3	1	2
4	1	3	1	3
5	1	2	3	2
6	1	2	1	3
7	1	2	2	3
8	1	2	3	3
9	1	1	1	2
10	1	3	2	2
11	1	1	3	1
12	1	1	2	2
13	1	3	1	1
14	1	1	3	3
15	1	2	1	1
16	1	3	3	1
17	1	1	1	3
18	1	1	2	1
19	1	3	3	2
20	1	3	3	3
21	1	1	1	1
22	1	2	3	1
23	1	3	2	3
24	1	2	1	2
25	1	1	3	2
26	1	2	2	1
27	1	3	2	1

Anexo 29: DOE Caso actual



Anexo 30: Doe Caso Propuesto



Anexo 31: Análisis Financiero

AUTOMATIZACIÓN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN					
ACTIVOS FIJOS TANGIBLES				Inversión Inicial:	\$ 638.700,00
				Ingreso mensual:	#####
				Gastos Operativos:	\$900.000
				Ganancia mensual neta:	\$ 209.200,00
DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN				
Banda de transporte de 1 estación de entrada y 25 estaciones de salida	430.000,00				
25 lectores de códigos de barras de largo alcance	21.500,00			Tiempo de Recuperación de la Inversión	3,053059273
1 balanza electrónica de alta precisión con salida ethernet	3.800,00				
1 montacargas eléctrico	9.800,00				
2 impresoras térmicas de etiquetas	2.600,00				
Instalación, configuración y soporte técnico	86.000,00				
TOTAL \$:	553.700,00				
(10% DEPRECIACIÓN ANUAL AL COSTO)	55.370,00				
ACTIVOS INTANGIBLES					
DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN				
Software de administración, control y trazabilidad de paquetería	85.000,00				
TOTAL \$:	85.000,00				
(33% DEPRECIACIÓN ANUAL AL COSTO)	28.305,00				
COSTO INVERSIÓN AUTOMATIZACIÓN MENSUAL	6.972,92				
COSTO TOTAL	638.700,00				