

PROPUESTA DE UN DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO FRUTÍCOLA PARA LA ZONA FRANCA AGROINDUSTRIAL EN LA REGIÓN PATÍA: CASO COLOMBIA

PROPOSAL FOR A DISTRIBUTION DESIGN OF A FRUIT LOGISTICS CENTER FOR THE AGRO-INDUSTRIAL FREE ZONE IN THE PATÍA REGION: THE CASE OF COLOMBIA

¹ Helmer Paz-Orozco, ² Jhon Alexander Segura-Dorado

^{1,2} Grupo de Investigación Cadenas de Valor, Corporación Universitaria Comfacauca
Unicomfacauca, Colombia, Cauca, Popayán

Recibido: 20/04/2021 Aprobado 10/06/2021

RESUMEN

La generación de alternativas para la distribución es un paso crítico en el proceso de planificación de las instalaciones, el layout seleccionado servirá para establecer las relaciones físicas entre las actividades. La reducción de la distancia y aumentar el porcentaje de ocupación se consideran dos variables importantes para el diseño óptimo de un centro logístico. Este artículo aplica la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y simulación de eventos discretos a un centro logístico frutícola en la zona franca agroindustrial región Patía departamento del Cauca para mejorar la distancia y el porcentaje de ocupación de los montacargas en la zona de producción a almacenamiento y carga de producto final a almacenamiento. La solución desarrollada disminuye la distancia total recorrida en la zona de producción en un 10 % y aumenta el porcentaje de ocupación en un 19.11 %. Por otro lado, en la zona de carga del producto final se reduce la distancia en un 13 % y el porcentaje de ocupación aumenta en un 31.82 %. Se comprueba que el enfoque propuesto mejora tanto el porcentaje de ocupación como la distancia recorrida.

Palabras clave: centro logístico, SLP, almacenamiento, simulación, Flexsim.

ABSTRACT

The generation of layout alternatives is a critical step in the facility planning process; the selected layout will serve to establish the physical relationships between activities. Reducing the distance and increasing the occupancy rate are

Citación: Paz Orozco, H., & Segura Dorado, J. A. . (2021). Propuesta de un diseño de distribución de un centro logístico frutícola para la zona franca agroindustrial en la Región Patía: caso Colombia . Publicaciones E Investigación. <https://doi.org/10.22490/25394088.5416>

¹hpaz@unicomfacauca.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-4661-8538>

²jhonsegura@unicomfacauca.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-0871-2195>

<https://doi.org/10.22490/25394088.5416>

considered two important variables for the optimal design of a logistics center. This article applies the Systematic Layout Planning (SLP) methodology and discrete event simulation to a fruit logistics center in the agro-industrial free zone of the Patía region, department of Cauca, to improve the distance and the percentage of occupation of forklifts in the production to storage area and loading of final product to storage. The solution developed reduces the total distance traveled in the production zone by 10% and increases the percentage of occupancy by 19.11%. On the other hand, in the final product loading zone, the distance is reduced by 13% and the occupancy percentage increases by 31.82%. It is found that the proposed approach improves both the occupancy percentage and the distance traveled.

Key words: Plant design, SLP, Storage, Simulation, FlexSim.



1. INTRODUCCIÓN

Con el rápido crecimiento de la demanda, las fábricas necesitan un mayor potencial en sus plantas para competir con el mercado emergente. El diseño y la construcción de una nueva instalación deben ir precedidos de una cuidadosa planificación teniendo en cuenta la repercusión en los costos operacionales, eficiencia y productividad en los sistemas de producción (Wiyaratn & Watanapa, 2010). El diseño en un centro logístico (CL), consiste básicamente en la distribución espacial del área de trabajo con los equipos y con una conectividad adecuada entre ellos (Chakraborty & Das, 2020). Según (Chan *et al.*, 2004) una planificación eficiente de las instalaciones puede reducir los costos en un 10 a 30 %. En EE.UU. se utilizan más de US\$250.000 millones de dólares para el diseño óptimo (Wiyaratn & Watanapa, 2010). Además, en el proceso de producción, los materiales se almacenan y transportan entre el 90 % al 95 % del tiempo. Por lo tanto, el diseño óptimo es el mejor medio para mejorar los procesos logísticos (Xu, 2020). Es por eso que es vital utilizar una metodología eficaz para realizar el diseño de un CL (Qamar *et al.*, 2020), mejorando la eficiencia entre el 80 % al 94 % (Banjarat *et al.*, 2019).

Existen investigaciones en el campo, que dan lugar a nuevas definiciones y algoritmos para el diseño

y distribución en planta. Una de las metodologías más relevantes es la Systematic Layout Planning (SLP). Hassan (2007) presenta un método de rediseño de logística empresarial que se basa en el SLP. Felecia *et al.* (2018) determinaron un diseño de instalaciones para una bodega, utilizando la metodología SLP, concluyeron que el diagrama de relación de actividades y el diagrama de relación de espacios, son fundamentales para un diseño óptimo. (Zhou *et al.*, 2015) Desarrollaron la disposición global de la fábrica a pesar de las limitaciones del tamaño, posición y relación de las unidades, concluyendo que el uso del método SLP disminuye el tiempo de retraso en la línea de producción.

La tendencia y dinámica agraria en Colombia plantea crear organizaciones de manufactura con beneficios tributarios, aduaneros y de comercio exterior, teniendo en cuenta que el sector agroindustrial para el segundo trimestre del 2021 creció 3,8 %, logrando aumentar el PIB en 17.6 % (Fedepalma, 2020). La consolidación de la Zona Franca permanente especial agroindustrial región Patía (ver Figura 1), ubicada al sur del departamento del Cauca, específicamente en el municipio del Patía, permitirá brindar garantías a nivel de exportación del producto terminado que se consolide (Cauca, 2019).



Figura 1. Zona Franca Región Patía

Fuente:(Cauca, 2019).

En la Tabla 1, Se observa la oferta agrícola del departamento del Cauca, donde el café y la caña panelera, representan aproximadamente el 96 % del área cosechada y el 95 % de la producción de las líneas agrícolas para el departamento durante el quinquenio (2014 a 2018), productos que resaltan en importancia

económica, mientras que productos como: cacao, limón Tahití, quinua, aguacate Hass, granadilla, sachá Inchi y uchuva en conjunto representan el 4 % del área cosechada y el 5 % de la producción, teniendo la menor participación en la oferta territorial para el periodo de análisis.

TABLA 1.

Identificación de la oferta agrícola de los productos seleccionados en el territorio en estudio

	Área cosechada (ha)		Producción (ton)	
	Promedio (2014-2018)	Índice de participación	Promedio (2014-2018)	Índice de participación
Líneas agroproductivas				
Café	79,054	81,80%	86,941	50,70%
Caña Panelera	13,855	14,30%	76,037	44,40%
Cacao	2,032	2,10%	1,053	0,60%
Aguacate Hass	719	0,70%	4,004	2,30%
Limón Tahití	424	0,40%	1,595	0,90%
Quinua	432	0,40%	632	0,40%
Granadilla	78	0,10%	331	0,20%
Total	96,670	100,0%	171,3344	100%

Fuente: (Cauca, 2019).

En esta investigación se realizó la combinación de dos metodologías Systematic Layout Planning (SLP) para el diseño de un CL para limón Tahití y simulación discreta para escenarios de mejora en el centro logístico. El método SLP se ha utilizado ampliamente en la fabricación, diseño, distribución y otros campos desde que fue propuesto por Richard Muther en 1961 (Bintang Bagaskara *et al.*, 2020), este permite calcular la logística entre las unidades de producción a partir del análisis de los cinco elementos básicos que afectan a la eficacia del sistema: P (producto), Q (salida), R (flujo del proceso), S (departamento auxiliar) y T (tiempo) (Liu *et al.*, 2020). Por otro lado, la simulación

de eventos discretos realizada en el software Flexsim 2020, permitió evaluar escenarios de mejoras en la zona de producción y zona de carga del producto final en un entorno virtual, mitigando así el riesgo de cometer costosos errores antes de la implementación real (Xu, 2020).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la Figura 2, se muestra el procedimiento de la metodología SLP para el diseño del CL, utilizada en esta investigación.

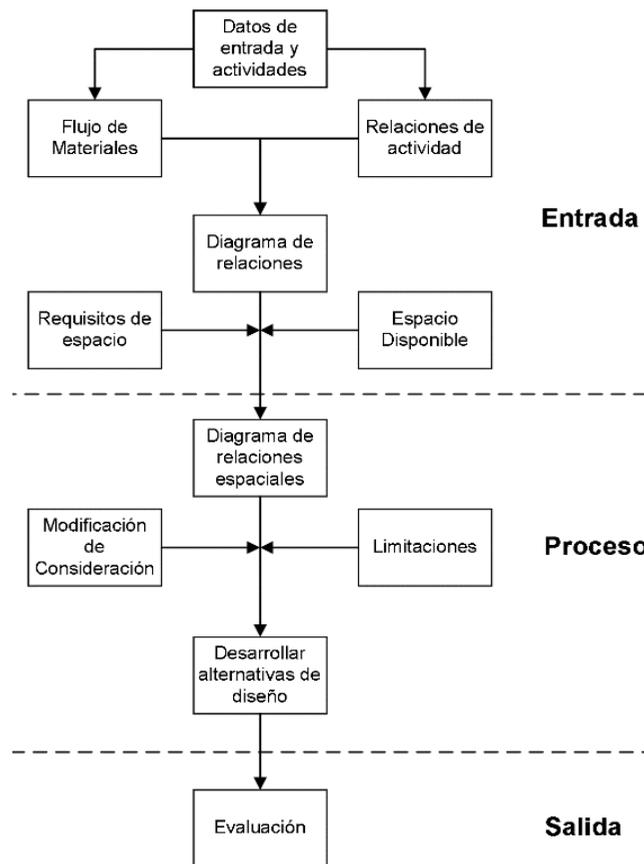


Figura 2. Procedimiento de la metodología SLP.

En la Tabla 2 se presentan los valores de calificación de importancia y su significado según la relación

que se puede dar entre los departamentos.

TABLA 2.
Calificación de importancia

Tipos de relación	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin Importancia
X	No Deseable

Fuente: autores.

Posteriormente, se realiza una aproximación de la distribución al identificar las actividades que se relacionan para el diseño. La calificación de las

actividades según el nivel de importancia y el orden adecuado del proceso se presentan en la Figura 3.

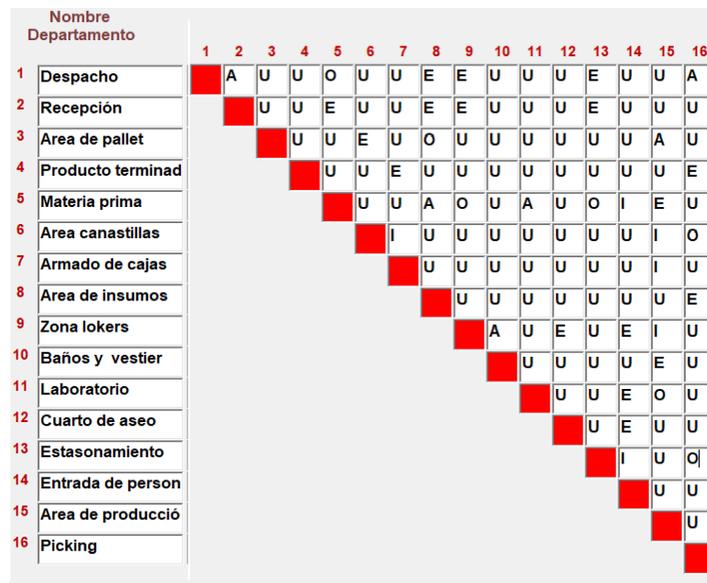


Figura 3. Relación de Actividades – Centro logístico limón Tahití.

Una vez se establecen las actividades y se califica su nivel de interacción, se procede a determinar el código de relación o de afinidad donde se establecen el grado de cercanía para los centros de actividades. El mencionado proceso se efectúa con el fin de realizar el diagrama adimensional de bloques que permite generar diferentes opciones de diseño, escogiendo el más óptimo.

En la Figura 4 se presenta el diagrama adimensional que representa la interacción de los departamentos, permitiendo un flujo constante y el espacio actual de la instalación del área. Además, garantiza que la relación del grado de cercanía sea relevante y coherente.

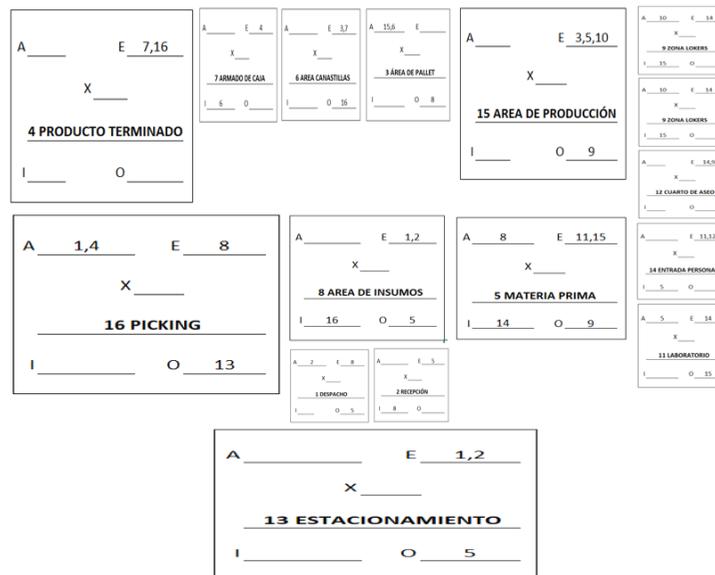


Figura 4. Diagrama adimensional – Centro logístico limón Tahití.

Al determinar el diagrama adimensional, se realiza el diseño de un CL en software de diseño asistido por computador AutoCAD con el fin de realizar un estudio de las dimensiones de los equipos de la línea

de producción y de la instalación (Orozco *et al.*, 2018).

Con el análisis realizado con la metodología SLP, el CL del limón Tahití se muestra en la Figura 5.

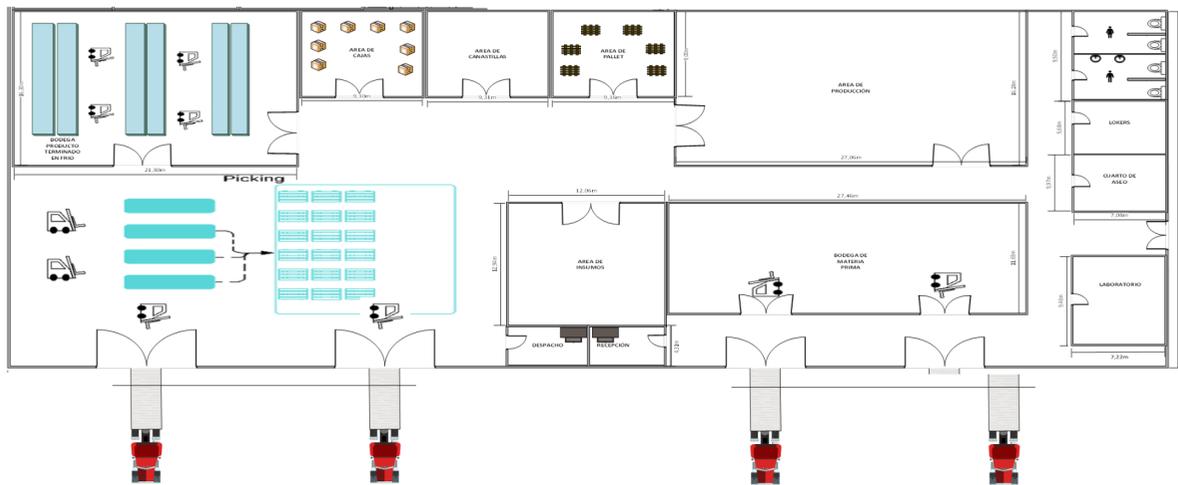


Figura 5. Centro logístico del limón Tahití.

2.1. Simulación discreta

Para realizar la simulación del CL, se utilizó el software Flexsim, determinando las distancias que recorren los montacargas en la zona de producción a

almacenamiento y zona de carga del producto final a almacenamiento, además se calculó el porcentaje de ocupación como el porcentaje de inactividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Construcción del modelo de simulación

Inicialmente se reemplazan los objetos reales que

constituyen CL del limón Tahití, de tal manera que se programa el modelo de acuerdo a las instalaciones principales y la posición relativa del edificio del CL, como se observa en la Figura 6.

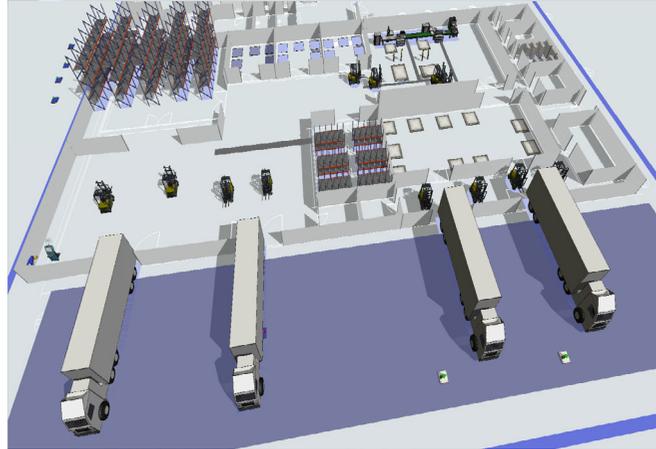


Figura 6. Validación del modelo de simulación – software Flexsim.

3.2. Variables a evaluar en el modelo

Los resultados del enfoque desarrollado se evalúan con base en tres indicadores de desempeño: i) distancia recorrida (Ec. 1), ii) porcentaje de ocupación (Ec. 2), iii) porcentaje de inactividad (Ec. 3).

Distancia recorrida (m)

$$Trd = \sum D_i + \sum D_j \quad (Ec. 1)$$

Donde:

$Tdr = Total\ de\ distancia\ recorrida\ [m]$
 $D_i = Distancia\ de\ i\ a\ j\ [m]$
 $D_j = Distancia\ de\ j\ a\ i\ [m]$

Ocupación del recolector (%)

$$\% \text{ Ocupación} = \frac{T_o}{T_o + T_i} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

$T_o = Tiempo\ Operativo\ [s]$
 $T_i = Tiempo\ Inactivo\ [s]$

3.3. Escenarios de simulación

Para contrastar el CL actual con la propuesta planteada, se analizan dos áreas funcionales estrechamente relacionadas con el proceso de transformación del limón Tahití: zona de producción a almacenamiento y la zona de carga del producto final a almacenamiento, se realizan dos escenarios de mejora en cada una de las zonas (ver Tabla 4). En ellos se evaluó el porcentaje de ocupación, el porcentaje de inactividad y la distancia recorrida de cada uno de los montacargas en una jornada laboral.

TABLA 4.

Escenarios planteados

Zona de producción a almacenamiento	
Escenario	Montacargas
1	4
2	2
Zona de carga del producto final a almacenamiento	
1	4
2	2

Fuente: autores.

3.4. Escenario 1: zona de producción a almacenamiento

En el escenario 1 se simularon las condiciones actuales del CL del limón Tahití, escogiendo las zonas de producción y almacenamiento.

En la Tabla 5 se presenta el comportamiento de los indicadores de desempeño con respecto a la actividad que realizan los montacargas.

TABLA 5.
Escenario 1 de la zona de producción a almacenamiento

Vehículos	% Ocupación	% Inactivo	Distancia (m)
1	52,46	47,54	1063,03
2	66,86	33,14	1465,07
3	56,87	43,13	1373,72
4	46,92	53,08	1055,64
Total	55,77	44,22	4.957,46

Fuente: autores.

En la Tabla 5, se utilizan 4 montacargas, generando un promedio de inactividad del 44.22 %, el cual es relativamente alto, por otro lado, el porcentaje de

ocupación es de 55.77 %. Finalmente se recorre una distancia promedio de 4.957,46 metros. Los resultados se presentan gráficamente en la Figura 7.

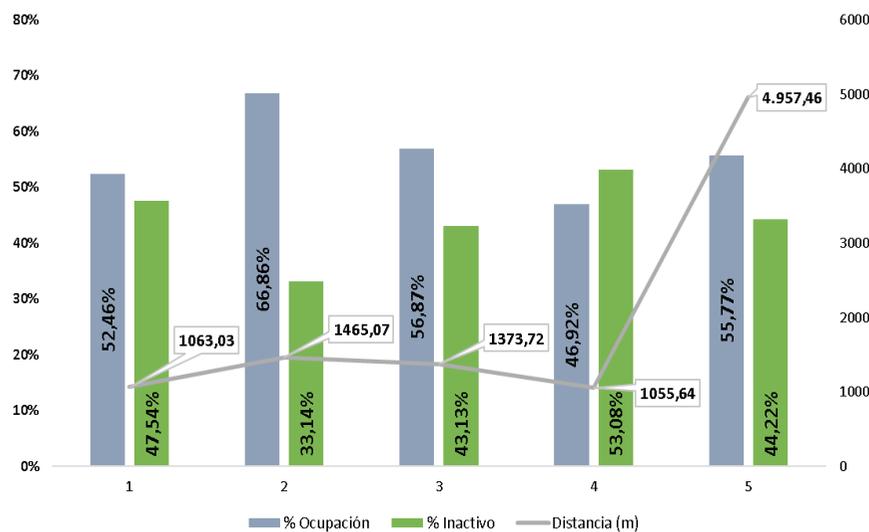


Figura 7. Resultados del escenario 1 zona de producción a almacenamiento.

3.5. Escenario 2: zona de producción a almacenamiento

En este escenario se utilizan 2 montacargas para analizar el comportamiento del sistema bajo estas

condiciones, identificando si disminuye la distancia y el porcentaje de inactividad. En la Tabla 6 se presentan los resultados de la simulación.

TABLA 6.

Escenario 2 de la zona de producción a almacenamiento

Vehículos	% Ocupación	% Inactivo	Distancia (m)
1	73,81	26,19	2171,89
2	75,9	24,10	2267,91
Total	74,85	25,15	4.439,8

Fuente: autores.

En la Tabla 6, se evidencia que se utilizan 2 montacargas, estableciendo un promedio de inactividad del 25.15 %, disminuyendo en un 19.05 % en comparación con el escenario 1, por otro lado, el porcentaje

de ocupación es de 74.85 %. Los montacargas recorren una distancia promedio de 4.439,8 metros, demostrando una reducción del 10 %. Los resultados se presentan gráficamente en la Figura 8.

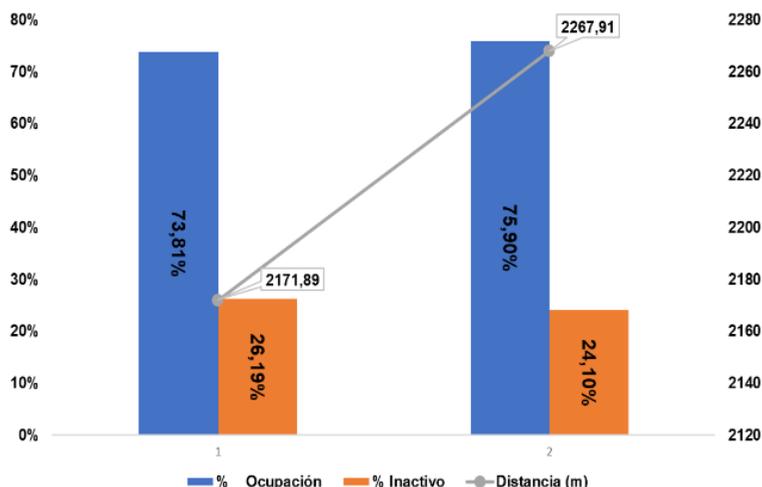


Figura 8. Resultados escenario 2 zona de producción a almacenamiento.

3.6. Escenario 1 zona de carga del producto final a almacenamiento

En la Tabla 7 se representa el comportamiento

de los indicadores respecto a la actividad que realizan los montacargas en la zona de carga del producto final a almacenamiento.

TABLA 7.

Escenario 1 de la zona de carga del producto final a almacenamiento

Vehículos	% Ocupación	% Inactivo	Distancia (m)
1	48,91	51,09	1083,48
2	30,32	69,68	1057,78
3	31,55	68,45	1062,48
4	49,59	50,41	1183,13
Total	40,09	59,91	4.386,87

Fuente: autores.

En la Tabla 7, se utilizan 4 montacargas para transportar el producto desde la zona de almacenamiento a la zona de carga del producto final, generando un promedio de inactividad del 59.91 %, por otro lado,

el porcentaje de ocupación es de 40.09 %, el cual es bajo. Se recorre una distancia promedio de 4.386,87 metros. Los resultados se presentan gráficamente en la Figura 9.

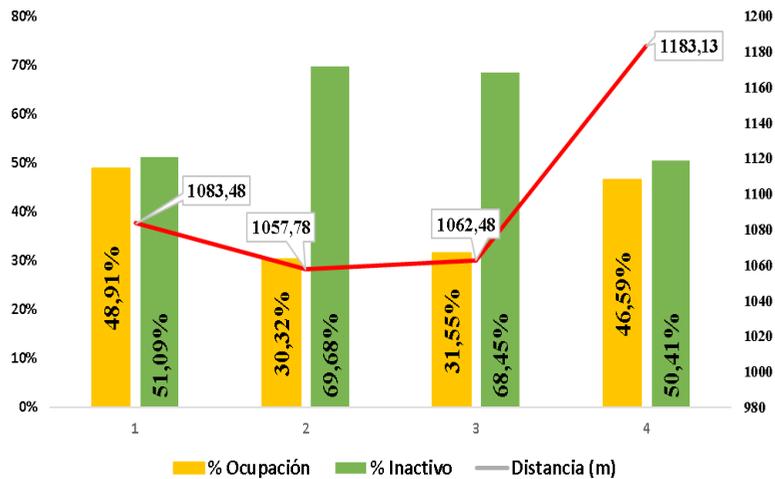


Figura 9. Resultados escenario 1 zona de carga del producto final a almacenamiento.

3.7. Escenario 2: zona de carga del producto final a almacenamiento

En el escenario de mejora se realiza la simulación

con 2 montacargas para analizar el comportamiento del sistema. En la Tabla 8 se presentan los resultados de la simulación.

TABLA 8.

Escenario 1 de la zona de carga del producto final a almacenamiento

Vehículos	% Ocupación	% Inactivo	Distancia (m)
1	70,81	29,19	1821,53
2	73,01	26,99	1997,11
Total	71,91	28,09	3.818,64

Fuente: autores.

En la Tabla 8, se utilizan 2 montacargas, como resultado se tiene un promedio de inactividad del 28.09 %, en comparación con el escenario 1, disminuyendo un 31.80 %, por otro lado, el porcentaje

de ocupación es de 71.91 %. Los montacargas recorren una distancia promedio de 3.818,64 metros, demostrando una reducción del 13 %. Los resultados se presentan gráficamente en la Figura 10.

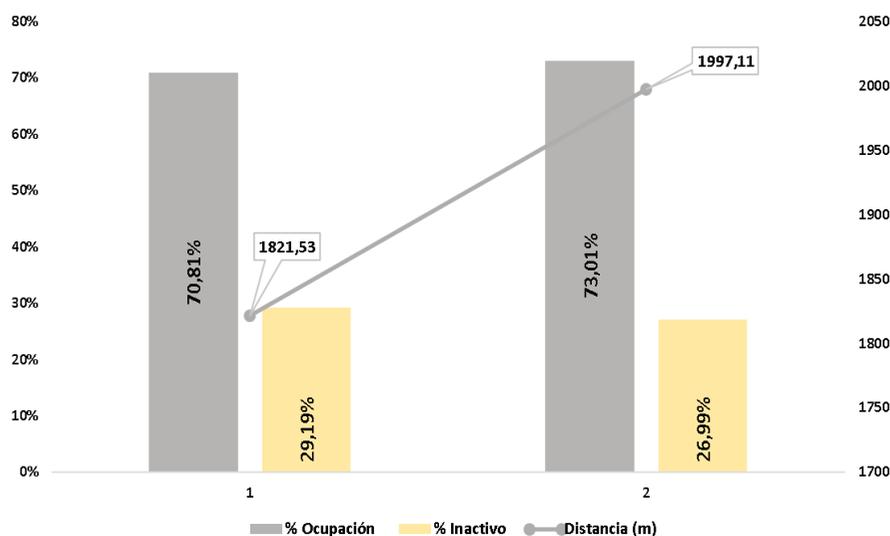


Figura 10. Resultados escenario 2 zona de carga del producto final a almacenamiento.

4. CONCLUSIONES

El diseño de almacenes se define como un proceso para organizar físicamente los factores que conforman el sistema de producción de manera que cumplan adecuada y eficazmente los objetivos estratégicos de la organización. Se considera una decisión estratégica dentro de la planificación de las operaciones empresariales, ya que su elevado coste impide a menudo que se tome como una opción viable durante períodos de tiempo cortos y de ella dependen en gran medida la eficiencia, la productividad y la competitividad de los sistemas de fabricación.

El mejoramiento de la capacidad de producción y la reducción de la distancia recorrida son consideradas dos variables importantes para el CL. Este estudio utiliza la metodología SLP y simulación discreta para desarrollar una solución que mejore la distancia de desplazamiento y el porcentaje de ocupación.

El modelo de simulación se desarrolló de manera complementaria considerando, evaluar el CL del limón Tahití y realizar la evaluación de escenarios de mejora al interior del centro logístico.

La solución propuesta desarrollada, disminuye la distancia total recorrida de la zona de producción a almacenamiento en un 10 % y aumenta el porcentaje de ocupación en un 19.11 %. Por otro lado, en la zona de carga del producto final a almacenamiento se reduce la distancia en un 13 % y el porcentaje de ocupación aumenta en un 31.82 %.

REFERENCIAS

- Banjarat, Y., Anucha, W., & Wiyaratn, W. (2019). Plant layout design for improvement and eggs grading process. *ACM International Conference Proceeding Series*, 19–25. <https://doi.org/10.1145/3335550.3335572>
- Bintang Bagaskara, K., Gozali, L., & Widodo, L. (2020). Redesign layout planning of raw material area and production area using systematic layout planning (SLP) methods (case study of CV oto boga jaya). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012122>
- Cauca, C. de C. del. (2019). *Informe de prefactibilidad Zona Franca Permanente Especial Agroindustrial Región del Patía*.
- Chakraborty, B., & Das, S. (2020). Development of Plant Layout for Improving Organizational Effectiveness by Hybridizing GT, TOPSIS and SLP. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 949). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8196-6_45

- Chan, W. M., Chan, C. Y., & Kwong, C. K. (2004). Development of the MAIN algorithm for a cellular manufacturing machine layout. *International Journal of Production Research*, 42(1), 51–65. <https://doi.org/10.1080/00207540310001598456>
- Fedepalma. (2020). *El agro y la agroindustria en Colombia*. Bogotá: Fedepalma.
- Felecia, Halim, S., & Wulandari, D. (2018). Library facility layout design for digital native generation. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2017-Decem, 846–849. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290011>
- Hassan, M. M. D. (2007). Toward guiding the selection of a layout procedure. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(3), 292–303. <https://doi.org/10.1108/17410380710730620>
- Liu, H., Liu, X., Lin, L., Islam, S. M. N., & Xu, Y. (2020). A study of the layout planning of plant facility based on the timed Petri net and systematic layout planning. *PLoS ONE*, 15(9 September), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239685>
- Orozco, H., Truque, J., Plazas, L., & Angulo, H. (2018). Propuesta para un diseño de distribución en planta en el área de separado para la empresa de alimentos cárnicos S.A.S, evaluada mediante una herramienta de simulación - Flexsim. *Publicaciones e Investigación*, 12(2), 83–94. <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/2961/3015>
- Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2010). Improvement plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 72(12), 373–377. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1330985>
- Qamar, A. M., Meanazel, O. T., Alalawin, A. H., & Almomani, H. A. (2020). Optimization of Plant Layout in Jordan Light Vehicle Manufacturing Company. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 101(4), 721–728. <https://doi.org/10.1007/s40032-020-00576-5>
- Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2010). Improvement plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 72(12), 373–377. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1330985>
- Xu, X. (2020). SLP-based technical plant layout planning and simulation analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 772(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/772/1/012020>
- Zhou, D., Wang, L., Feng, L., Zhao, D., & Guan, T. (2015). Research on Improvement of Plant Layout Based on Process Analysis. 2014(*Ieem 2014*), 253–256. https://doi.org/10.2991/978-94-6239-102-4_53