

# REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE SERVICIO PROPIO UN CASO DE ESTUDIO

## REDISTRIBUTION OF PLANT FOR THE PRODUCTION PROCESS OF ELECTRICAL PANELS FOR OWN SERVICE A CASE STUDY

<sup>a</sup> Estrada Barrera Jonathan Daniel, <sup>a</sup> Trejo Mendoza Juan Patricio y <sup>a</sup> Gálvez Mendoza Alejandro

<sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México/ ITS del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería Industrial, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México. 42700. jestrada@itsoeh.edu.mx

**RESUMEN.** Se expone el caso de una empresa especializada en el desarrollo de proyectos de sistemas eléctricos establecida en México, la empresa para mantener sus ventajas competitivas requería establecer un flujo adecuado de los operarios en el proceso de fabricación de tableros eléctricos. El objetivo es desarrollar una redistribución de áreas para disminuir las distancias de recorridos de los operarios en el proceso de producción de tableros eléctricos. La metodología implementada fue la Sistemática Layout Planing (SLP) de Richard Muther una metodología que busca la distribución en planta de las áreas de trabajo con un enfoque de mejora, así mismo se utilizó el software FlexSim como apoyo para el análisis de distribución y redistribución de las áreas de trabajo. En la primera fase de aplicación de la metodología se estudió el flujo de actividades antes de la implementación en donde se identifican las operaciones, los recorridos y las distancias de cada una de ellas, la segunda fase se establece el orden de cada área de trabajo mediante el desarrollo de una matriz de relaciones y de cercanía, en la tercera fase se desarrolló un análisis de recorridos y de actividades para visualizar gráficamente la relación de importancia entre las áreas de trabajo, por último la cuarta fase se realiza la propuesta y redistribución de planta. Los resultados obtenidos fue la reducción de las distancias de recorridos de los nueve operarios pasando de 896 metros a 572 metros, lo que se traduce en una reducción del 36% en una jornada de trabajo, así mismo la nueva redistribución optimizó consecuentemente el área total de trabajo haciéndola más transitable, espaciosa, los recorridos se percibieron más seguros para el personal, más rápidos y adecuados, el ciclo de elaboración del producto se redujo 1.59 horas, estos resultados permiten establecer un punto de inflexión para seguir estableciendo distintas metodologías con el enfoque de la mejora continua dentro del proceso de elaboración de los tableros eléctricos de servicio propio dentro de la empresa.

**Palabras clave:** FlexSim Software, Metodología SLP, Optimización de recorridos.

**ABSTRACT.** The case of a company specialized in the development of electrical systems projects established in Mexico is presented. In order to maintain its competitive advantages, the company needed to establish an adequate flow of operators in the manufacturing process of electrical panels. The objective is to develop a redistribution of areas to reduce the distances that operators have to travel in the production process of electrical panels. The methodology implemented was Richard Muther's Systematic Layout Planing (SLP), a methodology that seeks the distribution of work areas in the plant with a focus on improvement. FlexSim software was also used as support for the analysis of the distribution and redistribution of work areas. In the first phase of applying the methodology, the flow of activities was studied before implementation, where the operations, routes and distances of each of them were identified. In the second phase, the order of each work area was established by developing a matrix of relationships and proximity. In the third phase, an analysis of routes and activities was developed to graphically visualize the relationship of importance between the work areas. Finally, in the fourth phase, the proposal and redistribution of the plant was carried out. The results obtained were the reduction of the distances of the nine operators' routes, going from 896 meters to 572 meters, which translates into a 36% reduction in a work day. Likewise, the new redistribution consequently optimized the total work area, making it more passable and spacious. The routes were perceived as safer for the staff, faster and more adequate. The product production cycle was reduced by 1.59 hours. These results allow us to establish a turning point to continue establishing different methodologies with a focus on continuous improvement within the process of developing self-service electrical panels within the company.

**Keywords:** FlexSim Software, SLP Methodology, Route optimization.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha habido grandes evoluciones y avances industriales, por ende, es así que las empresas, a través de sus profesionales, equipo técnico y experiencia, generan productos eficientes y

de calidad. Por lo que la empresa en cuestión no es la excepción, siendo una empresa mexicana que fabrica tableros eléctricos, entre otros, es una empresa en auge de crecimiento, que la ha llevado paso a paso a la participación de grandes proyectos; así mismo ante la exigencia de un crecimiento y

reestructuración en sus procesos más importantes busca brindar una propuesta de mejora para este proceso de cambio y afrontar un nuevo mercado de competitividad y globalización estructuralmente preparada para responder a cualquier tipo de proyecto que se le invite a participar <sup>1</sup>.

Es el caso de los tableros de servicios propios conocidos también como tableros auto soportados, que se forman por secciones verticales y se ensamblan formando una estructura rígida y modular. La estructura permite armar un conjunto rígido sin la pérdida de continuidad eléctrica, así mismo desensamblarse una parte del mismo sin afectar a los demás componentes.

Los tableros de servicios propios están diseñados con el objetivo de ahorro de espacio con una construcción simétrica, modular y capacidad nominal de sistema y es importante tener el conocimiento adecuado para su proceso de fabricación, de ahí la importancia de analizar cada proceso de fabricación para determinar una secuencia de las actividades para tener un mejor control en el proceso <sup>2</sup>.

La metodología Systematic Layout Planning (SLP), fue desarrollada Richard Muther para planificar la distribución en planta de las áreas de trabajo con un enfoque de mejora. La distribución en planta, se define como la ordenación física de los elementos que constituyen la empresa. Pero no solo se refiere a situar las máquinas, los bancos de trabajo, las estanterías, etc., esta ordenación comprende también el estudio de los espacios necesarios para los movimientos, para el almacenamiento tanto de materia prima como producto terminado, el estudio a corto y mediano plazo de posibles inversiones o cambios en maquinaria, crecimientos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación <sup>3</sup>.

Un caso de aplicación de la metodología SLP fue en el país de la India, para el aumento del potencial de mantenimiento y eficacia, así como de reducir los costos de mantenimiento en un taller de mantenimiento ferroviario mejorando el flujo de los vagones para la realización de los servicios, reducir

los tiempos de mantenimiento y eliminar las largas filas, lográndose la habilitación en crecimiento de servicios de 50 a 75 vagones por mes a 75 a 100 vagones <sup>4</sup>.

Otro estudio realizado fue el caso del diseño de una planta de producción de herramientas por tratamiento térmico del noroeste de Indiana E.E.U.U., mediante la metodología SLP para mejorar el flujo de material de una estación a otra reduciendo los plazos de entrega y el consumo energético, obteniéndose como resultado la reducción de hasta el 33% en el tiempo de entrega de los productos <sup>5</sup>.

FlexSim®, un software especializado en el análisis y modelado de simulación 3D<sup>11</sup>, para el entendimiento y mejora de los procesos <sup>6</sup>.

Un caso de aplicación de software de simulación incorporado a la metodología SLP, tal como es nuestro trabajo presentado en este artículo, se presentó en una planta de fabricación de módulos de pantalla de cristal líquido en Taiwán, fue evaluado mediante simulación de eventos, los resultados concluyeron que en la era de la Industria 4.0 el uso de máquinas y dispositivos inteligentes generaban mayores alternativas de solución en este caso fueron cuatro alternativas para resolver el diseño de la disposición de celdas para la fabricación de los módulos de cristal líquido <sup>7</sup>.

Otro caso de aplicación de software de simulación SLP para la implementación de un nuevo diseño de planta mayormente optimizado, fue dentro de una microempresa de la India, en donde primeramente de determino que la maquinaria fue instalada sin realizar un estudio previo, derivándose de retrabajos en los procesos de soldadura, la nueva disposición redistribuida de manera computarizada, redujo los retrabajos al 5% <sup>8</sup>.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una redistribución de áreas para disminuir las distancias de recorridos de los operarios en el proceso de producción de tableros eléctricos mediante la aplicación de la metodología SLP de Richard Muther y el software FlexSim®.

### METODOLOGÍA

Richard Muther desarrollo la metodología SLP para planificar la distribución en planta de las áreas de trabajo con un enfoque de mejora. La distribución en planta, se define como la ordenación física de los elementos que constituyen la empresa. Pero no solo se refiere a situar las máquinas, los bancos de trabajo, las estanterías, etc., esta ordenación comprende también el estudio de los espacios necesarios para los movimientos, para el almacenamiento tanto de materia prima como producto terminado, el estudio a corto y mediano plazo de posibles inversiones o cambios en maquinaria, crecimientos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación.

#### FASE 1: Flujo de operaciones.

Se comienza desarrollando un diagrama de flujo de operaciones considerando cada una de las áreas de fabricación, esté diagrama permitió aplicar subsecuentemente el análisis del hombre, herramienta que permitió determinar el número y distancias de los recorridos, los tiempos para efectuar cada actividad y el tiempo de las demoras <sup>9</sup>. Véase Tabla 1.

Tabla 1. Resumen del diagrama del proceso - Análisis del hombre.

SÍMBOLO	NUMERO	DISTANCIA	TIEMPO
⇒	9	891 metros	0.47 horas
⊔	2	-	3.05 horas
▽	1	-	1.33 horas
□	3	-	0.67 horas
○	18	-	29.43 horas
<b>Distancia Total</b>		<b>896 metros</b>	
<b>Tiempo Total</b>		<b>34.95 horas</b>	

**FASE 2: Matriz de relaciones y criterios de cercanía.** Para establecer el orden en que se van a ir localizando en cada una de las áreas de fabricación, su grado de relación y cercanía se utiliza el modelo de Gurchet mediante la matriz de relación se clasifican las áreas de trabajo con respecto al grado de importancia, prioridad y cercanía <sup>10</sup>. Véase Figura 1.

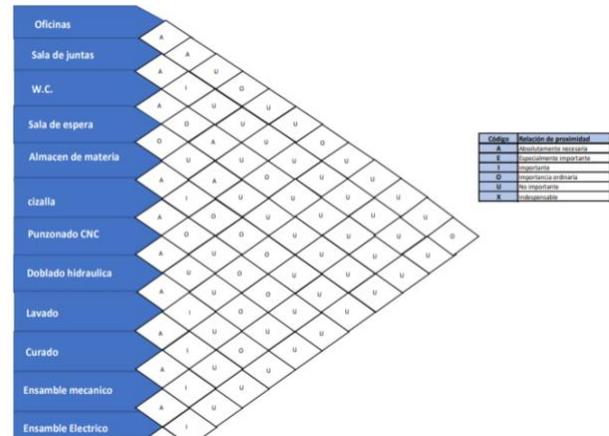


Figura 1. Diagrama de relación entre actividades

#### FASE 3: Diagrama de hilos.

En la tercera fase, es posible desarrollar el diagrama de hilos actual, se muestra las relaciones entre las distintas áreas para crear un diagrama relacional de recorridos y actividades <sup>11</sup>. Véase Figura 2.

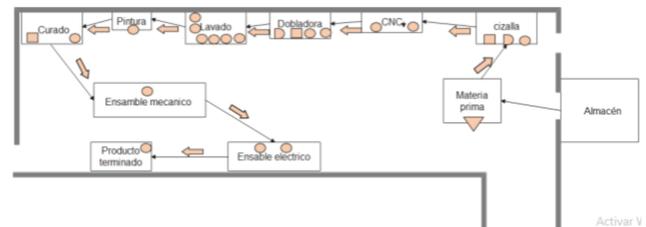


Figura 2. Diagrama de Hilos

En esta representación sistemática se puede observar que las líneas del mismo color simbolizan una importancia absolutamente necesaria entre algunas áreas, así como las operaciones que se realizan en cada estación, las actividades de los empleados con otras áreas de trabajo.

#### FASE 4: Redistribución de áreas de trabajo.

En la cuarta fase se desarrolló la propuesta de la nueva distribución de áreas de trabajo <sup>12</sup>, el layout con la nueva propuesta se muestra en la Figura 3.

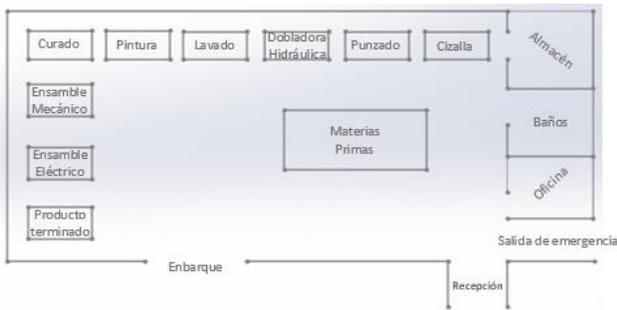


Figura 3. Redistribución de áreas de trabajo

Seguidamente se redistribuyeron las áreas a sus nuevas ubicaciones, atendiendo para ello los requerimientos técnicos y físicos necesarios de los equipos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la ayuda del software FlexSim®, un software especializado en el análisis y modelado de simulación 3D, para el entendimiento y mejora de los procesos, se pudieron visualizar anticipadamente las mejoras esperadas de la nueva redistribución de áreas <sup>13</sup>.

Se efectuó un análisis con la distribución inicial, la cual fue establecida al modelar y simular en 3D el proceso con los parámetros reales determinados en la fase 1 de la metodología SLP, definiendo las distancias, distribución de los equipos, almacenes y operarios.

Posteriormente se realizó la simulación del proceso y se generaron los análisis y gráficos respectivos <sup>14</sup>. Véase figura 4.

El análisis previo al desarrollo de la metodología SLP arrojó que los recorridos de los nueve operarios durante el proceso de producción de tableros eléctricos fueron de un total de 896.14 metros, tal como lo refiere el grafico travel distance, así mismo se observó que los operarios 1, 7 y 9, realizaban recorridos considerablemente superiores con respecto al resto de los demás operarios.

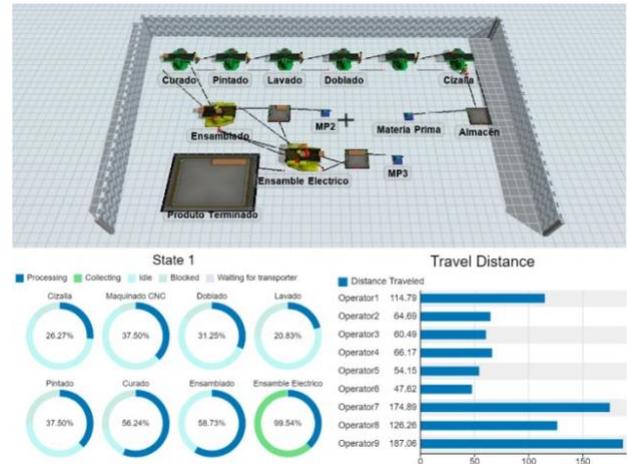


Figura 4. Modelado, simulado 3D y generación de gráficos del proceso con la distribución inicial.

El resultado del análisis con el software FlexSim® retroalimentó y confirmó el análisis previo desarrollado en la Fase 1 Flujo de Operaciones de la metodología SLP asentado en la Tabla 1, con resultados similares, dando certeza al estudio en campo y al estudio digitalizado. Seguidamente se modeló y simuló el proceso con los parámetros de redistribución de áreas conforme a las fases 2, 3 y 4 efectuadas con la metodología SLP de Richard Muther. Así mismo se generaron los gráficos <sup>12</sup> dentro de la interface del software FlexSim®. Véase figura 5.

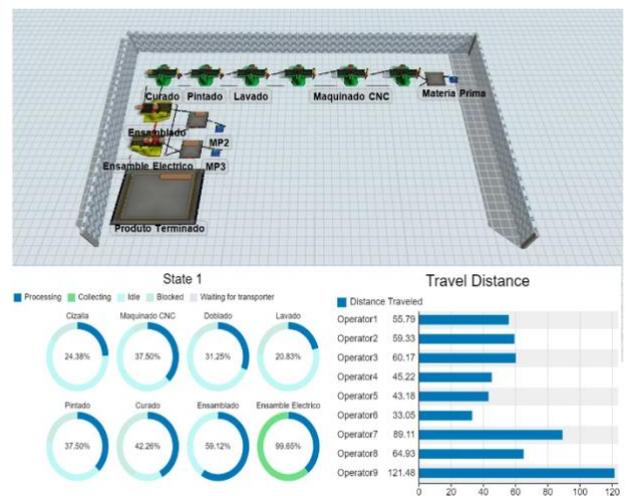


Figura 5. Modelado, simulado 3D y generación de gráficos del proceso con la nueva redistribución.

El resultado del análisis con el software FlexSim®, referenció que los recorridos de los nueve operarios durante el proceso de producción de tableros eléctricos fueron reducidos al 36.14% con respecto a los recorridos de la distribución anterior, dando un total de 572.26 metros, tal como lo refiere el grafico Travel Distance.

Se observó que ocho de los nueve operarios realizaron recorridos más cortos en una jornada de trabajo de ocho horas, siendo la excepción del operario 9 que por la naturaleza de sus actividades realiza un desplazamiento mayor, pero 35.05% menor al que realizaba antes.



Figura 6. Comparativa de recorridos antes y después del SLP.

El resultado del análisis del estudio en campo fue similar al simulado. Véase Tabla 2.

Tabla 2. Resumen del diagrama del proceso - Análisis del hombre

SÍMBOLO	NUMERO	DISTANCIA	TIEMPO
⇒	9	568 metros	0.29 horas
D	2	-	2.94 horas
▽	1	-	1.25 horas
□	3	-	0.67 horas
○	18	-	29.43 horas
<b>Distancia Total</b>		572 metros	
<b>Tiempo Total</b>		33.36 horas	

Cabe hacer la mención que el comportamiento de las estaciones de trabajo respecto al tiempo productivo cambio en la redistribución de áreas resultante por lo que el tiempo de ciclo para la elaboración del producto se redujo de 34.95 horas a 33.36 horas, 1.59 horas menos, este estudio será analizado con fines de optimización en trabajos futuros.

## CONCLUSIONES

Se concluye que la aplicación de la metodología SLP, es apropiada para mejorar la distribución de áreas de trabajo dentro de una empresa, optimizando los recorridos de los operarios tal es el caso de la empresa en cuestión dedicada a la elaboración de tableros eléctricos de servicio propio.

La nueva distribución optimizo consecuentemente el área total de trabajo haciéndola más transitable, espaciosa, los recorridos se perciben más seguros para el personal, más rápidos y adecuados.

La metodología así mismo resultó accesible en costos y los resultados fueron evidentes a corto plazo.

El uso de herramientas digitales permite visualizar los resultados de manera anticipada ayudando a la validación y confirmación sobre la toma de decisiones.

## AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

Se expresan los más sinceros agradecimientos y reconocimientos a la empresa en cuestión, por haber brindado la oportunidad del desarrollo del valioso proyecto dentro de sus instalaciones, al TecNM por su solvencia y al ITSOEH por el soporte brindado.

## REFERENCIAS

- Gutiérrez, H. (2005). Calidad total y productividad. México: MacGraw-Hill.
- Ávila, F. (2016). Tableros de servicios propios. 2021, de Silo.Tips.
- Muther, R. (1970). Distribución en planta. España: Hispano Europea Barcelona.
- Khariwal, S., Kumar, P., & Bhandari, M. (2021). Layout improvement of railway workshop using systematic layout planning (SLP) – A case study. *Materials Today: Proceedings*, 44(Part 6), 4065-4071. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.444>
- Elahi, B. (2021). Manufacturing Plant Layout Improvement: Case study of a High-Temperature Heat Treatment Tooling Manufacturer in Northeast Indiana. *Procedia Manufacturing*, 53, 24-31 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.06>
- FlexSim. (2024). FlexSim An Autodesk Company. Obtenido de <https://www.flexsim.com/flexsim/#3d-simulation>.
- Liu, Y.-S., Tang, L.-N., Ma, Y.-Z., & Yang, T. (2018). TFT-LCD module cell layout design using simulation and fuzzy multiple attribute group decision-making approach. *Applied*

- Soft Computing, 68, 873-888.  
<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.10.026>
8. Shiva Bala Chandra Mouli, C., Kulkarni, S. D., & Deepak, S. (2022). Productivity improvement of a small-scale industry by the application of an effective plant layout and weld-fixturedesign. *Materials Today: Proceedings*, 52(Part 3), 367-372. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.060>
  9. Ochoa, N. (2013). Diagramas para el estudio de trabajo. 2021, de Blog de WordPress.com.
  10. Galván, J. (2015). Diagrama de relación. 2021, de Academia.edu
  11. García, R. (2011). Estudio del Trabajo. México: Mc Graw Hill.
  12. López, J. (2000). Notas de Distribución en planta. México: UAM Azcapotzalco.
  13. Marmolejo, I. (2016). Un primer paso a la simulación con FlexSim. Pag. 189. FlexSim Iberia. España. ISBN: 978-84-617-5095-5.
  14. Freivalds, A. (2014). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Argentina: Alfa Omega.