

Propuesta de redistribución del área de almacenamiento de materia prima de una siderúrgica a partir del modelo Quadratic Assignment Problem y validado mediante simulación discreta

Diego David Cepeda Arévalo

Iván Ibarra Salas

Director:

German Córdoba Barahona

RESUMEN

El estudio realizado se enfocó en el rediseño del área de almacenamiento y procesamiento de materia prima de una empresa siderúrgica. Se utilizó el modelo Quadratic Assignment Problem (QAP) suavizado para la redistribución de los procesos generales y la metodología de Muther, Systematic Layout Planning (SLP), como complemento para la redistribución de maquinaria y los departamentos que conforman los procesos. La propuesta es evaluada mediante una simulación en el software Promodel tanto del estado actual como el propuesto. Obteniendo como resultado un incremento del 16.30% en la producción de materia prima procesada en el área y una disminución del 33,57% en el tiempo ciclo en el sistema de los vehículos proveedores de materia prima. Así mismo, el estudio demuestra que la combinación de las herramientas nombradas anteriormente para el rediseño del área es sencilla y efectiva.

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción del acero consta de tres fases básicas: Almacenamiento y procesamiento de materia prima, fundición y laminación. La primera fase consiste en la selección, procesamiento y transporte de cinco tipos de chatarra (Menuda, Corte, Enredo, Fragmentada, No conforme) hacia el área de fundición, esta área es fundamental para el proceso puesto que de esta depende la cantidad de producto terminado, por ello ha sido seleccionada como el área de estudio. La empresa donde se llevó a cabo el estudio presenta la problemática del incumplimiento de la demanda impuesta por fundición. Para dar solución, se re distribuyo los procesos realizados en el área de almacenamiento mediante la combinación del modelo Quadratic Assignment Problem (QAP) suavizado y la metodología de Muther Systematic Layout Planning (SLP).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Systematic Layout Planning (SLP)

El método comienza con la obtención de información necesaria para poder caracterizar y describir el proceso (figura 1). Es necesario tener en cuenta como es el flujo y la relación entre las instalaciones o áreas a distribuir (bloque 1 y 2). Dichas etapas son necesarias para realizar el diagrama de operaciones (bloque 3), importante para visualizar el proceso de manera gráfica. Posteriormente se evalúa la necesidad de espacio para cada área (bloque 4) y los espacios que realmente están disponibles (bloque 5), con estos se construye el diagrama de relación de espacios. Para el desarrollo de soluciones (bloque 9), se tiene en cuenta los factores que influyen en la

distribución en planta (bloque 7) y las limitaciones prácticas o restricciones (bloque 8). Finalmente, se selecciona una solución de las evaluadas en la etapa anterior (Vallhonrat & Corominas, 1991).

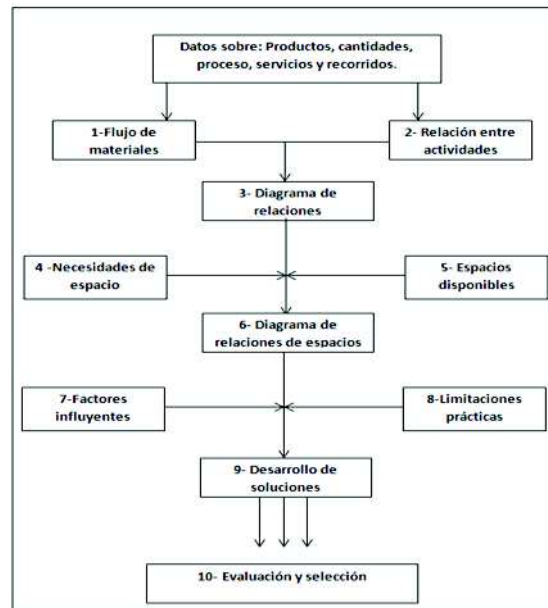


Figura 1. Esquema del método Sistematic Layout Planning (SLP)

Quadratic assignment problem (QAP)

Este es un modelo utilizado para un problema estándar de teoría de localización, el cual trata de asignar i departamentos en j espacios, generando un costo a dicha asignación que se relaciona con la distancia entre los espacios y el flujo de material entre los departamentos, buscando minimizar el costo en función de distancia y flujo. Para la realización del modelo es importante realizar una matriz con las distancias actuales de los diferentes espacios de la fábrica y otra matriz con los flujos de material entre departamentos. (Lozano Garcia, 2010)

$$Min = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{i'=1}^n \sum_{j'=1}^n F_{ii'} \times D_{jj'} \times X_{ij} \times X_{i'j'} \quad (1)$$

Donde $F_{ii'}$ es la matriz de flujo de material entre el departamento i y el departamento i' . $D_{jj'}$, es la matriz de distancia entre el espacio j y el espacio j' . X_{ij} , es una variable binaria que toma el valor de 1 si el departamento i se asigna al espacio j y 0 de lo contrario. $X_{i'j'}$, es una variable binaria que toma el valor de 1 si el departamento i' se asigna al espacio j' y 0 de lo contrario. Las restricciones del modelo se basan en que cada locación es asignada a un departamento y viceversa.

En la literatura científica se encuentran problemas con características similares. En Alberta, Canadá propusieron la redistribución del área de almacenamiento de materia prima de una siderúrgica basados en las teorías de Materials Layout Planning (MLP) para industrias que dadas las características de la materia prima necesitan tener una mayor gestión enfocada en la seguridad de las personas, el rápido y fácil manejo de materiales y la disminución de la manipulación con el fin de incrementar la productividad. Por su parte, el facility Layout Planning (FLP) que

básicamente tiene en cuenta los principios de la metodología de Muther (Alanjari, RazaviAlavi, & AbouRizk, 2014).

La simulación por computadora, puede ser definida como el conjunto de relaciones de tipo lógicas, discretas o probabilísticas que describen el comportamiento de un sistema para reproducir el estado futuro bajo ciertas condiciones y restricciones (Garcia Dunna, Garcia Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006). Esta herramienta ha sido utilizada en la distribución de planta, es el caso del estudio llevado a cabo en Santiago de Cali, donde se simulo el proceso productivo de una empresa de lácteos tras la distribución de las instalaciones, donde por medio de la herramienta validaron la mejora de la propuesta (Quinceno Orozco & Zuluaga Garcia, 2012).

RESULTADOS

Inicialmente, el área de almacenamiento tiene 17 departamentos, 5 de ellos deben permanecer fijos y 12 pueden ser distribuidos. Debido a que el modelo QAP es un modelo no lineal considerado como NP-Hard, se realizó un agrupamiento de departamentos por procesos, es decir, se unieron los departamentos que conformaban un proceso para crear un nuevo departamento. Posteriormente, se hallaron locaciones en el área donde era factible distribuir los departamentos, además de verificar el cumplimiento de las restricciones del área de almacenamiento de materia prima. Como resultado se obtuvieron 4 departamentos a distribuir (No conforme, Corte, Enredo y Menuda), 5 departamentos fijos y los espacios disponibles (Figura 2). La matriz de distancia (D_{ij}) fue realizada en base a distancias tomadas del software AutoCAD entre cada uno de las locaciones, mientras que la matriz de flujo muestra el flujo de chatarra entre departamentos. Esto permitió suavizar el problema y resolver el QAP (Ecuación 1) mediante la herramienta Solver de Microsoft Excel, utilizando el método de resolución GRG Nolinear y llegar a la solución óptima.

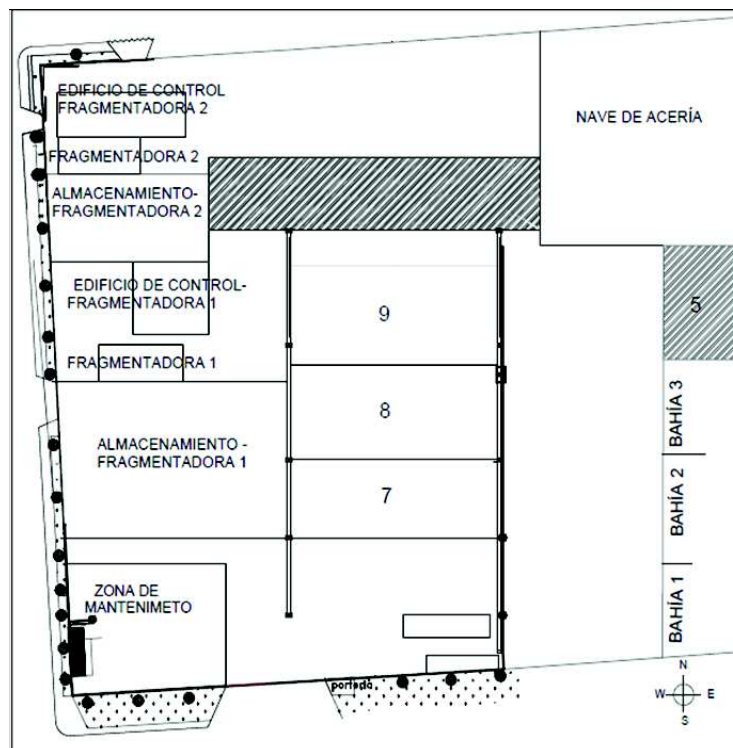


Figura 2. Locaciones disponibles en el área de almacenamiento.

La solución descrita en la figura 3 ilustra la asignación óptima de los departamentos a las localizaciones. Este modelo determinó el lugar en que debía estar situado cada proceso. Posteriormente, se desagrupa los cuatro departamentos en los doce departamentos iniciales y se procede a desarrollar la metodología de Richard Muther para re distribuir las partes en los lugares asignados por el QAP.

Funcion Objetivo		1040778,54			
	5	7	8	9	SUMA
Corte	1	0	0	0	1,0
Menuda	0	0	1	0	1,0
Enredo	0	0	0	1	1,0
N conforme	0	1	0	0	1,0
SUMA	1,0	1,0	1,0	1,0	

Figura 3. Solución del modelo QAP

Como primer paso se generó una matriz de relaciones (Figura 4) entre los departamentos a distribuir en el área de almacenamiento, a partir de un orden de proximidad, esto permite dar un valor cualitativo a las necesidades de proximidad entre departamentos y muestra la necesidad de dicha proximidad representada en letras. generando una información clara de las relaciones entre los elementos del área, esta información se reúne para la realización de un diagrama de relaciones (Figura 4). Dicho diagrama pretende representar la relación que existe entre los elementos de forma visual dando una idea de cómo debe realizarse la distribución, utilizando líneas de código que muestran la importancia del flujo de materiales entre los elementos del área de almacenamiento de materia prima, donde la letra A se representa con una línea roja, la E con una amarilla, la I con una verde, la U sin líneas y la X con una línea intermitente.

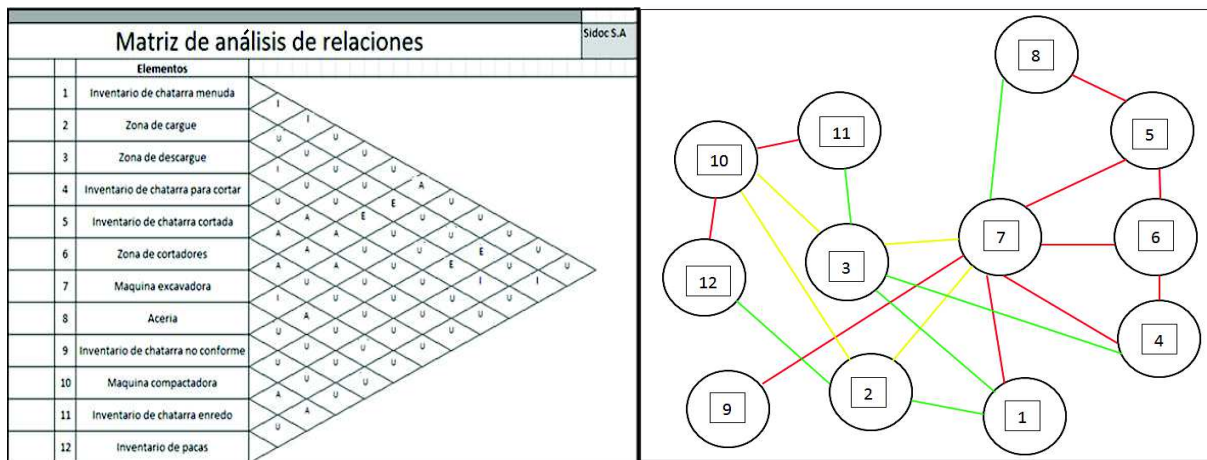


Figura 4. Matriz de relaciones y diagrama de relaciones

El diagrama de relaciones permite tener una idea clara de cómo realizar la distribución de los elementos, pero a pesar de esto es necesario tener en cuenta el área que ocupa cada uno de los elementos y en qué espacio fueron organizados por el modelo QAP anteriormente, para esto se realizó un diagrama relacional de espacios (figura 5). Para la realización del diagrama se decidió utilizar zonas de descargue en dos puntos, igualmente con las máquinas excavadoras con el fin de aislar el proceso de corte de los demás procesos y poder ubicarlo a lado de la aceria como se había

estipulado anteriormente por el modelo QAP. Este diagrama presenta una propuesta de distribución final para los elementos de los cuatro procesos del área de almacenamiento de materia prima de la empresa. Se puede observar que los procesos se organizaron según el orden del modelo QAP y los elementos según la metodología de Muther, minimizando las distancias de las líneas de relación entre elementos y reduciendo a uno el número de cruces de dichas líneas.

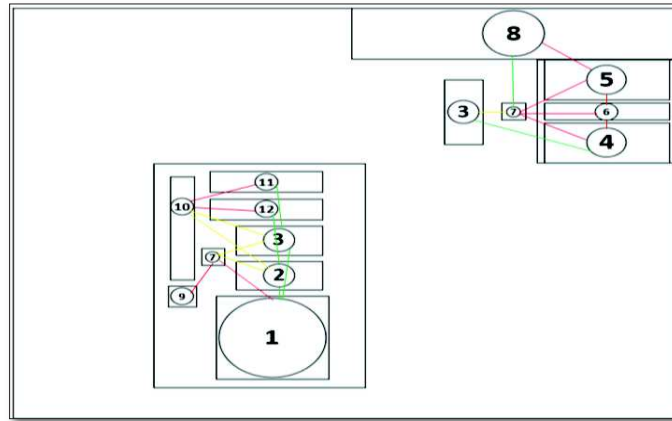


Figura 5. Diagrama relaciona de espacios propuesta de redistribución

Tras la redistribución de los elementos de cada uno de los procesos, se llevó a cabo la simulación del funcionamiento del área de almacenamiento de materia prima tanto del estado actual como del propuesto. Esta simulación es denominada estocástica terminal, debido a que se cuenta con las bases de datos necesarias para usar distribuciones de probabilidad, tiene un tiempo de corrida de cinco días ya que en este lapso de tiempo se han realizado todos los procesos en el centro de almacenamiento y un número de réplicas es de 28. Finalmente, la simulación se denomina discreta puesto que el estado del sistema cambia en cuanto ocurre un evento. En la Tabla 1 se muestran resultados de comparación entre los estados actual y propuestos.

Tabla 1. Comparación de resultados de los estados actual y propuesto.

	Tiempo ciclo del vehículo proveedor de materia prima (min)	Número promedio de vehículos proveedores en el área	Porcentaje de colas en el área	Cantidad de chatarra procesada al día (Ton)
Estado Actual	75.2	2.51	11.13%	703
Propuesta Proyecto	49.95	1.6	2.66%	840

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de la simulación (Tabla 1) ilustra que la propuesta de re distribuir el área de almacenamiento de materia prima presenta un incremento de 16,30% de chatarra procesada lista en el área de fundición, además de una disminución en 33,57% en el tiempo ciclo del vehículo proveedor. Estos resultados son atribuidos a decisiones solidas tomadas basadas en los principios de la distribución de planta, con herramientas tanto clásicas, el QAP y el SLP, como modernas la simulación por computadora.

La solución de este tipo de problemas de distribución de planta, donde el manejo de materiales, la alta capacidad que necesitan los almacenamientos y la variedad de procesos necesitan que la

distribución de los procesos sea de manera lógica y con planeación. El aporte de este artículo es que cuando influyen gran cantidad de variables en el problema es necesario acotarlo para hacer más sencilla la ejecución de la solución, en este caso el modelo QAP paso de tener 17 departamentos a tener tan solo 9. Por su parte, la metodología propuesta en el artículo, de combinar el modelo QAP para asignar departamentos con el SLP utilizado para redistribuir procesos, genero el resultado esperado debido a que incremento el rendimiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

Quinceno Orozco, O., & Zuluaga Garcia, N. (2012). *Propuesta de mejoramiento para la distribucion de planta en una empresa del sector lacteo*. Santiago de Cali.

Alanjari, P., RazaviAlavi, S., & AbouRizk, S. (2014). MATERIAL AND FACILITY LAYOUT PLANNING IN CONSTRUCTION PROJECTS USING. *IEEE*, 3388-3398.

Garcia Dunna, E., Garcia Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2006). *Simulacion y analisis de sistemas con promodel*. Mexico D.F: Pearson Educación.

Lozano Garcia, J. C. (2010). COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA CENTROS DE TRABAJO. APLICANDO EN EMPRESA DEL SECTOR METALMECANICO. *ICIEOM*, 1-14.

Vallhonrat, J., & Corominas , A. (1991). *Localización, distribución en planta y manutención* . Barcelona : Marcombo S.A.