

MODELO INTEGRADO PARA LA REDUCCIÓN DE “MUDAS” EN LA CONFECCIÓN DE PRENDAS DE VESTIR



El problema: las “mudas” del sector de la confección de prendas de vestir

El concepto de “mudas” (desperdicios) proviene de la filosofía Lean Manufacturing, o Producción Esbelta, la cual consiste en eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor para el cliente y optimizar aquellas que sí lo hacen. En este sentido, las mudas, en los sistemas de producción, son aquellas actividades que consumen recursos (personal, tiempo, dinero, etc.) pero que no generan un valor para el producto final (Dennis, 2015). Se conoce que en sistemas de producción en masa, o no esbeltos, estos desperdicios pueden representar hasta el 95 % de las actividades de producción (Cuatrecasas-Arbós, 2009), lo cual genera un impacto negativo en la eficiencia de los sistemas de producción y en la competitividad de las empresas.

El sector de la confección de prendas de vestir en Colombia se ha visto, recientemente, exigido por la alta demanda y competitividad en variedad, calidad y precio de los mercados globales. En Cúcuta, este sector representa más del 30 % de la industria manufacturera local (García y Jauregui, 2016). La mayoría de las empresas del sector se ven rezagadas en eficiencia y productividad, ya que sus sistemas de producción están cargados con mudas,

como la alta frecuencia de reprocesos, transportes innecesarios de materiales, altos tiempos de espera y altos inventarios en proceso en el suelo de las plantas. La generación de mudas es el resultado, principalmente, de que los sistemas de producción no estén enfocados en la reducción de desperdicios o actividades innecesarias, ni organizados en ambientes de producción que faciliten esta tarea.

Dentro de las mudas más relevantes de las empresas confeccionistas se encuentran: el transporte o manejo innecesario de materiales entre estaciones de trabajo y los altos tiempos de espera de los productos en proceso. Una solución clave para resolver estas problemáticas es la distribución efectiva de máquinas y estaciones de trabajo en una planta de producción acorde a las necesidades de las empresas. Adicionalmente, los sistemas de producción pueden estar organizados en sistemas de celdas de manufactura, los cuales agrupan máquinas en celdas para que procesen productos similares, denominados familias de productos.

Abordaje metodológico

Para resolver la problemática, la metodología combina las técnicas de recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos mediante un caso de estudio: una empresa de confección de ropa deportiva de la ciudad de Cúcuta.

En un primer momento, se elaboró el estado del arte sobre la distribución de plantas y la programación de la producción en celdas de manufactura. Después, se formuló un modelo que integra secuencialmente estas decisiones y se desarrollaron y validaron algoritmos genéticos para su solución. En la siguiente fase, se recolectaron y analizaron los datos cuantitativos del caso de confección de ropa deportiva para la aplicación del modelo y la técnica de solución propuestos. Finalmente, se evaluó el impacto de la aplicación del modelo con técnicas de simulación.

Solución: modelo de integración secuencial

En la figura 1 se describe el modelo propuesto para la integración de las decisiones de distribución de plantas y programación de la producción en enfoques de celdas de manufactura. Fueron tres etapas: la recolección de la información requerida, la optimización secuencial de las decisiones para los diferentes horizontes de planeación y la evaluación de la alternativa que minimice los costos totales de las decisiones. En este sentido, las decisiones tomadas mediante este modelo deben estar enfocadas a la reducción de los desperdicios o mudas. Finalmente, el modelo considera técnicas de inteligencia artificial y de simulación para la fase de optimización de estas decisiones.

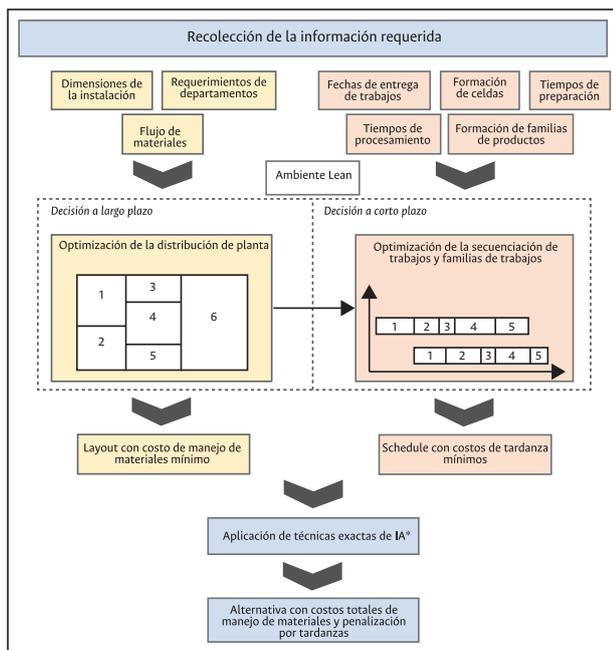


Figura 1. Modelo conceptual propuesto para la integración de las decisiones de distribución de plantas.

* IA: Inteligencia Artificial.
Fuente: elaboración propia.

Desarrollo y validación de algoritmos genéticos

Para la aplicación del modelo en la empresa de confección de ropa deportiva se presenta un algoritmo genético desarrollado para cada una de las decisiones y validado utilizando instancias de datos de cada problema. La figura 2 muestra los pasos para la aplicación de los algoritmos genéticos en la solución del modelo propuesto.

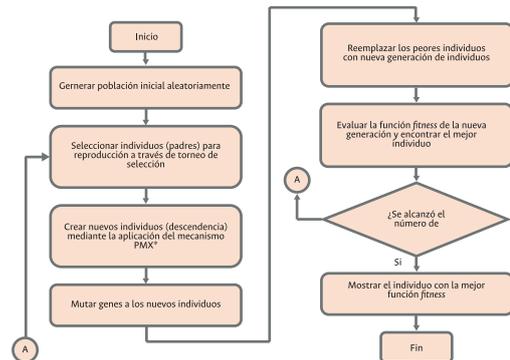


Figura 2. Descripción general de un algoritmo genético aplicado para la solución del modelo integrador propuesto

* PMX: cruce parcialmente emparejado
Fuente: elaboración propia.

Aplicación del modelo propuesto a la confección de ropa deportiva

Los resultados de la aplicación del modelo propuesto y su optimización mediante los algoritmos genéticos validados para la confección de ropa deportiva se exponen en la tabla 1. Los resultados muestran que la mejor alternativa reduce en un 6,69 % la suma de los costos totales de manejo de materiales entre departamentos (MHC) y los costos totales de penalización por entregas de pedidos tardías ($\sum TWT$) con respecto al estado actual de la empresa. En la tabla se observa que el costo total de penalización por entregas tardías se redujo en un 100 % a \$0, en comparación con el estado actual, en donde se encontró un total de \$180.100 para un solo pedido de 516 trabajos.

Estos resultados evidencian el impacto de la aplicación del modelo. Por un lado, la optimización de los departamentos en el plano de planta minimiza las distancias y los recorridos entre departamentos, lo cual reduce las mudas y el costo de manejo de materiales.

Por otro lado, la instalación del enfoque de celdas de manufactura redujo en un 100 % la terminación tardía de los pedidos en el área de confección. Este resultado se debe a que el enfoque de celdas de manufactura disminuye considerablemente los tiempos de preparación de las máquinas entre familias de productos, a que se facilita el flujo de materiales con la disposición de las máquinas en un flujo en línea y al aumento del *throughput* con la reducción de las mudas presentes en el estado actual.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del modelo propuesto y algoritmos genéticos.

Iter.	Mejor resultado del GA en cada iteración					Porcentaje cambio en relación con costo total actual
	Costo total (MHC + Σ TWT)	MHC	TWT Celda de Manufactura 1	TWT Celda de Manufactura 2	TWT Celda de Manufactura 3	
0	\$8.875.223	\$8.875.223	\$0	\$0	\$0	-6,69
1	\$9.867.853	\$9.867.853	\$0	\$0	\$0	3,75
2	\$9.302.618	\$9.302.618	\$0	\$0	\$0	-2,19
3	\$10.497.970	\$10.497.970	\$0	\$0	\$0	10,37
4	\$9.043.169	\$9.043.169	\$0	\$0	\$0	-4,92
5	\$9.097.409	\$9.097.409	\$0	\$0	\$0	-4,35
6	\$9.177.615	\$9.177.615	\$0	\$0	\$0	-3,51
7	\$9.471.810	\$9.471.810	\$0	\$0	\$0	-0,42
8	\$9.093.046	\$9.093.046	\$0	\$0	\$0	-4,40
9	\$9.909.634	\$9.909.634	\$0	\$0	\$0	-4,19

Fuente: elaboración propia.

Simulación de los resultados de la aplicación

Para conocer en mayor medida el impacto del modelo propuesto, se desarrolla un modelo de simulación usando Simio®, en donde se evaluó la reducción en el tiempo de flujo promedio en el área de confección, el incremento del *throughput* promedio y la reducción en los tiempos de preparación promedio de las máquinas. Adicionalmente, se evaluó el tiempo promedio de procesamiento, preparación y ocio de las máquinas/estaciones (Servers) del modelo.

Los resultados del proceso de simulación indican una reducción del 51,46 % en los tiempos de flujo promedio y del 50,65 % en los tiempos de preparación promedio de las máquinas, mientras que se incrementó en 1.102,52 % el *throughput* promedio del área de confección. Por su parte, se resalta la reducción en un 2,5 % de los tiempos de procesamiento promedio de las máquinas a la vez que se incrementa en un 54,52 % el tiempo de ocio de las máquinas, debido al aumento de capacidad generado por el enfoque de celdas de manufactura.

Conclusiones

La mayoría de las empresas de confección organizan sus operaciones en ambientes de producción en masa, lo que genera reprocesos, altos tiempos de espera y altos inventarios en proceso en el suelo de las plantas. Por lo tanto, se propuso una metodología para la distribución de plantas y la

programación de la producción en enfoques de celdas de manufactura, con el objetivo de determinar modelos y técnicas de solución utilizados para resolver estas problemáticas en la industria. Los resultados iniciales permitieron formular un modelo que integra secuencialmente estas decisiones. Finalmente, se buscó evaluar el impacto del enfoque propuesto a través de técnicas de simulación.

Los resultados de la aplicación del modelo integrador y los algoritmos genéticos evidenciaron su impacto para una empresa de confección de ropa deportiva de Cúcuta. Los resultados indicaron una reducción de un 6,69 % en la suma de los costos totales de manejo de materiales entre departamentos y los costos totales de penalización por entregas tardías de pedidos, en comparación con el estado actual de la empresa. Adicionalmente, se encontró que el enfoque de celdas de manufactura permitió la reducción en un 100 % de las entregas tardías de trabajos. Finalmente, los resultados de la simulación indicaron que el enfoque propuesto redujo en un 51,46 % los tiempos de flujo promedios y en un 50,65 % los tiempos de preparación promedio de las máquinas, mientras se incrementó en un 1.102,52 % el *throughput* promedio del área de confección.

Estos resultados evidencian la importancia de la reducción de mudas, así como de la implementación de formulaciones matemáticas para la solución de las problemáticas que afectan la productividad y eficiencia en los sistemas productivos de las empresas de la región.

Referencias

- Cuatrecasas-Arbós, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. Técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático*. Profit Editorial.
- Dennis, P. (2015). *Lean production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- García, M. F. y Jauregui, C. X. (2016). *Caracterización de las empresas del sector textil confecciones en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander* [tesis de grado]. Universidad de Santander, Santander, Colombia.