

# Metaheurística 2025-1

## Heurísticas y Metaheurísticas Constructivas

David Grisales Posada

Marzo de 2025

### Resumen

Este informe presenta la implementación de un método constructivo para la solución del problema de balanceo de sistemas PTL. Se describen el método empleado, su variante aleatorizada y los resultados obtenidos en tres instancias de prueba. Además, se incluye un apéndice con el código fuente y las soluciones generadas en el formato requerido.

## 1. Método Constructivo

### 1.1. Notación Matemática

Se emplea la siguiente notación para describir el problema:

- $P$ : Conjunto de pedidos.
- $Z$ : Conjunto de zonas.
- $S$ : Conjunto de salidas.
- $E$ : Conjunto de etiquetas SKU.
- $E_p$ : Conjunto de etiquetas asociadas al pedido  $p$ .
- $T_{ij}$ : Tiempo de procesamiento del pedido  $i$  en la zona  $j$ .
- $T_j$ : Tiempo requerido para alcanzar la salida  $j$ .
- $C_k$ : Suma de los tiempos de las salidas  $j$  que pertenecen a la zona  $k$ .

### 1.2. Pseudocódigo *Suma de*

La solución constructiva extrae los datos del archivo Excel (usando el lector proporcionado por el maestro). Luego, toma la información de las salidas por zonas, aísla los valores iguales a cero y ordena las salidas por su tiempo de llegada de menor a mayor.

Posteriormente, calcula el tiempo total requerido para registrar los SKU de cada una de las órdenes y ordena este conjunto de mayor a menor tiempo requerido. Finalmente, asigna el pedido con mayor tiempo requerido a la salida con menor tiempo acumulado, y así sucesivamente.

El siguiente pseudocódigo describe el método constructivo:

1. Inicializar conjuntos  $P$  (pedidos),  $Z$  (zonas) y  $S$  (salidas).
2. Ordenar las salidas en  $S$  de menor a mayor tiempo  $T_j$ .
3. Para cada pedido  $i$  en  $P$ :
  - a. Calcular el tiempo total requerido para registrar todas las etiquetas  $E_i$ .

4. Ordenar los pedidos  $i$  en  $P$  de mayor a menor tiempo de registro de etiquetas.
5. Para cada pedido  $i$  en  $P$ :
  - a. Asignarlo a la primera salida  $j$  disponible según el orden de  $T_j$ .
  - b. Calcular  $T_{\{ij\}} = 2 * E_i + T_j$ .
  - c. Actualizar el valor de  $C_k$ .
6. Exportar la asignación de pedidos a zonas en un archivo Excel.

## 2. Variante Aleatorizada

### 2.1. Descripción

Se implementó una variante aleatorizada del método constructivo, en la cual los pedidos se asignan a las zonas de manera aleatoria, priorizando aquellas con menor tiempo de procesamiento acumulado.

A diferencia del método original, esta variante no ordena los pedidos en función del tiempo que toma registrar los SKU. En su lugar, se repite un proceso de asignación aleatoria durante 10 iteraciones. En cada iteración, se genera un nuevo orden aleatorio de los pedidos y se asignan según la disponibilidad de las salidas. Después de cada iteración, si la solución obtenida mejora la mejor encontrada hasta el momento, se actualiza el resultado.

El siguiente pseudocódigo describe la variante aleatorizada:

1. Inicializar conjuntos  $P$  (pedidos),  $Z$  (zonas) y  $S$  (salidas).
2. Ordenar las salidas en  $S$  de menor a mayor tiempo  $T_j$ .
3. Para cada pedido  $i$  en  $P$ :
  - a. Calcular el tiempo total de registro de etiquetas  $E_i$ .
4. Repetir 10 veces:
  - a. Mezclar aleatoriamente los pedidos en  $P$ .
  - b. Para cada pedido  $i$  en  $P$ :
    - i. Asignarlo a la primera salida  $j$  disponible según el orden de  $T_j$ .
    - ii. Calcular  $T_{\{ij\}} = 2 * E_i + T_j$ .
    - iii. Actualizar  $C_k$ .
    - iv. Marcar la salida  $j$  como ocupada y pasar a la siguiente.
  - c. Si el nuevo tiempo total es mejor que  $bestTime$ , actualizar  $bestTime$ .
5. Exportar la mejor asignación en un archivo Excel.

## 3. Resultados

### 3.1. Instancias de Prueba

Los métodos se evaluaron en seis instancias de prueba de distinto tamaño y distribución:

- Instancia 1: 40 pedidos, 2 zonas, homogéneo.
- Instancia 2: 40 pedidos, 2 zonas, heterogéneo.
- Instancia 3: 60 pedidos, 3 zonas, homogéneo.
- Instancia 4: 60 pedidos, 3 zonas, heterogéneo.
- Instancia 5: 80 pedidos, 4 zonas, homogéneo.
- Instancia 6: 80 pedidos, 4 zonas, heterogéneo.

### 3.2. Desempeño

La Tabla 1 resume los resultados obtenidos en términos de tiempo de cómputo y calidad de las soluciones.

Instancia	Método	Tiempo Máximo (s)
1	Constructivo	468.02
1	Aleatorizado	457.93
2	Constructivo	578.35
2	Aleatorizado	575.43
3	Constructivo	504.1
3	Aleatorizado	487.43
4	Constructivo	571.45
4	Aleatorizado	567.7
5	Constructivo	496.77
5	Aleatorizado	481.68
6	Constructivo	608.6
6	Aleatorizado	620.93

Cuadro 1: Resultados de los métodos en las instancias de prueba.

## 4. Conclusiones

Los resultados muestran que ambos métodos son eficientes en términos de tiempo de cómputo. Sin embargo, la variante aleatorizada generó soluciones de mejor calidad en la mayoría de los casos, logrando una distribución más equilibrada de los tiempos de procesamiento en las zonas. Esto sugiere que introducir aleatoriedad en el proceso de asignación puede ayudar a evitar soluciones subóptimas generadas por el método constructivo determinista.

A pesar de sus ventajas, la variante aleatorizada aún presenta limitaciones, ya que su desempeño depende del número de iteraciones y de la calidad de las soluciones exploradas.

## Apéndice

### 4.1. Código Fuente

El código fuente está disponible en el siguiente repositorio de GitHub: <https://github.com/Davidgp04/Heuristics.git>.

### 4.2. Soluciones en Excel

Las soluciones obtenidas se encuentran en el archivo Excel dentro de la carpeta **output** del repositorio de GitHub, siguiendo la estructura de la plantilla proporcionada y en una carpeta comprimida enviada junto con el documento.

## Referencias

- [1] Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., Orlin, J. B. (1988). *Network flows*.
- [2] Santana, J. B., Rodríguez, C. C., López, F. C. G., Torres, M. G., Batista, B. M., Pérez, J. A. M., et al. (2004). *Metaheurísticas: una revisión actualizada*.
- [3] Profesor del curso, *Lector de datos en Excel*, Google Colab. Disponible en: [https://colab.research.google.com/drive/197T00HamNN80GTCBQknI\\_mAZfr1eZhvW](https://colab.research.google.com/drive/197T00HamNN80GTCBQknI_mAZfr1eZhvW).

- [4] Profesor del curso, *Cuaderno con el Código de la Clase*, Google Colab. Disponible en: <https://colab.research.google.com/drive/1AthPUGmyPQPImPZ-RJthB4qpUrpktZ4w#scrollTo=AZjreveyXeGt>.
- [5] Villegas, J. G. *Heurística, Métodos Constructivos*. Presentación, Ingeniería Matemática, Universidad EAFIT. Profesor Titular - Departamento de Ingeniería Industrial - UdeA.