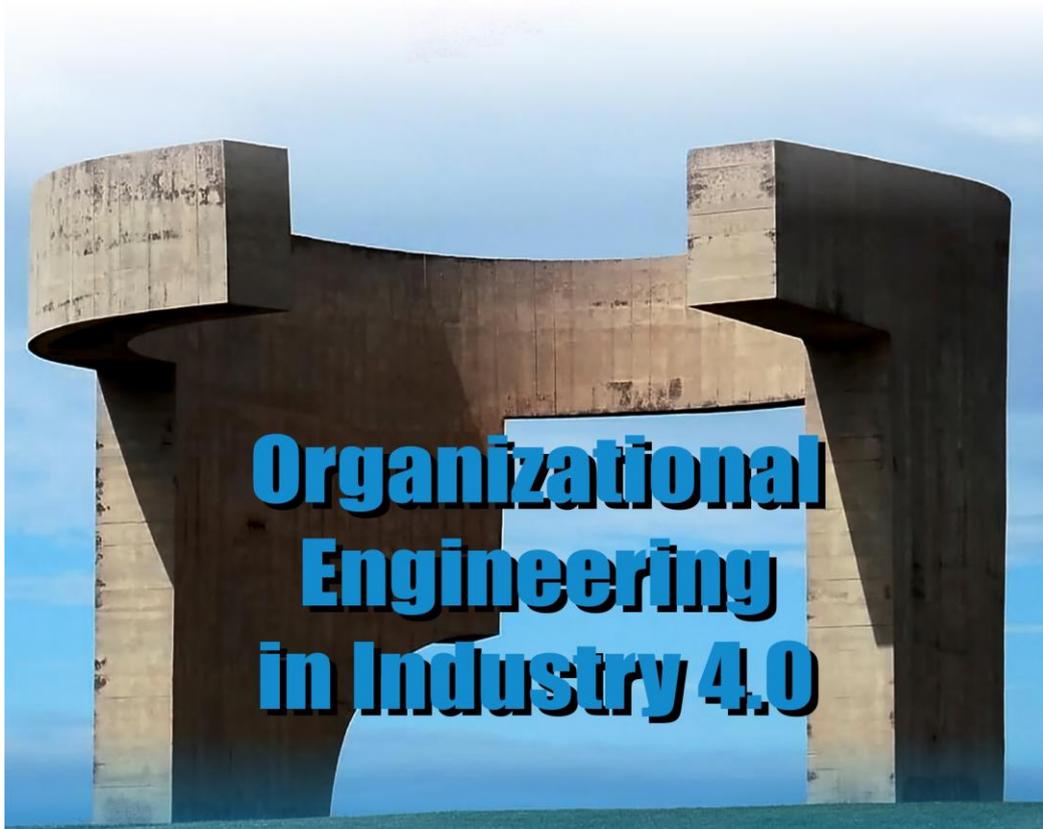




13<sup>th</sup> International Conference on Industrial  
Engineering and Industrial Management

XXIII Congreso de Ingeniería de Organización



**Organizational  
Engineering  
in Industry 4.0**

**BOOK OF ABSTRACTS**

**Gijón, 11th-12th July 2019**

## **Book of Abstracts**

**“13<sup>th</sup> International Conference on  
Industrial Engineering and  
Industrial Management” and  
“XXIII Congreso de Ingeniería de  
Organización (CIO2019)”**

**Book of Abstracts**

**“13<sup>th</sup> International Conference on  
Industrial Engineering and Industrial  
Management” and “XXIII Congreso de  
Ingeniería de Organización  
(CIO2019)”**

**COORDINADORES**

**DAVID DE LA FUENTE GARCÍA**

**RAÚL PINO DIEZ**

**PAOLO PRIORE**

**FCO. JAVIER PUENTE GARCÍA**

**ALBERTO GÓMEZ GÓMEZ**

**JOSÉ PARREÑO FERNANDEZ**

**ISABEL FERNÁNDEZ QUESADA**

**NAZARIO GARCÍA FERNÁNDEZ**

**RAFAEL ROSILLO CAMBLOR**

**BORJA PONTE BLANCO**

© 2019 Universidad de Oviedo  
© Los autores

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo  
Campus de Humanidades. Edificio de Servicios. 33011 Oviedo (Asturias)  
Tel. 985 10 95 03 Fax 985 10 95 07  
[http: www.uniovi.es/publicaciones](http://www.uniovi.es/publicaciones)  
[servipub@uniovi.es](mailto:servipub@uniovi.es)

I.S.B.N.: 978-84-17445-38-6  
DL AS 1875-2019

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo

Todos los derechos reservados. De conformidad con lo dispuesto en la legislación vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reproduzcan o plagien, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, fijada en cualquier tipo y soporte, sin la preceptiva autorización.

## Secuencias *Quota* en taller de flujo de demanda general con programación lineal entera mixta

Bautista-Valhondo J<sup>18</sup>, Alfaro-Pozo R<sup>19</sup>

**Resumen:** Presentamos modelos basados en la Programación Lineal Entera Mixta (PLEM) para obtener secuencias de productos mixtos en el problema *Flow Shop Scheduling* con demanda general y satisfaciendo la propiedad *Quota*. Realizamos la explotación de los modelos con solver CPLEX limitando el tiempo de CPU y utilizando instancias de la literatura de mediana y gran dimensión de la empresa NISSAN de Barcelona. Ante los resultados, concluimos que PLEM se puede añadir al conjunto de procedimientos útiles para resolver este tipo de problemas.

**Palabras clave:** Flow Shop Scheduling Problem; Level Schedules; Mixed Model Sequencing Problem; Overall Demand Plan; Mixed Integer Linear Programming.

### 1 Introducción al problema y su entorno

El *Flow Shop Scheduling Problem* (FSP) es un problema de secuenciación que permite modelar gran variedad de entornos productivos (Graham et al. 1979, Aggoune 2004): un conjunto  $J$  de piezas ( $n$  elementos) debe ser procesado en un conjunto de máquinas  $K$  ( $m$  elementos) dispuestas en serie. Todas las piezas pasan por todas las máquinas en el mismo orden, empezando en la 1 y finalizando en la  $m$ .

La versión del problema denominada *Permutation Flow Shop Problem* (PFSP), considera un espacio de almacenamiento ilimitado entre las máquinas consecutivas; por lo que, cuando concluye el trabajo  $(j, k)$  sobre una pieza  $j \in J$  en la máquina  $k > 1$  ( $k \in K$ ), la máquina queda libre para procesar la pieza siguiente cuando ésta esté disponible; Graham et al. (1979) llaman *Fm/prmu/ $\gamma$*  a este problema, donde  $\gamma$  simboliza una medida de eficiencia. Cuando no conviene apartar las piezas del proceso, por espacio insuficiente o inconveniencia, se llega a una situación de bloqueo; Graham et al. (1979) denominan *Fm/block/ $\gamma$*  a este

---

<sup>18</sup> Joaquín Bautista-Valhondo (✉e-mail: [joaquin.bautista@upc.edu](mailto:joaquin.bautista@upc.edu))

IOC-UPC, Universitat Politècnica de Catalunya, 08028 Barcelona, Spain

<sup>19</sup> Rocío Alfaro-Pozo (e-mail: [ralfaro@eae.es](mailto:ralfaro@eae.es))

EAE Business School, 08015 Barcelona, Spain

problema. Entre las métricas de eficiencia más comunes están: (1) el instante de compleción de todos los trabajos en el taller,  $C_{max}$ , y (2) el instante medio de compleción de dichos trabajos,  $C_{med}$ .

En las líneas de producción de automoción (y otros sectores) no tienen sentido contemplar secuencias con *demanda unitaria* en las que todos los trabajos son distintos (v.gr. 270 motores distintos al día en una línea de 24 estaciones), en tales casos, tendremos *demanda general*; por ello, hemos extendido los problemas  $Fm/\beta/\gamma$  asignando una demanda general a tipos o clases de piezas:  $Fm/\beta/\gamma/d_i$ , donde  $d_i$  simboliza el número de piezas de tipo  $i \in I$  del conjunto  $J$  ((Bautista y Alfaro, 2018a).

Por otra parte, la *propiedad quota* es un requisito que imponemos a las *secuencias* para que sean *regulares* (Bautista y Alfaro, 2018b). El *nivelado o regularidad de la producción* es un concepto japonés (*Heijunka*) que surge en contexto Just-in-Time. Las secuencias regulares se pueden caracterizar con una función objetivo (Miltenburg, 1989) o con restricciones sobre las tasas de fabricación de los productos. En este trabajo hemos optado por la segunda opción imponiendo la *propiedad quota*.

## 2 Objetivos, métodos, resultados y conclusiones

Los dos problemas expuestos, ambos con demanda general, representan bastante bien un sistema productivo orientado a productos mixtos, en contexto *Heijunka-JIT*, con ciclos de fabricación variables en las estaciones de trabajo. La combinación de ambos problemas conduce a un *problema biobjetivo* con objetivos antagónicos, ya que, mientras el FSP busca secuencias eficientes según alguna métrica (v.gr.  $C_{max}$  mínimo: menor tiempo de compleción de todos los trabajos), las secuencias quota se caracterizan por mantener constante el mix de producción dentro de lo posible.

En este trabajo, nuestro propósito es obtener secuencias eficientes en  $C_{max}$  y que preserven el mix de producción satisfaciendo la propiedad quota. Para ello, utilizamos la Programación Lineal Entera Mixta como método de resolución y experimentamos con instancias típicas y un caso de estudio de la empresa Nissan en Barcelona.

Los resultados obtenidos con el  $Fm/prmu/\gamma/d_i$  (Quota) frente a instancias de 270 unidades, nos permiten afirmar que PLEM es útil para resolver estos problemas.

## Referencias

- Aggoune R (2004) Minimizing the makespan for the flow shop scheduling problem with availability constraints. European Journal of Operational Research 153(3):534-543. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00261-3
- Bautista, J., Alfaro, R. (2018a) Mixed integer linear programming models for Flow Shop Scheduling with a demand plan of job types. Central european journal of operations research, 2018, p. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10100-018-0553-8>.