

Programación de la producción en entornos repetitivos con restricciones ergonómicas

Production programming in repetitive environments with ergonomic restrictions

Sabina Asensio-Cuesta y Pedro Gómez-Gasquet
Universitat Politècnica de València (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8732>

En la industria manufacturera es habitual encontrar actividades laborales donde los trabajadores están sometidos a movimientos excesivamente repetitivos, siendo éste uno de los factores de riesgo más comúnmente vinculados a los trastornos musculoesqueléticos (TME). La "falta de periodos de recuperación" aumenta la fatiga muscular y, por lo tanto, incrementa la probabilidad de que los trabajadores sufran TME (Colombini et al. 2002). En la actualidad se utilizan diversos métodos de evaluación ergonómica para determinar el nivel de riesgo al que se exponen los trabajadores al realizar movimientos repetitivos. En esta propuesta se ha optado por el método OCRA (*Occupational Repetitive Actions*) (Colombini et al., 2002). El método OCRA está incluido en las normas UNE-EN 1005-5:2007 e ISO 11228-3:2007.

En este trabajo se defiende la idea de que en los procesos operativos aplicados en las plantas productivas, una prevención de los TME sostenible debería basarse en el vínculo entre la programación de la producción y la prevención. El objetivo es que exista un balance entre el indicador de calidad vinculado a las secuencias y el bienestar de los trabajadores. Nuestra propuesta presenta un método para definir la secuenciación de trabajos en sistemas *flow-shop* dependientes del tiempo de *setup* (Allahverdi et al., 1999) considerando simultáneamente la productividad, minimizando el tiempo entre el inicio y el final de una secuencia o *makespan*, y la ergonomía, limitando el índice OCRA que indica el nivel de riesgo al que se expone el trabajador por repetitividad.

El método OCRA evalúa el riesgo según la frecuencia de las acciones técnicas (movimientos) requeridas en los puestos y la presencia de los siguientes factores de riesgo: posturas forzadas, repetitividad de movimientos, uso de guantes, tareas de precisión, exposición al frío, aplicación de fuerza, duración de la jornada laboral (turno) y número de horas sin recuperación. El método asocia un multiplicador a cada factor. El valor de estos multiplicadores está tabulado (Colombini et al., 2002) así

como en la UNE-EN 1005-5: 2007 y refleja cuánto se desvían las condiciones reales de trabajo en el puesto con respecto a unas condiciones de trabajo aceptables. El índice OCRA es el cociente entre dos valores: ATA (nº total de acciones técnicas realizadas en el turno por el trabajador) y RTA (nº total de acciones técnicas recomendadas en el turno). Si el índice OCRA es menor que 2.3, el nivel de riesgo de la tarea es bajo, el nivel de riesgo es medio si el índice OCRA está entre 2.3 y 3.5, y el riesgo es alto si el índice OCRA es mayor que 3.5.

El trabajo propone el uso de un modelo matemático que permite obtener secuencias y temporizar los trabajos del taller teniendo en cuenta el índice OCRA como parámetro que restringe el grado de penosidad máximo para cualquier trabajador. Este modelo considera que se trabaja en un taller de flujo con r etapas, un trabajador en cada etapa, donde deben procesarse n trabajos. Se hacen las siguientes suposiciones: (1) todos los trabajos están disponibles en el tiempo cero; (2) el tiempo de procesamiento y configuración de cada elemento es conocido y determinista; (3) no se permite ninguna preferencia; (4) las máquinas están disponibles en cualquier momento; (5) cada máquina puede procesar como máximo un trabajo a la vez; (6) cada trabajo se puede procesar en una máquina a la vez; (7) Se consideran tiempos de configuración dependientes de la secuencia; el tiempo de configuración considerado entre dos trabajos debe incluir al menos un periodo de tiempo de recuperación. (8) la operación del trabajo puede estar en pausa, trabajador en espera por recuperación con riesgo ergonómico limitado; y, (9) en cada etapa tiene que haber asignado un único trabajador (sin rotación). La definición del modelo matemático completo base del método propuesto se puede encontrar en (Asensio-Cuesta y Gómez-Gasquet, 2018).

Para aplicar el método propuesto los autores han realizado una serie de experimentos aplicándolo a un caso en una empresa del sector alimentario. Desde la perspectiva de la empresa en estudio, el método propuesto proporciona soluciones en las cuales pequeños incrementos en el *makespan* se traducen en la disminución de la previsión de la incidencia de TME por exposición a movimientos repetitivos. Así pues, el método propuesto demuestra ser una herramienta efectiva para la empresa a la hora de definir secuenciaciones de trabajos en talleres de flujo donde se minimiza el *makespan* y, al mismo tiempo, se incluyen periodos de recuperación ergonómicos del trabajo repetitivo para prevenir los TME de origen laboral.

En general el método es capaz de obtener secuenciaciones ergonómicas que contribuyen a prevenir los TME con el menor incremento del *makespan*. Aunque inicialmente se requiere un esfuerzo para evaluar con el método OCRA las estaciones de trabajo involucradas en la secuenciación, dicho esfuerzo se ve compensado en términos de prevención de TME. Después de comparar las secuenciaciones en un taller de flujo con y sin considerar aspectos ergonómicos, concluimos que el problema presentado es un desafío interesante desde el punto de vista de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] Allahverdi, A., Gupta, J. N., Aldowaisan, T. "A review of scheduling research involving setup considerations". *Omega*. 1999. Vol. 27-2, p.219-239.
- [2] Asensio-Cuesta, S., Gomez-Gasquet, P. "A model to design setup times sequence dependent flow-shop scheduling considering productivity and ergonomic". *DYNA New Technologies*. 2018. Vol 5-1. [15 P.] DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8632>
- [3] Colombini D, Occhipinti E, Grieco A. "Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs". Oxford: Elsevier. 2002.

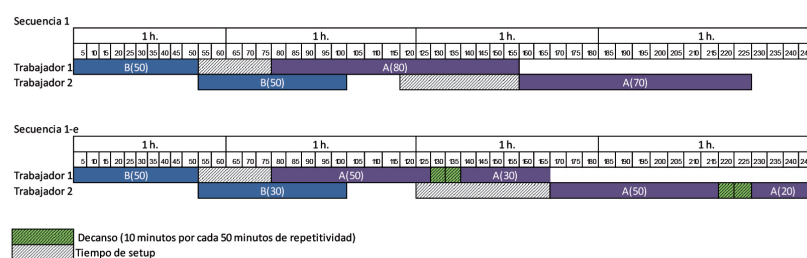


Fig. 1: Secuenciación sin restricciones ergonómicas (arriba) y con restricciones ergonómicas (abajo)