

## Determinación de las vacaciones y de la jornada laboral en un centro de servicios con trabajadores polivalentes y jornada anualizada \*

A. Corominas<sup>1</sup>, A. Lusa<sup>2</sup>, R. Pastor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dr. Ing. Industrial, IOC-DOE-ETSEIB, UPC, Av. Diagonal 647, 08028 Barcelona corominas@ioc.upc.es

<sup>2</sup> Ing. de Org. Industrial, IOC-DOE-ETSEIB, UPC, Av. Diagonal 647, 08028 Barcelona lusa@ioc.upc.es

<sup>3</sup> Dr. Ing. Industrial, DOE-ETSEIB, UPC, Av. Diagonal 647, 08028 Barcelona pastor@ioc.upc.es

### RESUMEN

*La anualización de la jornada laboral (posibilidad de distribuir de forma irregular las horas anuales contratadas a lo largo del año, respetando las condiciones establecidas en la ley y en los convenios colectivos) permite a las organizaciones adaptar la capacidad productiva a la demanda. Se propone un modelo de programación lineal mixta para resolver el problema de planificación del tiempo de trabajo y de las vacaciones, en una empresa de servicios con jornada anualizada y las siguientes características: jornadas semanales acotadas; restricciones derivadas de la ley francesa Aubry II; varios tipos de tareas y trabajadores polivalentes.*

**Palabras clave:** Planificación de recursos humanos, anualización de la jornada, programación lineal mixta.

### 1. Introducción.

La anualización de la jornada laboral consiste en contratar a los trabajadores por un cierto número de horas anuales y distribuir dichas horas a lo largo del año en función de la demanda, permitiendo un uso más eficiente de la capacidad potencial. Esta flexibilidad en el uso de los recursos humanos es especialmente útil cuando los productos no pueden almacenarse (como es el caso de los servicios).

La principal ventaja de la jornada anualizada es su reducido coste, comparado con otras opciones. Sin embargo, a menudo implica un empeoramiento de las condiciones laborales de los trabajadores debido a la realización de jornadas irregulares. Para minimizar dicho empeoramiento, la anualización de la jornada debe ser negociada y puede ir acompañada por algún tipo de compensación, ya sea de tipo económico o reduciendo el tiempo de trabajo (menos horas anuales, más vacaciones, etc.). Por otro lado, la distribución del tiempo de trabajo a lo largo del año debe respetar, en todo caso, lo establecido en la ley (Estatuto de los Trabajadores) y en el convenio colectivo. Para ello, suelen establecerse reglas, más o menos complejas, que impiden sobrecargar en exceso a los trabajadores en largos períodos de alta demanda.

La anualización de la jornada laboral da lugar a nuevos problemas de planificación y programación del tiempo de trabajo. Chan y Weil [1] proponen un método basado en el uso de la propagación de restricciones para determinar, en una única etapa, la planificación y la

---

\* Este trabajo se deriva del proyecto DPI2001-2176 (Organización del Tiempo de Trabajo, con Jornada Anualizada, en la Industria y en los Servicios).

programación diaria del tiempo de trabajo de un número muy reducido de operarios. Sin embargo, y como suele suceder con este tipo de problemas, parece necesario un enfoque jerárquico cuando el número de trabajadores alcanza dimensiones realistas, no necesariamente grandes. En [2] y en [3] se propone un método para resolver el problema en tres fases sucesivas: la planificación, la programación y la asignación de tareas. Por otro lado, en [4] se discuten las características de los problemas de anualización de jornada y se propone una clasificación de los mismos; en [5], [6] y [7] se resuelven diversos casos concretos de dimensiones industriales mediante la programación lineal mixta (PLM).

La organización del resto de este trabajo es la siguiente: la sección 2 introduce el problema; la sección 3 describe el modelo; y la sección 4 contiene las conclusiones.

## **2. Planificación de las vacaciones y de la jornada laboral en un centro de servicios con trabajadores polivalentes y jornada anualizada.**

El problema de planificación a resolver consiste en determinar el número de horas de trabajo semanales, para cada uno de los miembros de la plantilla de un centro de servicios (con distintos tipos de tarea y demanda estacional para toda tarea) y para cada una de las semanas del horizonte de planificación (por ejemplo, un año), minimizando el coste debido a horas extras y contratación de personal temporal (ya que se impone que debe cubrirse toda la demanda).

Se supone un cierto número de tareas a realizar y un cierto número de categorías, cada una de las cuales puede realizar uno o más tipos de tareas pero, en algunos casos, con eficiencias distintas (los trabajadores son polivalentes): para servir la demanda (expresada en horas) de un cierto tipo de tarea, algunas categorías pueden necesitar más tiempo que otras; se considera, para cada categoría y tipo de tarea, un parámetro que mide la eficiencia relativa: un valor de 0,9 expresa que un trabajador de dicha categoría necesita trabajar durante  $1/0,9$  horas para servir una demanda que otro trabajador con una eficiencia relativa igual a 1 podría servir en 1 hora.

Las condiciones que debe respetar la solución pueden derivarse de una disposición legal o del convenio colectivo. Se han considerado las condiciones reguladas en la ley francesa Aubry II, que establece básicamente lo siguiente: el número semanal de horas de trabajo está acotado inferior y superiormente (entre, por ejemplo, 25 y 45 h/semana); el número anual de horas de trabajo está acotado superiormente (por ejemplo 1600 h/año). El exceso debe ser considerado como horas extraordinarias, cuyo número anual está limitado (por ejemplo, el Estatuto de los Trabajadores fija un máximo de 80 horas extras anuales); y la media de horas de trabajo semanal, para cualquier grupo de doce semanas consecutivas, está acotada superiormente (por ejemplo a 44 h/semana).

Además, el acuerdo en el que se basa el caso de anualización planteado define que una semana de trabajo puede ser considerada como “débil” (si el número de horas es igual o inferior a un valor dado, por ejemplo 30 horas/semana) o “fuerte” (si el número de horas es superior a un cierto valor, por ejemplo 44 horas/semana). Para tener en cuenta las condiciones laborales de los trabajadores, el número anual de semanas “débiles” está acotado inferiormente (por ejemplo, a 10 semanas) y el número anual de semanas “fuertes” está acotado superiormente (por ejemplo, a 15 semanas).

Habitualmente las vacaciones se pactan con anterioridad; sin embargo, en algunos casos se puede pensar que éstas las planifique la empresa (respetando una serie de reglas como, por ejemplo, el tener 2 semanas consecutivas en invierno y cuatro en verano). De esta forma, la flexibilidad es mayor y por tanto aumenta la posibilidad de que los costes debidos a las horas extras y al personal temporal disminuyan, con lo que la empresa podría incluso ofrecer incentivos económicos a aquellos trabajadores que acepten dejar la determinación de sus vacaciones en manos de la empresa.

A continuación se resumen las características del problema:

- El número anual de horas de trabajo que realiza cada trabajador es conocido; el exceso debe ser considerado como horas extraordinarias.
- El número anual de horas extras está acotado superiormente.
- La jornada semanal está acotada inferior y superiormente.
- El número medio de horas de trabajo, en cualquier grupo de 12 semanas de trabajo consecutivas, no puede ser superior a 44 horas/semana.
- El número anual de semanas “débiles” está acotado inferiormente.
- El número anual de semanas “fuertes” está acotado superiormente.
- Cada trabajador debe realizar dos semanas consecutivas de vacaciones en invierno y cuatro en verano.
- Existe la posibilidad de contratar a personal temporal.
- Se desea cubrir toda la demanda, minimizando el coste debido a las horas extras y al personal temporal.

### 3. Modelo

#### Datos:

$W$	conjunto de trabajadores.
$T$	semanas del horizonte de planificación (normalmente 52).
$G$	número de categorías de trabajadores.
$C_i$	categoría del trabajador $i$ ( $\forall i \in W$ ).
$Q$	número de tipos de tarea.
$\tau_{gq}$	eficiencia relativa asociada a que los trabajadores de la categoría $g$ realicen tareas de tipo $q$ ( $g=1,\dots,G$ ; $q=1,\dots,Q$ ); $0 \leq \tau_{gq} \leq 1$ ( $\tau_{gq} = 0$ indica que la categoría $g$ no puede realizar la tarea $q$ ).
$H_i$	número de horas ordinarias del trabajador $i$ para el conjunto del año ( $\forall i \in W$ ).
$MY_i$	cota superior del número de horas extras anuales, para el trabajador $i$ ( $\forall i \in W$ ).
$hm_{it}, hM_{it}$	en caso de no realizar vacaciones, cota inferior y superior del número de horas de trabajo del trabajador $i$ en la semana $t$ ( $\forall i \in W$ ; $t=1,\dots,T$ ).
$L, h_L$	el promedio de horas de trabajo, en un grupo de $L$ semanas consecutivas, no puede ser superior a $h_L$ horas/semana.
$A, h_A$	$A$ es el número máximo de semanas “fuertes” en un año (es decir, semanas con una jornada superior a $h_A$ horas).
$B, h_B$	$B$ es el número mínimo de semanas “débiles” en un año (es decir, semanas con una jornada igual o inferior a $h_B$ horas); $B$ incluye las semanas de vacaciones en

	las que el número de horas de trabajo es igual a 0.
$e_{qt}$	número de horas de trabajo de tipo $q$ a ser cubiertas para la semana $t$ ( $q=1,\dots,Q$ ; $t=1,\dots,T$ ), considerando el tiempo que necesitaría para realizar la tarea una categoría con una eficiencia relativa igual a 1.
$CE_i$	coste de una hora extraordinaria para el trabajador $i$ ( $\forall i \in W$ ).
$CS_q$	coste de una hora de trabajo tipo $q$ realizado por personal que no pertenece a la plantilla ( $q=1,\dots,Q$ ).
$dv1_i, dv2_i$	para el trabajador $i$ , duración (en semanas) del primer y segundo bloque de vacaciones, respectivamente ( $\forall i \in W$ ).
$[t1_i, t2_i]$	para el trabajador $i$ , intervalo en el que puede realizar el primer bloque de vacaciones ( $\forall i \in W$ ).
$[t3_i, t4_i]$	para el trabajador $i$ , intervalo en el que puede realizar el segundo bloque de vacaciones ( $\forall i \in W$ ).

### Variables:

$x_{it}$	variable real y no negativa que indica el número de horas de trabajo del miembro del personal $i$ en la semana $t$ ( $\forall i \in W$ ; $t=1,\dots,T$ ).
$y_i$	variable real y no negativa que indica el número de horas extras anuales correspondientes al trabajador $i$ ( $\forall i \in W$ ).
$vc1_{it} \in \{0,1\}$	indica si el trabajador $i$ comienza el primer bloque de vacaciones en la semana $t$ ( $\forall i \in W$ ; $t=t1_i,\dots,t2_i-dv1_i+1$ ).
$vc2_{it} \in \{0,1\}$	indica si el trabajador $i$ comienza el segundo bloque de vacaciones en la semana $t$ ( $\forall i \in W$ ; $t=t3_i,\dots,t4_i-dv2_i+1$ ).
$a_{it} \in \{0,1\}$	si el número de horas de trabajo asignadas al trabajador $i$ en la semana $t$ es superior a $h_A$ , entonces la variable vale 1 ( $\forall i \in W$ ; $t=1,\dots,T$ ).
$b_{it} \in \{0,1\}$	si el número de horas de trabajo asignadas al trabajador $i$ en la semana $t$ es superior a $h_B$ , entonces la variable vale 0 ( $\forall i \in W$ ; $t=1,\dots,T$ ).
$u_{gqt}$	variable real y no negativa que indica el número de horas que todos los trabajadores de la categoría $g$ dedican a realizar tareas de tipo $q$ en la semana $t$ ( $g=1,\dots,G$ ; $q=1,\dots,Q$ ; $t=1,\dots,T$   $\tau_{gq} > 0$ ).
$hs_{qt}$	variable real y no negativa que indica las necesidades previstas (en horas) de tarea $q$ cubiertas por personal subcontratado en la semana $t$ ( $q=1,\dots,Q$ ; $t=1,\dots,T$ ).

### Modelo:

$$[MIN] Z = \sum_{\forall q \in Q} \sum_{t=1}^T CS_q \cdot hs_{qt} + \sum_{\forall i \in W} CE_i \cdot y_i \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = H_i + y_i \quad \forall i \in W \quad (2)$$

$$\sum_{(\forall g \in G) | (\tau_{gq} > 0)} \tau_{gq} \cdot u_{gqt} + hs_{qt} = e_{qt} \quad q = 1,\dots,Q; t = 1,\dots,T \quad (3)$$

$$\sum_{(\forall q \in Q) | (\tau_{gq} > 0)} u_{gqt} \leq \sum_{(\forall i \in W) | (C_i = g)} x_{it} \quad g = 1, \dots, G; t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$\sum_{t=j-L+1}^j x_{it} \leq h_L \cdot L \quad \forall i \in W; j = L, \dots, T \quad (5)$$

$$x_{it} \leq h_A + (hM_{it} - h_A) \cdot a_{it} \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^T a_{it} \leq A \quad \forall i \in W \quad (7)$$

$$x_{it} \leq hM_{it} + (h_B - hM_{it}) \cdot b_{it} \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum_{t=1}^T b_{it} \geq B \quad \forall i \in W \quad (9)$$

$$\sum_{t=t_{1i}}^{t_{2i}-dv_{1i}+1} vc1_{it} = 1 \quad \forall i \in W \quad (10)$$

$$\sum_{t=t_{3i}}^{t_{4i}-dv_{2i}+1} vc2_{it} = 1 \quad \forall i \in W \quad (11)$$

$$hm_{it} \leq x_{it} \leq hM_{it} \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \mid t \notin [t_{1i}, t_{2i}] \cup [t_{3i}, t_{4i}] \quad (12)$$

$$x_{it} \leq hM_{it} \cdot \left( 1 - \sum_{j=\max(t_{1i}, t-dv_{1i}+1)}^{\min(t, t_{2i}-dv_{1i}+1)} vc1_{ij} \right) \quad \forall i \in W; \forall t \in [t_{1i}, t_{2i}] \quad (13)$$

$$x_{it} \geq hm_{it} \cdot \left( 1 - \sum_{j=\max(t_{1i}, t-dv_{1i}+1)}^{\min(t, t_{2i}-dv_{1i}+1)} vc1_{ij} \right) \quad \forall i \in W; \forall t \in [t_{1i}, t_{2i}] \quad (14)$$

$$x_{it} \leq hM_{it} \cdot \left( 1 - \sum_{j=\max(t_{3i}, t-dv_{2i}+1)}^{\min(t, t_{4i}-dv_{2i}+1)} vc2_{ij} \right) \quad \forall i \in W; \forall t \in [t_{3i}, t_{4i}] \quad (15)$$

$$x_{it} \geq hm_{it} \cdot \left( 1 - \sum_{j=\max(t3_i, t-dv2_i+1)}^{\min(t, t4_i-dv2_i+1)} vc2_{ij} \right) \quad \forall i \in W; \forall t \in [t3_i, t4_i] \quad (16)$$

$$y_i \leq MY_i \quad \forall i \in W \quad (17)$$

La función objetivo a minimizar (1) se corresponde con el coste; (2) expresa, para cada trabajador, el balance anual de horas de trabajo; (3) expresa, para cada semana y tipo de tarea, el balance entre las horas de trabajo requeridas y las horas dedicadas por los trabajadores de la plantilla y los temporales; (4) expresa, para cada semana y categoría, el balance entre las horas dedicadas a realizar tareas y las horas disponibles; (5) impone, para cada trabajador, la cota superior al promedio de horas de trabajo para cualquier grupo de  $L$  semanas consecutivas; (6) y (7) imponen, para cada trabajador, la cota superior para el número de semanas “fuertes”; (8) y (9) imponen, para cada trabajador, la cota inferior para el número de semanas “débiles”; (10) y (11) imponen, para cada trabajador, que el bloque de vacaciones, dentro del tramo permitido, comienza únicamente en una de las semanas del mismo; (12), (13), (14), (15) y (16) imponen, para cada trabajador y semana, las cotas inferior y superior para la jornada semanal; y finalmente (17) impone, para cada trabajador, la cota superior para el número anual de horas extras.

Se ha realizado una amplia experiencia computacional con ejemplares con distintos perfiles de demanda, distintas matrices de eficiencias relativas (algunas jerárquicas y otras no) y distintas dimensiones (se ha aumentado el número de trabajadores desde 10 hasta 250), que ha permitido comprobar como el modelo puede resolverse de forma exacta y en tiempos satisfactorios (por ejemplo, para 100 trabajadores, el tiempo medio es de poco más de un minuto).

#### 4. Conclusiones

La anualización de la jornada laboral es una opción que permite obtener flexibilidad para ajustar la capacidad productiva a la demanda. Pero junto a ella surgen nuevos problemas, particularmente el correspondiente a la planificación de las jornadas semanales de los trabajadores a lo largo del año.

Este trabajo presenta un problema específico de planificación en empresas de servicios y un modelo matemático para resolverlo.

El modelo ha sido probado en una amplia experiencia computacional y se han obtenido resultados muy satisfactorios.

#### Referencias

- [1] Chan, P.; Weil, G. (2002). Using Multiple-level Models to solve large-scale employee scheduling. *Proceedings of the European Conference for Artificial Intelligence 2002*; July 21-26 2002, Lyon, France.

- [2] Corominas, A.; Pastor, R. (2000). Manpower planning and scheduling in services with seasonal demand. *Proceedings of the I World Conference on Production and Operations Management*. Machuca, J.A.D. and Mandakovic, T., eds. Sevilla.
- [3] Campbell, G.M.; Diaby, M. (2002). Development and evaluation of an assignment heuristic for allocation cross-trained workers. *European Journal of Operational Research*, 138, 9-20.
- [4] Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2002). Characteristics and classification of the annualised working hours planning problems. *Working paper*, IOC-DT-P-2002-18, Universitat Politècnica de Catalunya; Barcelona.
- [5] Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2002). Using MILP to plan annualised working hours. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 1101-1108.
- [6] Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2002). Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and joint holidays. *Working paper*, IOC-DT-P-2002-16, Universitat Politècnica de Catalunya; Barcelona.
- [7] Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R.; Sánchez, A. (2002). Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and cross-trained workers. *Working paper*, IOC-DT-P-2002-22, Universitat Politècnica de Catalunya; Barcelona.