

# ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE CARGAS DE TRABAJO

## ALGORITHM FOR COMPUTING WORKLOADS

Mauricio Becerra Fernández<sup>1,\*</sup>, Stefany Ayala Lozano<sup>1</sup>, Jenny Alexandra Astros Hernández<sup>1</sup>, Elsa Cristina González La Rotta<sup>1</sup>

### RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo un algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo, soportado en el análisis de estudios similares y la teoría del estudio de métodos y tiempos. El algoritmo se propone como un elemento de soporte para el análisis del nivel trabajo asignado a un cargo específico o a un grupo de trabajadores en un área determinada, ya sea en la industria de manufactura o de servicios, lo que permita nivelar el volumen de trabajo asignado mediante la definición de diversas alternativas que promuevan el aumento de la productividad, favorezcan la mejora en el clima y las condiciones laborales.

**Palabras claves:** Algoritmo, cargas de trabajo, productividad laboral.

### ABSTRACT

This paper presents the development an algorithm for computing workloads, supported in the analysis of similar studies and theory study methods and times. The algorithm is proposed as a support for the analysis of the level work assigned to a particular position or a group of workers in a given area, whether in the manufacturing industry or services, which allow to level the workload assigned by defining alternatives that promote increased productivity, promoting improvements in the working environment and working conditions.

**Keywords:** Algorithm, labor productivity, workloads.

### INTRODUCCIÓN

La asignación de labores en las organizaciones constituye un elemento fundamental en el desarrollo de sus operaciones, ya que como es conocido afecta la agilidad de los procesos y por ende la percepción de servicio por parte de los clientes, sin dejar a un lado que para la continuidad del negocio, los costos de mano de obra son relevantes a considerar en el diseño de las estrategias corporativas. Mediante el desarrollo de un algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo, se pretende brindar a las organizaciones una herramienta para la toma de decisiones en la asignación de labores por cargos y/o departamentos, lo que permita alcanzar estos objetivos corporativos y genere buenos resultados en las mediciones del clima laboral percibido por los trabajadores afectados.

La medición del trabajo impacta la productividad que en su definición más básica se considera

---

<sup>1</sup>Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia, mauriciobecerrafernandez@gmail.com

\*Autor para correspondencia: mbecerra@ucatolica.edu.co

como la relación entre resultados obtenidos y recursos empleados. Para Niebel and Freivalds (2004) “la única posibilidad para que una empresa o negocio crezca y aumente su rentabilidad es aumentar la productividad. El mejoramiento de la productividad se refiere al aumento de la producción por hora-trabajo o por tiempo empleado. Las técnicas fundamentales que dan como resultado incremento en la productividad son: métodos, estándares del estudio de tiempos (también conocido como medición del trabajo) y diseño del trabajo”.

Para Keller (2002) la carga de trabajo corresponde a “la demanda total colocada a una persona a medida que realiza una tarea” y por ende el aumento de la carga de trabajo puede reducir el rendimiento y la productividad en la tarea a realizar. Zandin and Maynard (2005) mencionan otros beneficios de la medición del trabajo, como lo son: reducción del tiempo y costos de desarrollo, mayor nivel de cobertura, simplificación de mantenimiento, mayor coherencia, mayor precisión, mejor entendimiento y aceptación, mejor uso de la tecnología, mayor facilidad de transporte y determinación del punto de referencia. Para Garcia (2005) “dos son los objetivos que se pueden satisfacer con la medición: incrementar la eficiencia del trabajo y proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como el de costos de programación de la producción, supervisión, etcétera”.

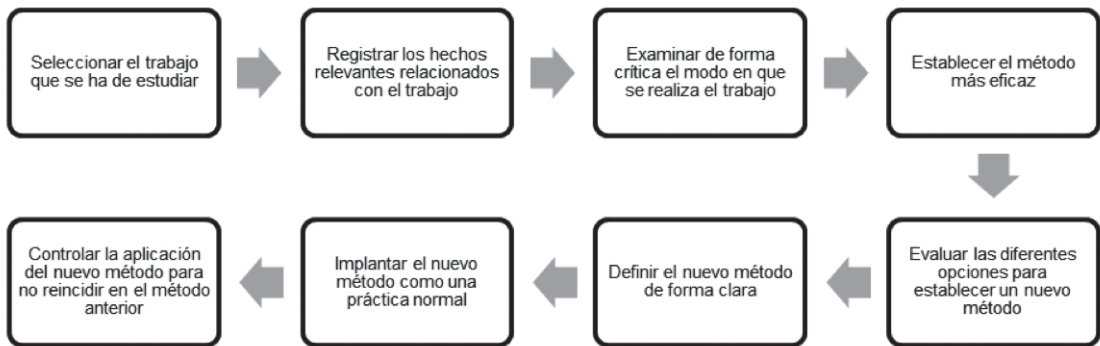
Por su parte Caso Neira (2006) señala que la medición del trabajo es empleada para fijar tiempos estándar de ejecución de una determinada actividad, que a su vez sirven como insumo para definir diagramas de operación. Adicionalmente establece que “la medida del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar, si es posible, el tiempo improductivo, sea cual sea la causa. Una vez conocido este tiempo improductivo, se pueden tomar medidas para eliminarlo o al menos minimizarlo”.

Vazquez and Borrell (2006) señalan que “la medición del trabajo, conocida también como cargas de trabajo, puede ser utilizada para varios propósitos tales como, la evaluación del desempeño del trabajador, la planeación de las necesidades de fuerza de trabajo, la determinación de la capacidad disponible, la determinación del precio o costo de un producto, la comparación de los métodos de trabajo, facilitación de la programación de operaciones y el establecimiento de incentivos salariales”. Para Riggs (2008) mediante la medición del trabajo “la finalidad es encontrar la maneras más eficiente de realizar las funciones necesarias, en la producción, implica el análisis de los sistemas de trabajos actuales y propuestos para lograr una transformación óptima de los insumos en los productos”. Huang (2009) argumenta que si se realiza un buen estudio de las cargas laborales, se puede identificar fácilmente los lugares donde se necesita una mejora y se indica que cambios se podrían realizar para mejorar la carga asignada al trabajador.

La Oficina Internacional del Trabajo (OIT) (2011) define “la carga de trabajo o el factor carga como la proporción del tiempo total del ciclo que tarda el obrero en ejecutar el trabajo necesario al ritmo tipo durante un ciclo condicionado por una maquina o proceso”. La carga de trabajo según la United States Agency for International Development (USAID) (2011) “es una metodología para determinar el tiempo, el esfuerzo y los recursos necesarios para llevar a cabo las operaciones de un departamento, lo que resulta en la identificación de las necesidades reales de la organización de los recursos humanos, tanto en términos de calidad y cantidad, el desarrollo de estos recursos para alcanzar las metas y estrategias que la organización quiere lograr en los varios sitios de trabajo”. Adicionalmente es de considerar que para la OIT (2011) “el propósito de este análisis es revelar la naturaleza e importancia del tiempo improductivo, sea cual fuere su causa, a fin de eliminarlo, y fijar unas normas de rendimiento que solo se cumplirán si se elimina todo el tiempo improductivo”.

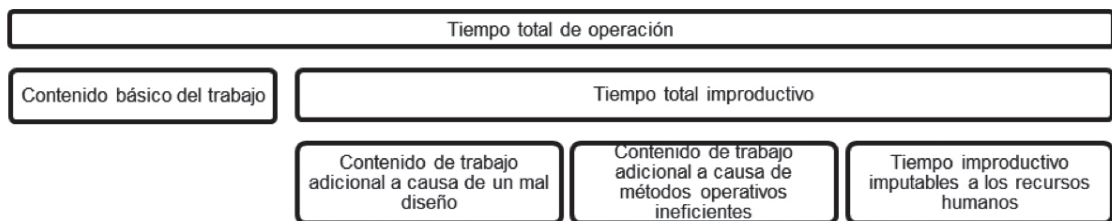
Dentro de las técnicas para el estudio del trabajo se encuentra el estudio de métodos, que como lo define la OIT (2011) consiste en “el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar las actividades, con el fin de efectuar mejoras”. Para Niebel and Freivalds (2004) el estudio de métodos se define como “el registro, examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces de reducir costos”.

Las etapas del estudio de métodos se presentan en la figura 1.



**Figura 1.** Etapas del estudio de métodos

El estudio de cargas de trabajo puede considerarse parte del estudio del trabajo, para la OIT (2011) el estudio del trabajo es: “el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando”. Con este estudio se busca eliminar todos movimientos o tiempo improductivo que estén disminuyendo la productividad. El estudio del trabajo indica en que se dividen los tiempos del trabajador, esto con el fin de determinar que tiempos son esenciales y cuales se pueden eliminar. Los tiempos incluidos en el tiempo total de operación se muestran en la figura 2.



**Figura 2.** Composición del tiempo total de operación

El contenido básico para el desarrollo del trabajo, está constituido por el tiempo en que se debería realizar una operación si no se presentaran inconvenientes en su ejecución, pero debido en algunos casos a la presencia de contenido excesivo de trabajo, se pueden presentar desviaciones en los métodos empleados, lo que repercute en la generación de tiempo improductivo. Los elementos que se encuentran en el tiempo improductivo se refieren a aquellos procesos o diseños que están afectando la productividad, ya sea por diseños deficientes, mala planificación, utilización inadecuada de los materiales, mala ejecución del trabajo, entre otros. Es por esto, que al realizar el análisis de las cargas de trabajo uno de sus objetivos es eliminar estos tiempos improductivos que afectan la productividad de la operación.

La medición de las actividades juega un papel fundamental en el estudio del trabajo, Caso Neira define la medición como “una técnica que persigue el establecimiento de un estándar que será asignado para la realización de un trabajo concreto. Se basa en la medida del contenido de trabajo en el método que se establece para realizar una operación, teniendo en cuenta la fatiga del trabajador y los retrasos personales inevitables. Entendiendo por contenido de trabajo a la cantidad de trabajo que debe de realizarse para hacer una tarea” como lo define Caso Neira (2006). Garcia (2005) menciona que la medición del trabajo toma

un papel relevante cuando “la mano de obra sufre gran influencia al mismo tiempo que el supervisor siente la necesidad de saber si se está empleando de manera eficiente el esfuerzo de los operadores, si cada una de las operaciones realizadas por estos es ejecutada en el tiempo correcto y si la administración se apoya en bases sólidas para elaborar los programas de producción”.

En cuanto a la medición sobre los trabajadores calificados, Garcia (2005) establece que: “la medición del trabajo es un medio investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevar a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida”, para la OIT (2011) “la medición del trabajo consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución establecida”.

Diaz (2009) resalta los inconvenientes presentes en el desarrollo de la medición del trabajo al establecer que “medir es difícil, la medición precede al castigo, no hay tiempo para medir, hay cosas imposibles de medir, es más costoso medir que hacer, desarrollar la medición quita agilidad al proceso que se mide, la medición tiene que ver mucho con matemáticas y estadística que son concebidas como tabú por la mayoría de personas”.

Las etapas que hacen parte de la medición del trabajo se presenta en la figura 3.



**Figura 3.** Etapas de la medición del trabajo

De esta manera, la medición del trabajo se presenta en resumen como un conjunto de técnicas que permiten determinar el tiempo que tarda un trabajador cualificado en realizar una tarea utilizando un método preestablecido, teniendo en cuenta algunos retrasos o disminuciones por tiempos de descanso y fatiga entre otros.

### Estudio de tiempos

El estudio de tiempos hace parte de la medición del trabajo y por ende como lo define la OIT (2011): “una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los métodos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida”.

La elección de una tarea para que le sea aplicado el estudio de tiempos principalmente puede estar motivada por: la existencia de una novedad en su ejecución, inconformidad y petición de los trabajadores, aparición de cuellos de botella, necesidad de balanceo de línea, fijación de tiempos estándar antes de implementar un sistema de remuneración por rendimiento, bajo rendimiento, preparación de un estudio de métodos y costo aparentemente excesivo de algún trabajo realizado.

En el desarrollo del estudio de tiempos es primordial la selección del trabajador al que se le aplica, la OIT (2011) los clasifica en los trabajadores llamados “representativos” y los “calificados”. El trabajador representativo es aquel cuya competencia y desempeño corresponden al promedio del grupo estudiado, por su parte el trabajador calificado es aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad. Para el estudio de tiempos es recomendable seleccionar un trabajador calificado, como patrón que

pueda alcanzar y mantener un trabajador calificado sin excesiva fatiga.

Para la selección de un trabajador calificado de acuerdo con Niebel and Freivalds (2004), el operario debe estar bien entrenado en el método a utilizar, tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien. Debe estar familiarizado con los procedimientos del estudio de tiempos y su práctica, y tener confianza en los métodos de referencia así como en el propio analista. Es deseable que el operario tenga espíritu de cooperación, de manera que acate las sugerencias hechas por el supervisor y el analista. En trabajos en que participa un solo operario, el analista debe ser muy cuidadoso al establecer su calificación de actuación y es muy importante que el método empleado sea el correcto.

En el desarrollo del estudio de tiempos se debe determinar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben efectuarse para cada tarea, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminados.

La oficina internacional del trabajo propone un método estadístico o un método tradicional. Con el método estadístico, hay que efectuar cierto número de observaciones preliminares ( $n'$ ) y luego aplicar la fórmula siguiente para un nivel de confianza de 95,45 por ciento y un margen de error de  $\pm 5$  por ciento. Niebel and Freivalds (2004) realizan el cálculo empleando la ecuación (1).

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \tag{1}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra a determinar.

$n'$  = Número de observaciones del estudio preliminar.

$x$  = Valor de las observaciones.

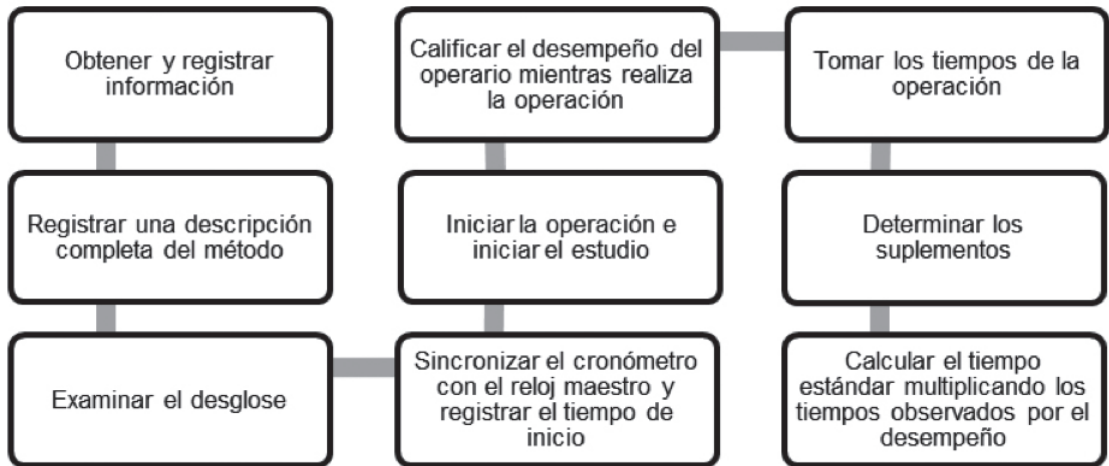
Respecto al método tradicional, algunos como la General Electric han adoptado una guía convencional para determinar el número de ciclos que cronometrarán, la guía se basa en el número total de minutos por ciclo (OIT, 2011).

**Tabla 1.** Tamaño de la muestra (método tradicional)

Minutos por ciclo	Hasta 0,10	Hasta 0,25	Hasta 0,50	Hasta 0,75	Hasta 1,00	Hasta 2,00	Hasta 5,00	Hasta 10,00	Hasta 20,00	Hasta 40,00	Más de 40,00
Número de ciclos sugeridos	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Otros métodos emplean el uso del nomograma, el cual considera el grado de precisión, la media aritmética y el valor medio del rango en una escala N.

De manera consolidada en la figura 4 se muestra los pasos para el estudio de tiempos.



**Figura 4.** Pasos para el estudio de tiempos

### Tiempo estándar

El tiempo estándar se define como el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo (OIT, 2011). García (2005) define el tiempo estándar como el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad que puede mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

Para calcular el tiempo estándar se deben tener en cuenta las tolerancias que pueden ser: personales, necesidades físicas de los trabajadores, tolerancias por fatiga, entre otras.

Algunas de las aplicaciones del tiempo estándar según García (2005) son: “determinar el salario devengable por esa tarea específica, apoyar la planeación de la producción, facilita supervisión, ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos, ayuda a establecer cargas de trabajo, ayuda a formular un sistema de costos estándar, proporciona costos estimados, proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control ayuda a entrenar nuevos trabajadores.

El tiempo estándar se calcula según la fórmula que se relaciona en la ecuación 2.

$$TN = TR \times FR \quad SP = TN \times FR \quad TS = TN + SP \quad (2)$$

Donde:

*TN* = Tiempo normal.

*TR* = Tiempo del reloj.

*FR* = Factor de ritmo o actividad.

*SP* = Suplementos.

*K* = Factor de suplementos.

*TS* = Tiempo estándar.

### Técnicas de la medición del trabajo

Las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son:

- Clasificación de acuerdo al empleo de las medidas de tiempo.

- Métodos en los que no se utilizan medidas de tiempo.
- Estimación: el cálculo del tiempo estándar es subjetivo, por lo general por personas de experiencia en la ejecución de trabajos similares.
- Datos históricos: en algunas organizaciones se emplean fichas para cada tarea donde anotan la duración de la misma, estos datos se pueden utilizar para calcular los tiempos estándar, este se puede calcular según la ecuación (3).

$$TS = \frac{To + 4Tm + Ta}{6} \quad (3)$$

Donde:

*TS* = Tiempo estándar.

*To* = Tiempo óptimo registrado.

*Tm* = Tiempo modal.

*Ta* = Tiempo más absoluto.

Uno de los propósitos de la medición del trabajo es la evaluación del desempeño de los trabajadores, Díaz (2009) considera que “la gerencia del desempeño propone un enfoque sistemático aplicado en la administración de los recursos humanos en el día a día en el ambiente de trabajo orientado a evaluar los resultados esperados en la ejecución de un proceso. Niebel and Freivalds (2004) definen el desempeño estándar como “el nivel de desempeño logrado por un operario con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbradas a un paso no muy rápido ni muy lento, pero representativo de uno que se puede mantener durante todo el día”. La OIT (2011) define el desempeño estándar como “el rendimiento que obtiene naturalmente y sin forzarse los trabajadores calificados, como promedio de la jornada o turno, siempre que conozcan y respeten el método especificado y que se les haya motivado para aplicarse. A ese desempeño corresponde el valor 100 en las escalas de valoración del ritmo y del desempeño”.

### Métodos en los que se utilizan medidas de tiempo

Algunos de los métodos empleados en la medición de tiempos son:

- Muestreo de trabajo: se emplea cuando es necesario calcular los tiempos estándar de varias tareas realizadas en puestos de trabajo diferentes. El tiempo estándar se calcula según la ecuación (4).

$$TS = \frac{TE \times p \times FR(1-K)}{n} \quad TR = TE \times p \quad (4)$$

Donde:

*TE* = Tiempo empleado para producir *n* piezas.

*p* = Porcentaje medio en el que el operario está trabajando.

*FR* = Factor de ritmo.

*K* = Porcentaje de suplementos de trabajo.

*n* = Número de piezas que contiene el lote.

*TR* = Tiempo del reloj.

- Estudio de tiempos: esta técnica es la más utilizada y calcula el tiempo estándar mediante el uso del cronometro.
- Tiempos predeterminados: se basa en descomponer las tareas en micro movimientos, éstos se valoran de acuerdo con una tabla predefinida y el tiempo estándar es la suma de los tiempos elementales.
- Datos tipo: la organización define cronometradores que calculan los tiempos estándar para crear sus tablas y prosiguen con la técnica de tiempos predeterminados.

## **Análisis de la carga de trabajo**

Mediante el análisis de la carga de trabajo se determinan los recursos necesarios y el esfuerzo para llevar a cabo las diferentes operaciones, identificando las necesidades reales que se presentan para el recurso humano, definiendo necesidades de modificación en la asignación laboral con miras a la consecución de las metas establecidas.

La Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (Eurocontrol) (2003) considera que “la carga de trabajo se define operacionalmente en términos de factores tales como los requisitos de la tarea o el esfuerzo que debe ser invertido para realizarla. Sin embargo, no es aconsejable tener en cuenta sólo un aspecto de la carga de trabajo, ya que estos factores se relacionan entre sí de manera compleja”. Adicionalmente se establece que la cantidad de esfuerzo empleado en una tarea (es decir, la asignación de recursos de procesamiento consciente mentales), probablemente se acerca más a las nociones intuitivas de la naturaleza de la carga de trabajo. Sin embargo, cuando se somete a mayores demandas de la tarea, el individuo puede elegir no aumentar el nivel de esfuerzo. Bajo estas circunstancias, el desempeño de la tarea puede disminuir, pero sólo las medidas de esfuerzo podrían llevar a la conclusión errónea de que la carga de trabajo no había cambiado.

La USAID (2011) resalta el impacto que puede causar el análisis de las cargas de trabajo en la satisfacción del servicio al cliente, ya que por medio de este análisis se lleva a cabo la redistribución del asignación laboral dependiendo el análisis realizado, con esta redistribución se puede lograr el aumento en la eficacia en la ejecución de los procedimientos, lo que impacta la satisfacción del cliente con miras a la sostenibilidad del negocio. Algunos factores clave para su desarrollo son:

- Identificar necesidades reales en términos de calidad y cantidad.
- Basándose en las necesidades reales se crean necesidades de formación actuales y futuras facilitando programas de capacitación para los empleados.
- Mantener un adecuado número de empleados para asegurar de no retrasar el proceso.

Para Heaps *et al.* (1999) en algunas compañías el análisis de cargas de trabajo es un paso inicial para llegar a la mejora continua de la calidad, ya que con esta logran mejorar los resultados de los procesos. Hendry *et al.* (2008) en un análisis sobre el control de cargas de trabajo, aplican métodos de planificación y control indicando que algunos estudios realizados para este modelo revelan que tiene potencial para mejorar el rendimiento. Vardi (2009) analiza algunos modelos de cargas de trabajo, estudiando las ventajas y desventajas de cada uno, llegando a la conclusión que según la aplicación que se realice del modelo, se puede dar una distribución equitativa de las cargas o puede generar efectos negativos en el clima laboral involucrado.

Liederbach *et al.* (2011) en un análisis de cargas de trabajo concluyeron que estas cargas proporcionan datos sobre las actividades realizadas durante un turno laboral y exploran las oportunidades para aumentar la productividad. Según Locke *et al.* (2011) dentro de los beneficios que se han encontrado en los análisis de cargas de trabajo, se encuentra un estudio realizado en un grupo de enfermeras en Inglaterra, donde se evidenció que después de la aplicación de los resultados del estudio, se logró mayor motivación en el personal y mayor rendimiento. Para Moriguchi *et al.* (2011) cuando se presenta sobrecarga de trabajo se pueden presentar problemas de salud, con el análisis de cargas de trabajo se puede realizar una identificación temprana de los diferentes factores que pueden afectar al trabajador definiendo a la vez prioridades para intervenciones ergonómicas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

En torno al desarrollo del estudio de cargas de trabajo, se propone un modelo matemático. A continuación se relaciona los subíndices que se utilizan en el modelo:



$i$ : Actividad  $i$  realizada por el trabajador  $k$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ )  
 $j$ : Ciclo  $j$  para la actividad  $i$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ )  
 $k$ : Trabajador  $k$  a evaluar en el cargo  $l$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ )  
 $l$ : Cargo  $l$  a evaluar ( $l = 1, 2, \dots, L$ )  
 $m$ : Periodo  $m$  en el que se realiza el análisis del cargo  $l$  (mensual, quincenal, por turno, etc ...)  
 $I$ : Total de actividades realizadas  
 $J$ : Total de ciclos para la actividad  $i$   
 $K$ : Total de trabajadores a analizar  
 $L$ : Total de cargos a evaluar

Los siguientes son los parámetros que se tendrán en cuenta en el momento de su desarrollo:

$Dl_{km}$ : Días laborados por el trabajador  $k$  en el periodo  $m$   
 $Tp_{ik}$ : Estimación de tiempo dado en la actividad  $i$  por el trabajador  $k$  [minutos]  
 $Tr_{ij}$ : Tiempo registrado de la actividad  $i$  en el ciclo  $j$  [minutos]  
 $Ve_{ki}$ : Volumen de trabajo estimado por el trabajador  $k$  de la actividad  $i$   
 $Fe_{ki}$ : Frecuencia estimada por el trabajador  $k$  de la actividad  $i$   
 $Fc_{kim}$ : Factor de conversión de la frecuencia estimada por el trabajador  $k$  de la actividad  $i$  en el periodo  $m$   
 $F_{ki}$ : Porcentaje de fatiga del trabajador  $k$  en el desarrollo de la actividad  $i$   
 $Ds_k$ : Días laborados por el trabajador  $k$  en una semana  
 $D_{ki}$ : Calificación del desempeño del trabajador  $k$  en la actividad  $i$   
 $Ht_k$ : Tiempo normal de trabajo para el trabajador  $k$ , por día de trabajo [minutos]  
 $Hd_k$ : Tiempo de descanso para el trabajador  $k$ , por día de trabajo [minutos]

Las siguientes son las variables incluidas en el modelo:

$\overline{Tr}_{ij}$ : Tiempo promedio de la actividad  $i$  para los ciclos  $j$   
 $Pe_{im}$ : Volumen total de la actividad  $i$  en el periodo  $m$   
 $TN_{kim}$ : Tiempo normal del trabajador  $k$  en realizar la actividad  $i$  en el periodo  $m$ , [minutos]  
 $TS_{kim}$ : Tiempo estándar del trabajador  $k$  en realizar la actividad  $i$  en el periodo  $m$ , [minutos]  
 $Tt_{kim}$ : Tiempo total del trabajador  $k$  en realizar todas las actividades  $i$  en el periodo  $m$  [minutos]  
 $Td_{kim}$ : Tiempo disponible del trabajador  $k$  para realizar las actividades  $i$  en el periodo  $m$  [minutos]  
 $FTE'S_k$ : Full Time Equivalent del trabajador  $k$   
 $Tdia_k$ : Tiempo utilizado en un día por el trabajador  $k$  [minutos]  
 $P_{km}$ : Sobrecarga del trabajador  $k$  en el periodo  $m$  [minutos]

Estas variables son necesarias para el análisis de un puesto de trabajo, cuando se desea realizar un análisis global de un grupo de trabajadores se determinan las siguientes variables:

$CT_{klm}$ : Carga total de todos los trabajadores  $k$  del cargo  $l$  en el periodo  $m$  [minutos]  
 $TTd_{kilm}$ : Tiempo total disponible de los trabajadores  $k$  en realizar las actividades  $i$  del cargo  $l$  en el periodo  $m$  [minutos]  
 $\%SCT_{kl}$ : Porcentaje de sobrecarga total de los trabajadores  $k$  del cargo  $l$   
 $SCT_{klm}$ : Sobrecarga total de los trabajadores  $k$  del cargo  $l$  en el periodo  $m$  [minutos]  
 $SCTdia_{kl}$ : Sobrecarga diaria de los trabajadores  $k$  del cargo  $l$  [minutos]

Una vez definidos los subíndices, parámetros y variables; los siguientes son los pasos del desarrollo del algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo:

- Determinar el cargo  $l$  a analizar
- Determinar el trabajador  $k$  que desempeña el cargo  $l$
- Determinar  $m$
- Determinar la actividad  $i$  que realiza el trabajador  $k$
- Determinar  $Tp_{ik}$
- Determinar el número de  $j$  para cada  $i$  (ver tabla 1)
- Mediante cronometro definir  $Tr_{ij}$
- Registrar  $Tr_{ij}$  en minutos, en una hoja de registro

Hallar :  $\overline{Tr}_{ij}$ :

$$\overline{Tr}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^J Tr_{ij}}{J} \quad \forall i \quad (5)$$

- Determinar  $Ve_i$
- Determinar  $Fe_i$

Seleccionar  $Fc_{kim}$  teniendo en cuenta el periodo  $m$  y  $Fe_{ki}$ , de la siguiente forma:

Se debe tomar como referencia la tabla 2 y la siguiente restricción:

$$Ds_k \leq 6 \text{ días} \wedge Ht_k \leq 480 \text{ minutos}$$

**Tabla 2.** Tabla para calcular  $Fc_{kim}$

$Fe_{ki}$	Periodo $m$								
	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	Bimestral	Trimestral	Cuatri mestral	Semestral	Anual
Diario	1	$Ds_k$	$2Ds_k$	$4Ds_k$	$8Ds_k$	$12Ds_k$	$16Ds_k$	$24Ds_k$	$48Ds_k$
Semanal	$\frac{1}{Ds_k}$	1	2	4	8	12	16	24	48
Quincenal	$\frac{1}{2Ds_k}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	6	8	12	24
Mensual	$\frac{1}{4Ds_k}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	6	12
Bimestral	$\frac{1}{8Ds_k}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3	6
Trimestral	$\frac{1}{12Ds_k}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{4}{3}$	2	4
Cuatri mestral	$\frac{1}{16Ds_k}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{3}{2}$	3
Semestral	$\frac{1}{24Ds_k}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	2
Anual	$\frac{1}{48Ds_k}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

De acuerdo con la tabla 2 se selecciona  $Fc_{kim}$ , como muestra a continuación:

$$Fc_{kim} = \begin{cases} 1, Sim = diario \wedge Fe_{ki} = diario \\ Ds_k, Sim = semanal \wedge Fe_{ki} = diario \\ \vdots \\ 1, Sim = anual \wedge Fe_{ki} = diario \end{cases} \quad \forall i \quad (6)$$

Calcular  $Pe_{im}$ :

$$Pe_{im} = Fc_{kim} \times Ve_{ki} \quad \forall i \quad (7)$$

Determinar  $D_{ki}$ , de acuerdo con el desempeño observado por el analista encargado de las mediciones en el estudio.

Hallar el tiempo normal  $TN_{kim}$ :

$$TN_{kim} = (\overline{Tr}_{ij} \times Pe_{im}) \times (1 + D_{ki}) \quad \forall i \quad (8)$$

Determinar  $F_{ki}$ , de acuerdo con las condiciones de trabajo observadas por el analista.

Hallar el tiempo estándar  $TS_{kim}$ :

$$TS_{kim} = TN_{kim} * (1 + F_{ki}) \quad \forall i \quad (9)$$

Hallar  $Tt_{kim}$ :

$$Tt_{km} = \sum_{i=1}^I TS_{kim} \quad (10)$$

Determinar  $Td_{kim}$ : De acuerdo con el tiempo realmente disponible del trabajador, los turnos de trabajo y los tiempos estándar de descanso.

Para determinar  $Dl_{km}$  se debe tener en cuenta lo siguiente:

$$Dl_{km} = \begin{cases} 1, \text{Si } m = \text{diario} \\ Ds_k, \text{Si } m = \text{semanal} \\ 2Ds_k, \text{Si } m = \text{quincenal} \\ 4Ds_k, \text{Si } m = \text{mensual} \\ 8Ds_k, \text{Si } m = \text{bimensual} \\ 12Ds_k, \text{Si } m = \text{trimestral} \\ 16Ds_k, \text{Si } m = \text{cuatrimestral} \\ 24Ds_k, \text{Si } m = \text{semestral} \\ 48Ds_k, \text{Si } m = \text{anual} \end{cases} \quad (11)$$

$$Td_{kim} = Dl_{km} \times (Ht_k - Hd_k) \quad \forall k \quad (12)$$

Hallar  $FTE'S_k$ :

$$FTE'S_k = \frac{\Sigma TS_{kim}}{Td_{km}} = \frac{Tt_{km}}{Td_{km}} \quad \forall k \quad (13)$$

Hallar  $Tdia_k$ :

$$Tdia_k = \frac{\Sigma TS_{kim}}{Dl_{km}} = \frac{Tt_{km}}{Dl_{km}} \quad \forall k \quad (14)$$

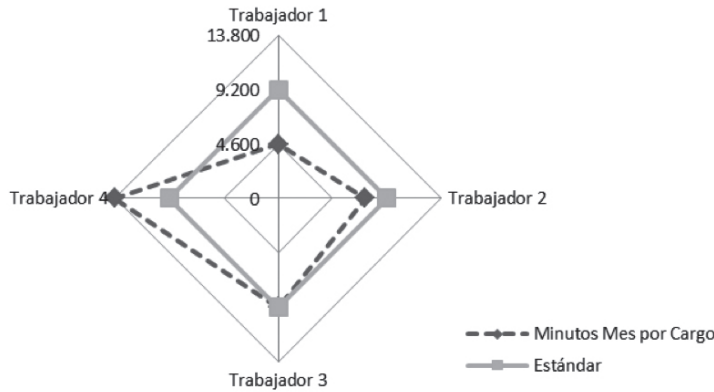
Hallar  $P_{km}$ :

$$P_{km} = Td_{km} - Tt_{km} \quad \forall k \quad (15)$$

Finalmente se define si el trabajador tiene tiempo ocioso, sobrecarga o se encuentra nivelado:

$$\begin{aligned}
 &P_{km} < 0; FTE'S_k < 1; \text{ el trabajador } k \text{ que desempeña el cargo } l, \text{ tiene tiempo ocioso} \\
 &P_{km} > 0; FTE'S_k > 1; \text{ el trabajador } k \text{ que desempeña el cargo } l, \text{ tiene sobrecarga} \\
 &P_{km} = 0; FTE'S_k = 1; \text{ el trabajador } k \text{ que desempeña el cargo } l, \text{ se encuentra nivelado}
 \end{aligned} \tag{16}$$

En la figura 5 se puede observar un análisis gráfico de los resultados posibles:



Trabajador		Trabajador 1 y 2	Trabajador 3	Trabajador 4
Evaluación carga		Carga al 50% y 80%, Tiempo ocioso	Carga nivelada	Sobrecarga del 50%
Conclusión	Trabajador $k$	$P_{km} < 0; FTE'S_k < 1$	$P_{km} = 0; FTE'S_k = 1$	$P_{km} > 0; FTE'S_k > 1$
	Cargo $l$	$\%SCT_{kl} < 0; SCT_{klm} < 0$	$\%SCT_{kl} = 0; SCT_{klm} = 0$	$\%SCT_{kl} > 0; SCT_{klm} > 0$

Figura 5. Representación gráfica de los resultados obtenidos con el modelo

### Análisis de cargas de trabajo para dos o más trabajadores en el mismo cargo

Este análisis se realiza cuando son varios trabajadores  $k$  en el mismo cargo  $l$  desempeñando actividades  $i$  diferentes. Para este análisis se tienen en cuenta los siguientes pasos:

Realizar el análisis presentado por trabajador.

Hallar  $CT_{klm}$ :

$$CT_{klm} = \sum_{k=1}^K Tt_{kim} \quad \forall l \tag{17}$$

Hallar  $TTd_{kilm}$ :

$$TTd_{kilm} = \sum_{k=1}^K Td_{kim} \quad \forall l \tag{18}$$

Hallar  $\%SCT_{kl}$ :

$$\%SCT_{kl} = \sum_{k=1}^K (FTE'S_k - 1) \times 100 \quad \forall l \tag{19}$$

Hallar  $SCT_{klm}$ :

$$SCT_{klm} = CT_{klm} - TTd_{klm} \quad \forall l \quad (20)$$

Hallar  $SCTdia_{kl}$ :

$$SCTdia_{kl} = \frac{SCT_{klm}}{Dl_{km}} = \frac{CT_{klm} - TTd_{klm}}{Dl_{km}} \quad \forall l \quad (21)$$

Finalmente se define si el grupo de trabajo tiene tiempo ocioso, sobrecarga o se encuentra nivelado:

$\%SCT_{kl} < 0; SCT_{klm} < 0$ ; el grupo de trabajo *l* tiene tiempo ocioso  
 $\%SCT_{kl} > 0; SCT_{klm} > 0$ ; el grupo de trabajo *l* tiene sobrecarga  
 $\%SCT_{kl} = 0; SCT_{klm} = 0$ ; el grupo de trabajo *l* se encuentra nivelado

(22)

## RESULTADOS

El algoritmo de cargas de trabajo se aplicó en un cargo de una empresa manufacturera. En la tabla 3 se muestra los valores que se generaron como resultado del algoritmo mediante hoja de cálculo de Microsoft Excel®.

**Tabla 3.** Análisis carga de trabajo inicial (aplicación en manufactura)

N°	Actividad (i)	Tpik (min)	# Ciclos (j)	Promedio Trij	Veki	Feki	Fokim	Peim	Habilidad	Calificación habilidad	Esfuerzo	Calificación esfuerzo	Dki	Tnkim	Fki	Tskim
1	Recibir el turno - informe de novedades	5	15	4,93	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	5,43	0,35	7,32
2	Actualización general del cuadro caída de jet	20	8	19,85	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	21,84	0,35	29,48
3	Recorrido por la planta para hablar con los supervisores para conocer novedades	10	10	9,96	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	10,96	0,35	14,79
4	Revisar los inventarios de tela cruda	10	10	10,07	3	Diario	1	3	B2	0,08	C2	0,02	0,1	33,22	0,35	44,85
5	Revisar el cuadro de pedidos del día	5	15	4,88	20	Diario	1	20	B2	0,08	C2	0,02	0,1	107,29	0,35	144,84
6	Asignar la tela a los pedidos	5	15	5,07	20	Diario	1	20	B2	0,08	C2	0,02	0,1	111,58	0,35	150,64
7	Programar las máquinas	5	15	4,85	22	Diario	1	22	B2	0,08	C2	0,02	0,1	117,45	0,35	158,56
8	Actualizar el cuadro caída de jet	1	30	1,00	22	Diario	1	22	B2	0,08	C2	0,02	0,1	24,14	0,35	32,59
9	Programar reprocesos	5	15	5,04	2	Diario	1	2	B2	0,08	C2	0,02	0,1	11,08	0,35	14,95
10	Subir las hojas de programa al laboratorio	5	15	4,95	5	Diario	1	5	B2	0,08	C2	0,02	0,1	27,25	0,35	36,78
11	Llevar hojas de programa a las planillas de las lavadoras	5	15	5,09	5	Diario	1	5	B2	0,08	C2	0,02	0,1	27,99	0,35	37,79
12	Entregar turno - informar novedades	5	15	4,85	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	5,34	0,35	7,21
															Ttkim	679,81
															Tdkim	460,00
															FTE's	1,48
															Tdia k	679,81
															Pkm	-219,81

La carga inicialmente analizada presenta una sobrecarga del 48% ya que el cálculo de FTE's es de 1,48, lo que no es conveniente para el desarrollo de las funciones asignadas, Dada esta situación, se realiza un análisis, reconfiguración y ajuste de las actividades asignadas con el objetivo de nivelar la carga de trabajo, El resultado de los ajustes realizados (ver tabla 4) muestran un requerimiento de FTE's de 1,11, lo que favorece el desarrollo de las labores al considerar una carga nivelada o muy cercana a 1 FTE,

**Tabla 4.** Análisis carga de trabajo con modificaciones (aplicación en manufactura)

N°	Actividad (i)	Tpik (min)	# Ciclos (i)	Promedio Trij	Ve/ki	Fe/ki	Fckim	Peim	Habilidad	Calificación habilidad	Esfuerzo	Calificación esfuerzo	Dki	Tnkim	Fki	Tskim
1	Recibir el turno - informe de novedades	5	15	4,93	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	5,43	0,14	6,18
2	Actualización general del cuadro caída de jet	20	8	19,85	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	21,84	0,14	24,90
3	Recorrido por la planta para hablar con los supervisores para conocer novedades	10	10	9,96	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	10,96	0,14	12,49
4	Revisar los inventarios de tela cruda	10	10	10,07	3	Diario	1	3	B2	0,08	C2	0,02	0,1	33,22	0,14	37,87
5	Revisar el cuadro de pedidos del día	5	15	4,88	20	Diario	1	20	B2	0,08	C2	0,02	0,1	107,29	0,14	122,31
6	Asignar la tela a los pedidos	5	15	5,07	20	Diario	1	20	B2	0,08	C2	0,02	0,1	111,58	0,14	127,21
7	Programar las máquinas	5	15	4,85	22	Diario	1	22	B2	0,08	C2	0,02	0,1	117,45	0,14	133,89
8	Actualizar el cuadro caída de jet	1	30	1,00	22	Diario	1	22	B2	0,08	C2	0,02	0,1	24,14	0,14	27,52
9	Programar reprocesos	5	15	5,04	2	Diario	1	2	B2	0,08	C2	0,02	0,1	11,08	0,14	12,63
10	Entregar turno - informar novedades	5	15	4,85	1	Diario	1	1	B2	0,08	C2	0,02	0,1	5,34	0,14	6,08
															Ttkim	511,09
															Tdkim	460,00
															FTE's	1,11
															Tdia k	511,09
															Pkm	-51,09

## DISCUSIÓN

El algoritmo planteado se presenta como una propuesta para la cuantificación de las cargas de trabajo por jornada laboral en diversos procesos y áreas de trabajo, con el efecto de buscar su nivelación paralelamente a la conservación e incluso incremento de los niveles de productividad, motivación y satisfacción laboral, lo anterior relacionado con los trabajos desarrollados por Vardi (2009), Liederbach et al. (2011) y Locke et al. (2011). En la aplicación del algoritmo propuesto mediante el estudio de cargas de trabajo, es posible detectar oportunidades de mejora en los procesos analizados, las instalaciones y las herramientas empleadas en su ejecución, lo que es considerado desde el punto de vista ergonómico por Moriguchi et al. (2011).

## CONCLUSIONES

El algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo puede ser aplicado en empresas tanto de manufactura como de servicios, como un elemento para analizar la distribución de actividades frente a la productividad laboral, además de considerar el impacto en el clima laboral en áreas con varios empleados que llevan a cabo el mismo cargo con funciones iguales o similares,

Una vez aplicado el algoritmo, algunas de las alternativas que se sugieren para nivelar las

cargas de trabajo son:

- Redistribuir actividades,
- Reasignación de trabajadores a otras áreas de trabajo,
- Definición de nuevas funciones,
- Identificación de oportunidades de mejora en el desarrollo de las labores,
- Evaluar las condiciones de trabajo observadas para mejorar la utilización del tiempo por parte del trabajador,
- Establecer incentivos para mejorar el desempeño del trabajador,
- Realizar nuevamente la aplicación del algoritmo para verificar que las mejoras presentan una respuesta positiva, bien sea en la disminución de la sobrecarga o en el aprovechamiento del tiempo ocioso, comparando con los resultados obtenidos inicialmente,

## REFERENCIAS

CASO NEIRA, A. Técnicas de medición del trabajo, 2006. Madrid/Fundación Confemetal.

DIAZ, H. A. Medición de la gestión del talento humano y su incidencia en la competitividad de la pequeña empresa, 2009. Bogotá/Universidad la Gran Colombia.

EUROCONTROL. Review of Workload Measurement, Analysis and Interpretation Methods, 2003. [Disponible en]: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.121.3382&rep=rep1&type=pdf>> [consulta: 2013-03-04].

GARCIA, R. Estudio del trabajo, 2005. México D.F./McGraw-Hill.

HEAPS, M., KELLEY, C., OLIVO, J., and VALENCIK, S. A continuous improvement approach to support staff workload analysis: a case study. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 1999, vol. 17, no. 2, pp. 45-52.

HENDRY, L., LAND, M., STEVENSON, M., and GAALMAN, G. Investigating implementation issues for workload control (WLC): a comparative case study analysis. *International Journal of Production Economics*, 2008, vol. 112, no. 1, p. 452-469.

HUANG, L. H. Labour assignment and workload balance evaluation for a production line. *Estonian Journal of Engineering*, 2009, vol. 15, no. 1, p. 34-47.

KELLER, J. Human performance modeling for discrete-event simulation: workload. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2002. pp. 157-162.

LIEDERBACH, J., FRITSCH, E., and WOMACK, C. Detective workload and opportunities for increased productivity in criminal investigations. *Police Practice and Research*, 2011, vol. 12, no. 1, p. 50-65.

LOCKE, R., LEACH, C., KITSELL, F., and GRIFFITH, J. The impact on the workload of the ward manager with the introduction of administrative assistants. *Journal of Nursing Management*, 2011, vol. 19, no. 2, pp. 177-185.

MORIGUCHI, C., ALEM, M., and COURY, H. Evaluation of workload among industrial workers with the Need for Recovery Scale. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 2011, vol. 15, no. 2, p. 154-159.

NIEBEL, B., and FREIVALDS, A. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, 2004. Mexico D.F./Alfaomega.

OIT. Introducción al estudio del trabajo, 2011. Mexico D.F./Limusa.

RIGGS, J. *Sistemas de producción*, 2008. México D.F./Limusa.

USAID. *Workload best practices: a methodology to analyze workload in public sector organizations*, 2011. [Disponible en]: <<http://www.frp2.org/english/Portals/0/PDFs/WLA%20summary%20E%20,OCT%2030,%202011.pdf>> [consulta: 2013-03-02].

VARDI, I. The impacts of different types of workload allocation models on academic satisfaction and working life. *Higher Education*, 2009, vol. 57, no. 4, p. 499-508.

VAZQUEZ, C. M., and BORRELL, R. M. *Recursos humanos en salud en costa rica: información actual y desafíos para una década*, 2006. San José/Grupo Gráfico GLO.

ZANDIN, K. B., and MAYNARD, H. B. *Manual del Ingeniero Industrial*, 2005. México D.F./McGraw-Hill.