

Modelos de ecuaciones estructurales aplicados al análisis de fatiga

Structural Equation Models Applied to Human Fatigue Analysis

Modelos de equações estruturais aplicados à análise de fadiga

Juan Luis Hernández Arellano, PhD¹

Recibido: octubre 26 de 2015 • Aprobado: enero 14 de 2016

Doi: <https://dx.doi.org/10.12804/revsalud14.especial.2016.05>

Para citar este artículo: Hernández JL. Modelos de ecuaciones estructurales aplicados al análisis de fatiga. Rev Cienc Salud 2016;14(Especial):69-80. doi: <https://dx.doi.org/10.12804/revsalud14.especial.2016.05>

Resumen

Objetivos: este artículo presenta una descripción de los principales elementos y componentes de los modelos de ecuaciones estructurales, así como de los valores estadísticos de referencia para evaluar estos modelos. Además, se muestran los principales modelos desarrollados para el análisis de fatiga humana. *Materiales y métodos:* tras una revisión de literatura, se identificaron siete esquemas que examinan causas, efectos y relaciones entre variables, dimensiones y constructos relacionados con la fatiga en diferentes ambientes y situaciones laborales o de laboratorio. *Conclusiones:* los modelos de ecuaciones estructurales son una herramienta útil que contribuye a la generación de conocimiento en temas relacionados con la fatiga humana.

Palabras clave: fatiga, modelos de ecuaciones estructurales.

Abstract

Objectives: this article provides a brief description of the main elements and components of Structural Equation Models (SEM) and statistical reference values to evaluate those models. Additionally, main models developed for human fatigue analysis are presented. *Materials and methods:* through a literature review, 7 models that analyze causes, effects, and relationships between variables, dimensions, and constructs related to fatigue in different work environments were identified. *Conclusion:* structural equation modeling is a useful tool that contributes to the generation of knowledge on topics related to human fatigue.

Keywords: fatigue, structural equation modeling.

¹ Profesor del Departamento de Diseño, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Correo electrónico: luis.hernandez@uacj.mx

Resumo

Este artigo apresenta uma descrição dos principais elementos e componentes dos modelos de equações estruturais, assim como dos valores estatísticos de referência para avaliar estes modelos. Adicionalmente, se apresentam os principais modelos desenvolvidos para a análise de fadiga humana. Através de uma revisão de literatura, foram identificados 7 modelos que analisam causas, efeitos e relações entre variáveis, dimensões e construtos relacionados com a fadiga em diferentes ambientes e situações laborais ou de laboratório. Através dos modelos identificados, conclui-se que os modelos de equações estruturais são uma ferramenta útil que contribui à geração de conhecimento em temas relacionados com a fadiga humana.

Palavras-chave: Fadiga, modelos de equações estruturais.

Introducción

Las investigaciones en Ergonomía requieren análisis de datos para determinar si existen o no relaciones significativas entre variables. Por ejemplo, en ocasiones, es necesario definir si la exposición de un trabajador a una determinada carga de trabajo tendrá impacto-efecto significativo en la fatiga que experimentará el trabajador o si variables demográficas tienen influencia en la percepción de carga de trabajo o fatiga de grupo de trabajadores (1, 2). Un caso muy común de análisis de datos son los realizados en antropometría, en los que el cálculo de percentiles de dimensiones corporales y la determinación de correlaciones entre variables utilizando regresión lineal son análisis típicos (3). De igual forma, es frecuente la determinación de modelos predictores de dimensiones o pesos de segmentos corporales (variable dependiente) en función de otras variables como la estatura o el peso (variables independientes).

En el caso del análisis de datos que provienen de variables categóricas (nominales u ordinales) como la percepción de fatiga, carga de trabajo, esfuerzo y disconfort físico, entre otros, el examen de las relaciones y los efectos entre ellas no es posible con la regresión lineal, debido a que se trata de constructos que no se pueden medir por sí mismos, sino que se explican por

otras variables (4). En este caso se hace uso de los modelos de ecuaciones estructurales (MEE), los cuales permiten conocer las relaciones y los efectos generados entre este tipo de variables.

1. Modelos de ecuaciones estructurales

Los modelos de ecuaciones estructurales son una familia de modelos estadísticos multivariantes para estimar el efecto y las relaciones entre múltiples variables y surgieron por la necesidad de dotar de mayor flexibilidad a los modelos de regresión. Son menos restrictivos que estos últimos porque permiten incluir errores de medida tanto en las variables criterio (dependientes) como en las variables predictoras (independientes). Pueden verse como varios modelos de análisis factorial que posibilitan efectos directos e indirectos entre los factores (5).

Matemáticamente, los modelos de ecuaciones estructurales son más complejos de estimar que otros modelos multivariantes como los de regresión (simple o múltiple) o el análisis factorial exploratorio. Su uso se extendió hasta 1973, cuando apareció el programa de análisis Lisrel (Linear Structural Relations) (6). En la actualidad, existen otros programas de estimación en entorno gráfico, como el EQS (Equations) y el AMOS (Analysis of Moment Structures) (7).

En la literatura internacional suelen ser llamados modelos SEM, es decir, Structural Equation Models.

La principal ventaja de estos modelos es que facilitan proponer y probar estadísticamente el tipo y la dirección de las relaciones que se espera encontrar entre las diversas variables contenidas en el modelo y después estimar los parámetros que vienen especificados por las relaciones teóricas propuestas. Por este motivo también se denominan modelos confirmatorios, ya que el interés fundamental es “confirmar”, mediante el análisis de la muestra, los nexos a partir de la teoría que se decidió utilizar como referencia (7).

2. Tipos de variables en los modelos estructurales

De acuerdo con Byrne, en un modelo estructural se distinguen distintos tipos de variables según sea su papel y su medición (7).

- Variable observada o indicador. Variables que miden a los sujetos, por ejemplo, las preguntas de un cuestionario que contesta una persona. En el área de Ergonomía son comunes la percepción de esfuerzo, somnolencia, cansancio, etc.
- Variable latente. Característica que se desearía medir, pero no se puede observar y está libre de error de medición, por ejemplo, una dimensión de un cuestionario o un factor generado por un análisis factorial exploratorio, es decir, un constructo integrado por dos o más variables.

torio, es decir, un constructo integrado por dos o más variables.

- Variable error. Representa tanto los errores asociados con la medición de una variable como el conjunto de variables que no han sido contempladas en el modelo y pueden afectar a la medición de una variable observada. Se considera que son variables de tipo latente porque no son observables directamente. El error asociado con la variable dependiente representa el error de predicción.
- Variable de agrupación. Variables categóricas que representan la pertenencia a las distintas subpoblaciones que se desea comparar. Cada código representa una subpoblación.
- Variable exógena. Variable que afecta a otra variable y no recibe efecto de ninguna variable. Las variables independientes de un modelo de regresión son exógenas.
- Variable endógena. Variable que recibe efecto de otra variable. La variable dependiente de un modelo de regresión es endógena. Toda variable endógena debe ir acompañada de un error.

En la figura 1, las variables observadas se representan como cuadros, las variables latentes como círculos o elipses, las variables error como círculos pequeños con una flecha dirigida hacia la variable latente, las variables exógenas como círculos que reciben el efecto de otra u otras variables y las variables endógenas dentro de círculos que no reciben el efecto de otras variables.

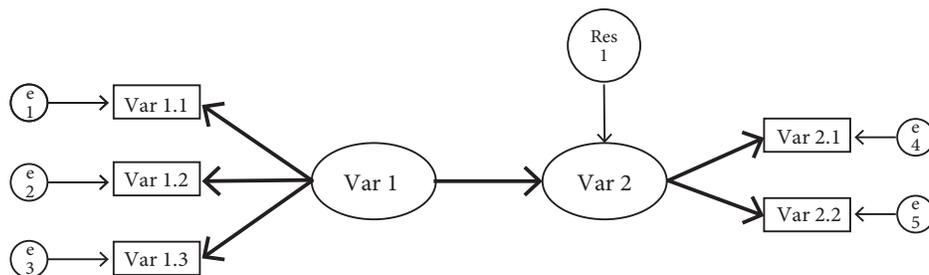


Figura 1. Estructura general de un modelo de ecuaciones estructurales

Fuente: elaboración propia con base en Byrne (7)

3. *Fatiga*

Además de las definiciones formales de la fatiga, esta se ha concebido, en primera instancia, como un constructo complejo y multifactorial que se interpreta de acuerdo con el contexto en el que se analice (8-12). A principios del siglo XX, Muscio recomendó excluir la fatiga de los análisis científicos y argumentó que no era posible medirla (13). Sin embargo, más de cien años después, la cantidad de investigaciones para explorar, entender y categorizar este constructo es amplia.

Desde el punto de vista fisiológico, se considera a la fatiga como el resultado del trabajo físico realizado. Desde el punto de vista psicológico, los factores motivacionales y algunas características individuales desempeñan un papel muy importante en la percepción del esfuerzo realizado y, por consiguiente, en la percepción de la fatiga (10). Según Kroemer, el término fatiga es utilizado para describir un estado fisiológico, pero algunos psicólogos argumentan que solo debe ser utilizado para describir una experiencia subjetiva que limita el desempeño en una tarea determinada (14). Åhsberg y Gamberale la definen como una inclinación a referir diferentes condiciones (físicas o mentales) en los mismos términos lingüísticos (15).

La fatiga alude a la disminución de las capacidades para ejecutar una actividad específica y puede ser normal, aguda, crónica o patológica (16). Kroemer menciona la que quizás sea la definición más sencilla y práctica de la fatiga, al sostener que es "la reducción de la habilidad muscular para continuar realizando un esfuerzo existente" (14). Bridger menciona que existen al menos tres significados de la fatiga (17). El primero se relaciona con la somnolencia, es decir, como resultado de la privación del sueño o la alteración de los ritmos circadianos. El segundo es sinónimo de cansancio, o sea,

como el efecto de hacer esfuerzo para correr una maratón o levantar cosas pesadas. El tercero se refiere a la realización de una tarea mental de varias horas de duración, como conducir un auto por mucho tiempo o procesar la información requerida para entender un libro o escuchar una sinfonía. Por último, Bridger define la fatiga como un síntoma desagradable y subjetivo que incorpora las sensaciones de todo el cuerpo, que van desde cansancio hasta el agotamiento y crean una condición implacable que interfiere con la capacidad del individuo para llevar a cabo sus tareas de forma normal (17).

4. *Valoración de fatiga*

Uno de los primeros instrumentos científicos para valorar la fatiga fue la Prueba de síntomas subjetivos de fatiga (PSSF), desarrollado por el Comité para la Investigación de la Fatiga Industrial de la Asociación de Salud Industrial de Japón en el año de 1954. En 1970, el instrumento fue sometido a la validez factorial y se encontraron tres factores: a) somnolencia y pesadez; b) proyección del malestar físico, y c) dificultad para concentrarse (18). En 1978, Yoshitake relacionó el primer factor con el trabajo indiferenciado, el segundo con el trabajo físico y el tercero con el trabajo mental (19).

En los últimos veinte años se han elaborado otros instrumentos para la valoración de fatiga. Uno de los más importantes es el Inventario sueco de fatiga ocupacional (SOFI, por su nombre en inglés) el cual, a diferencia de la PSSF, divide el estudio de la fatiga en cinco dimensiones (falta de energía, esfuerzo físico, disconfort físico, falta de motivación y somnolencia) (10). La Escala de valoración de fatiga (EAS, por su nombre en inglés) explora solo dos dimensiones de fatiga (física y mental) y considera que la suma de ambas es la fatiga total (20). Por su parte, la Escala de recuperación

por agotamiento causado por fatiga (OFER, por su nombre en inglés) divide el estudio de la fatiga en tres estados, a consecuencia de las actividades laborales: fatiga aguda, fatiga crónica y recuperación entre turnos (21).

Debido al desarrollo de programas computacionales, las investigaciones sobre la fatiga han sido llevadas a esquemas relacionales-explicativos mediante el desarrollo de modelos de ecuaciones estructurales (MEE) con diferentes enfoques. Algunos han apoyado la validación de constructos en el desarrollo de nuevos cuestionarios o escalas para la valoración de variables cualitativas y otros han analizado el efecto entre dos o más constructos como fatiga-desempeño, calidad de vida-desempeño, carga de trabajo-fatiga, etc. (10, 11, 20, 22, 23). El objetivo principal de este artículo es identificar y describir los principales modelos de ecuaciones estructurales realizados para examinar las causas o los efectos de la fatiga en diversos contextos ocupacionales.

5. Metodología

Este artículo presenta una revisión de literatura de los principales modelos de ecuaciones estructurales aplicados al análisis de fatiga, ya sea para explicar sus causas o conocer sus efectos. La búsqueda de artículos publicados consistió en una revisión sistemática de literatura que abarcó los temas relacionados con carga de trabajo, fatiga, modelos de ecuaciones estructurales (con palabras en inglés y español), con el objetivo de identificar, entre otros temas, escalas, cuestionarios y encuestas utilizados para la valoración de los constructos carga de trabajo y fatiga que hayan sido validados con el modelo de ecuaciones estructurales.

Para la búsqueda de información se recurrió a los sistemas de información científica Redalyc, Academic Search Elite-EBSCO Host, Scencedirect, Taylor & Francis Online, SAGE

Journals e IOS Press y el sistema Biblioteca Virtual de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

La siguiente sección muestra los principales modelos de ecuaciones estructurales identificados que analizan causas y efectos de la fatiga en ambientes diversos.

6. Resultados

6.1. Modelo confirmatorio del cuestionario SOFI

Como ya se mencionó, una de las aplicaciones de los modelos estructurales es el proceso de validación de nuevos cuestionarios o escalas, con suma importancia en la validación de constructos. Åhsberg, Gamberale y Kjellberg desarrollaron el Inventario sueco de fatiga ocupacional (SOFI, por su nombre en inglés), con el propósito de valorar la fatiga en más de dos dimensiones (física y mental) como se había hecho antes (10). Para el desarrollo de este instrumento fueron encuestados 705 trabajadores que ejecutaban actividades como conductores de autobuses en áreas urbanas, profesores en escuelas de compresión, personas que estudian y trabajan, bomberos que rolan turnos, cuidadores de ancianos, estudiantes al término de exámenes de escritura, operadores de plantas nucleares, operadores de sistemas de emergencias, operadores de maquinaria industrial, personal médico del área de Anestesia, operadores de líneas de producción y fisioterapeutas, entre otros. Mediante el análisis factorial se identificaron cinco dimensiones de fatiga (falta de energía, esfuerzo físico, disconfort físico, falta de motivación y somnolencia), que son valoradas con cinco ítems cada una, para un total de veinticinco ítems en todo el cuestionario. Más adelante, con un modelo de ecuaciones estructurales se calcularon las relaciones entre las dimensiones de fatiga para lograr la validación

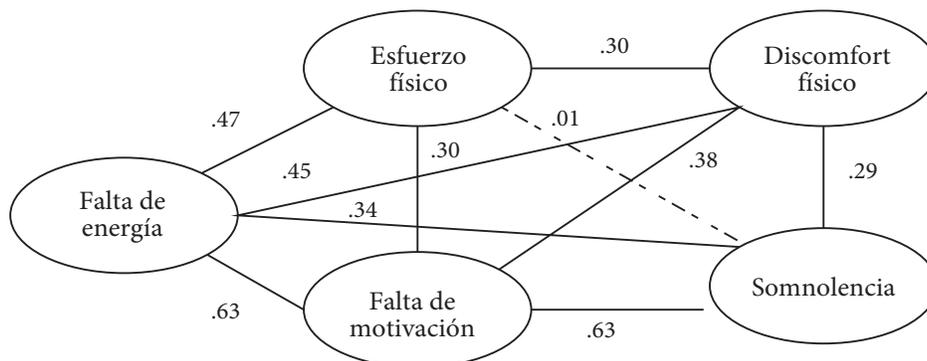


Figura 2. Modelo estructural confirmatorio del Inventario sueco de fatiga ocupacional

Fuente: elaboración propia con base en Åhsberg y otros autores (10)

del nuevo instrumento. En la figura 2 se puede ver que la relación entre las variables esfuerzo físico y somnolencia no es significativa.

6.2. Modelo confirmatorio del cuestionario SOFI-S

González-Gutiérrez, Moreno-Jiménez, Garrosa-Hernández y López-López desarrollaron la versión en castellano del cuestionario SOFI, la cual fue nombrada SOFI-Spanish (SOFI-S) (11). Para el desarrollo de esta versión fueron encuestadas 240 enfermeras de ocho áreas de unidades de cuidados especiales en hospitales de España. Uno de los principales cambios respecto de la versión original de Åhsberg y otros autores fue que en las dimensiones de fatiga se redujo la cantidad de ítems con los que son valoradas y se pasó de cinco a solo tres ítems por dimensión, por lo que esta versión solo es valorada con quince ítems totales (10). En la figura 3 se puede observar que las quince variables (mostradas dentro de un rectángulo) que integran el cuestionario evidenciaron efectos significativos hacia la dimensión falta de energía, además de que las correlaciones entre

las dimensiones (mostradas dentro de círculos) también fueron significativas.

6.3. Modelo, características del trabajo, motivadores y estrés en consultores de tecnologías de información en Suecia

Se encuestaron 167 consultores de tecnologías de información en Suecia con el objetivo de generar un modelo de ecuaciones estructurales que analizara la relación entre las características del trabajo (modelo Demanda-Control de Karasek) y el estrés percibido (estrés, presión, tensión, etc.) con los “motivadores” (responsabilidad, reconocimiento, compromiso, posibilidades de desarrollo) como variable mediadora (24, 25). Los resultados mostraron que las demandas del trabajo se relacionan positivamente con el estrés percibido. Indican, además, que los motivadores son una variable mediadora entre el control de trabajo y el estrés percibido. Por ejemplo, el contenido del trabajo fue significativamente relacionado con altas evaluaciones de motivadores y los motivadores fueron relacionados negativamente con el estrés percibido, como se muestra en la figura 4.

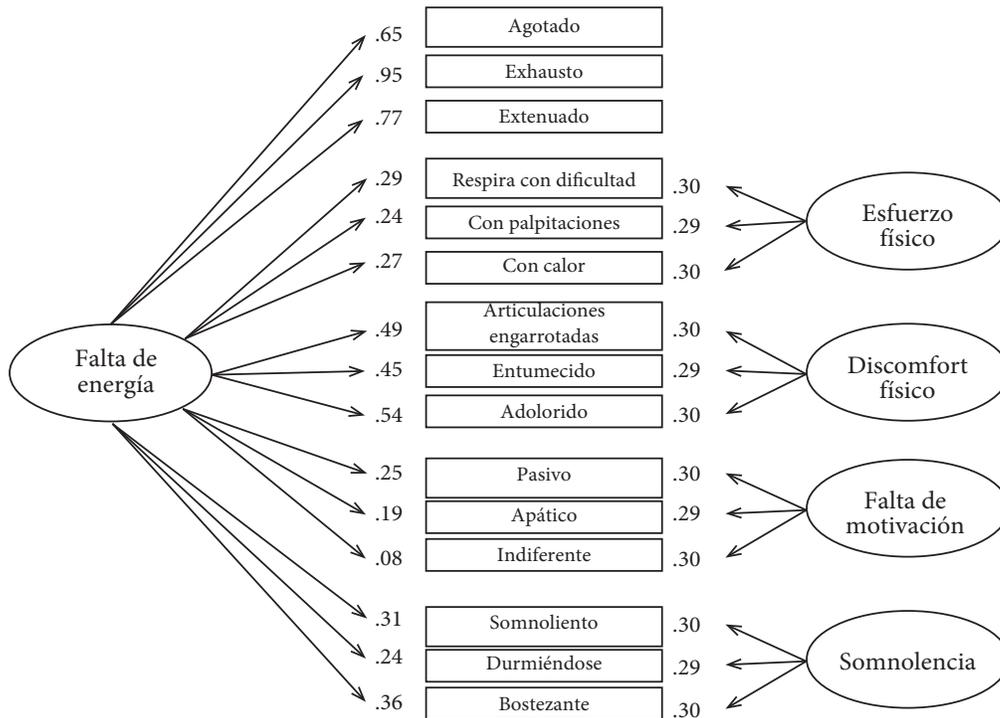


Figura 3. Modelo estructural confirmatorio de la versión en español del Inventario sueco de fatiga ocupacional

Fuente: elaboración propia con base en González-Gutiérrez y otros autores (11)

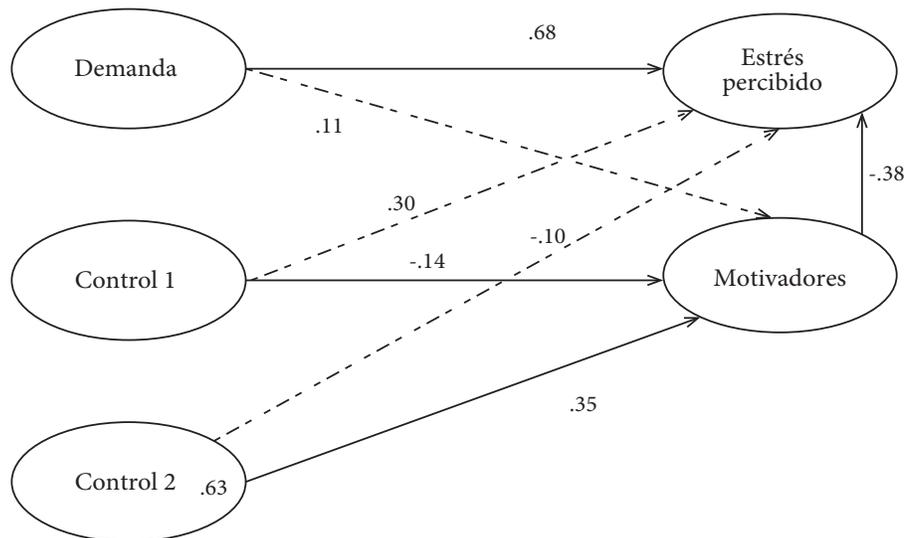


Figura 4. Modelo de ecuaciones estructurales características del trabajo, motivadores y estrés en consultores de tecnologías de información*

Fuente: elaboración propia con base en Wallgren y Hanse (26)

*Las líneas discontinuas representan relaciones estadísticamente no significativas.

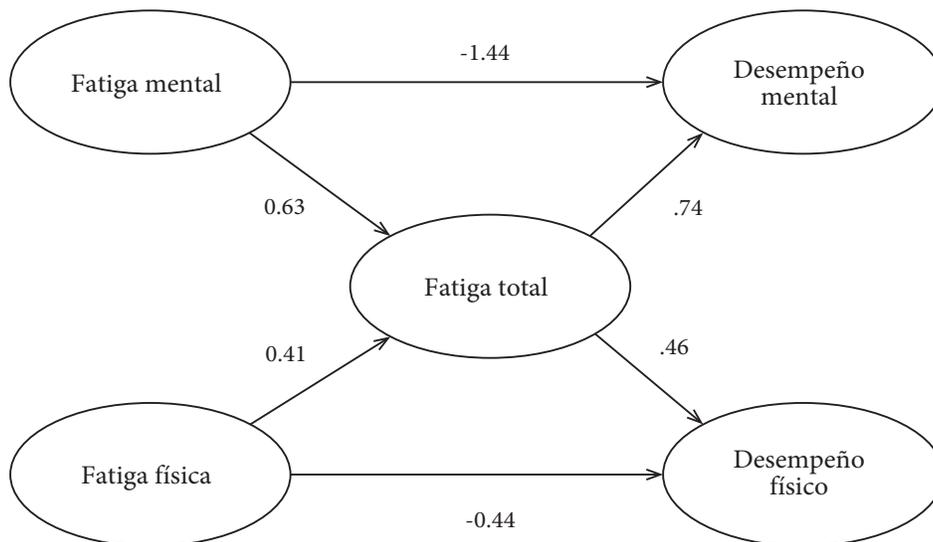


Figura 5. Modelo de ecuaciones estructurales fatiga-desempeño en enfermeras

Fuente: Barker y Nussbaum (27)

6.4. Modelo fatiga-desempeño en enfermeras

Barker y Nussbaum desarrollaron un modelo que asocia dimensiones relacionadas con la fatiga ocupacional y el desempeño en enfermeras certificadas en el estado de Virginia, Estados Unidos (27). Con la premisa de que la fatiga es un factor que muy probablemente contribuye a la ocurrencia de errores médicos, este modelo tuvo como objetivo profundizar en el conocimiento, la definición y la cuantificación de los efectos de la fatiga en el desempeño de trabajadores al cuidado de la salud, en particular, de enfermeras. Como se puede observar en la figura 5, las dimensiones fatiga mental y fatiga física mostraron efectos significativos en la dimensión fatiga total y esta, a su vez, efectos significativos en las dimensiones desempeño físico y mental. Además, las dimensiones fatiga mental y fatiga física mostraron efectos directos en las dimensiones desempeño físico y

mental. Con este modelo se demostró la intensidad de las relaciones entre las dimensiones de percepción de fatiga ocupacional y desempeño en enfermeras certificadas.

6.6. Modelo demandas cognitivas y percepción de calidad de vida con desempeño humano

El modelo desarrollado por Layer, Karwowski y Furr tuvo como objetivo probar que el desempeño humano en ambientes industriales depende de las demandas cognitivas y la calidad percibida de los atributos de la vida laboral (23). Participaron 74 trabajadores capacitados en tareas múltiples de dos empresas fabricantes de equipos eléctricos y ensamblajes mecánicos. Como se observa en la figura 6, el desempeño humano recibe efectos significativos de los constructos demandas cognitivas y calidad de vida laboral; sin embargo, no presentan correlación significativa entre ellos.

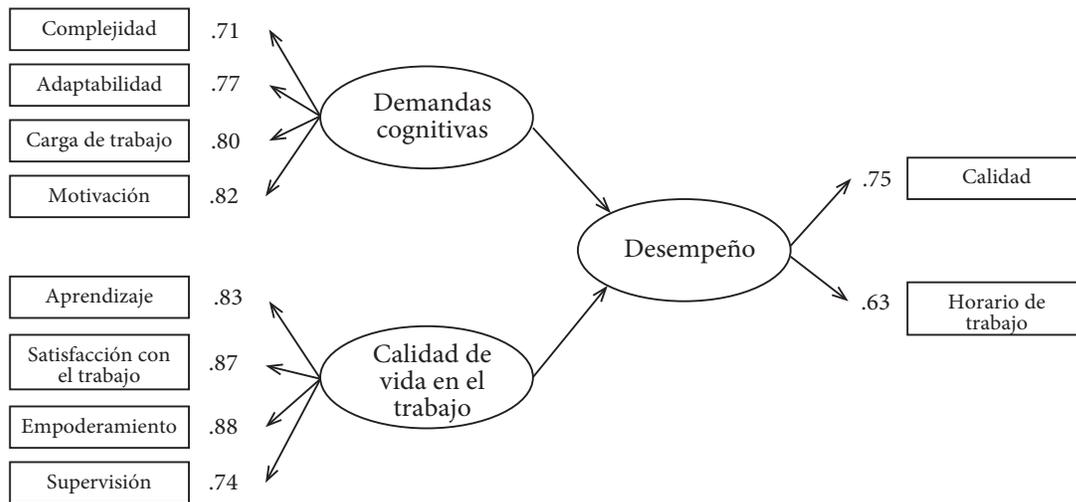


Figura 6. Modelo de ecuaciones estructurales que relaciona las demandas cognitivas y la calidad de vida en el trabajo con el desempeño del trabajador

Fuente: elaboración propia con base en Layer y otros autores (23)

6.7. Modelo comodidad en el viaje de trenes de alta velocidad en Corea

El modelo desarrollado por Lee, Jin y Ji presenta un caso de aplicación de los modelos de ecuaciones estructurales en la etapa de planeación de diseño de un nuevo tren de alta velocidad en Corea del Sur (22). El estudio tuvo como objetivo explicar la comodidad del pasajero en el viaje y cuantificar los efectos e impactos y valores de varios factores relacionados con ese aspecto. Fueron encuestados 453 pasajeros a bordo del tren que contestaron una encuesta integrada por veinticuatro preguntas y variables. Como se observa en la figura 7, las variables y

los constructos independientes considerados fueron factores ambientales, factores del asiento, factores del efecto túnel y los factores que pueden causar mareos o náuseas. Por otro lado, los factores y constructos dependientes fueron los relacionados con la comodidad y la fatiga durante el viaje. De acuerdo con los resultados obtenidos, la comodidad en el viaje se ve afectada en mayor proporción por variables asociadas con el asiento, como el ancho del asiento y el espacio entre ellos. La relación entre el efecto túnel y la comodidad en el viaje no presentó relación significativa.

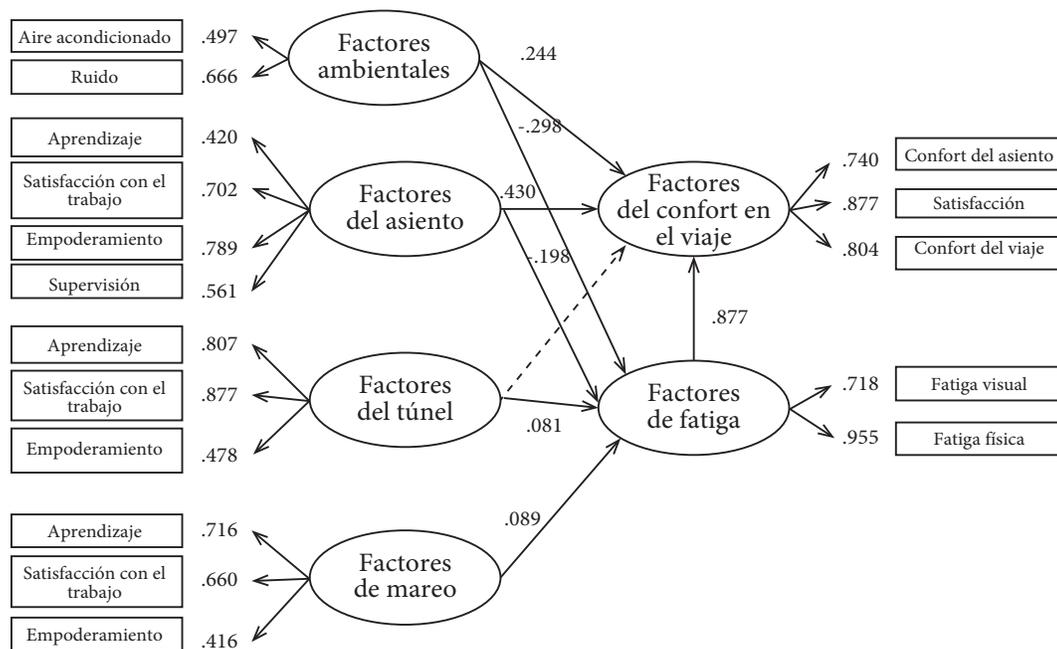


Figura 7. Modelo de ecuaciones estructurales que relaciona los factores del viaje con el confort y la fatiga en trenes de alta velocidad en Corea*

Fuente: Lee y otros autores (22)

* Las líneas discontinuas representan relaciones estadísticamente no significativas.

6.8. Modelo fuerza, postura, tiempo, malestar y autorritmo de trabajo

Los desórdenes musculoesqueléticos, en especial en extremidades superiores, generan costos elevados a la industria. Factores como altos grados de fuerza, posturas desviadas y movimientos repetitivos han sido asociados con incremento de malestar de los trabajadores y, como consecuencia, causa de desórdenes musculoesqueléticos en ambientes industriales y experimentos realizados en laboratorio.

El modelo realizado por Finneran y O'Sullivan tuvo como objetivo probar si existe relación significativa entre las variables fuerza de agarre, postura de la muñeca y tiempo de ciclo como generadoras de malestar y el impacto del malestar en el autorritmo de trabajo que puede

desempeñar un trabajador (28). Se diseñó un experimento de laboratorio en el que participaron veintisiete voluntarios diestros (diez mujeres y diecisiete hombres). Las variables fuerza, repetición y postura se midieron en tres niveles: 10, 20 y 30 % de la contracción máxima voluntaria para fuerza; 10, 15 y 20 veces por minuto para la variable repetición y 50 % de flexión, 50 % de extensión y posición neutral para la postura de la muñeca. Como se observa en la figura 8, el autorritmo de trabajo es afectado por el disconfort y este, a su vez, es afectado significativamente por las variables fuerza, repetición y postura. El modelo indica que si las variables fuerza y postura son disminuidas, el disconfort se reducirá y por lo tanto el autorritmo de trabajo (productividad) será más alto.

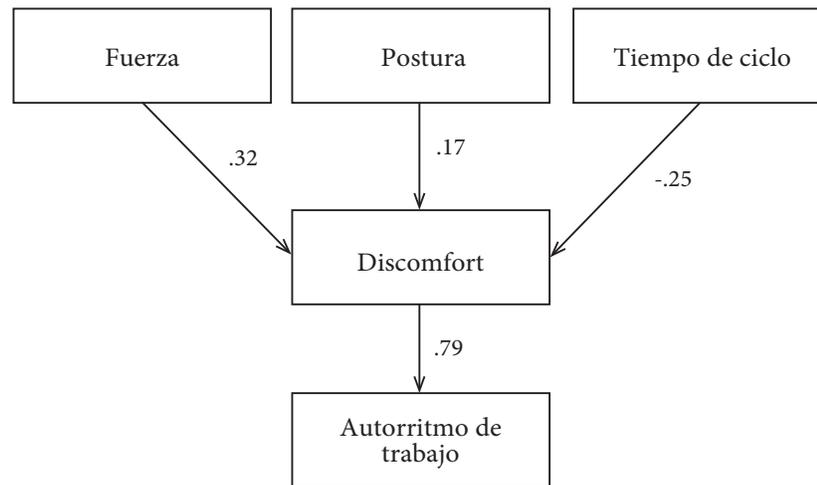


Figura 8. Modelo de ecuaciones estructurales que relaciona la fuerza, postura y tiempo de trabajo con el discomfort y posteriormente con el autorritmo de trabajo

Fuente: Finneran y O'Sullivan (28)

Conclusiones

Los modelos de ecuaciones estructurales son una alternativa a los análisis de datos tradicionales en Ergonomía, sobre todo cuando se presenta la necesidad de analizar las relaciones entre variables conocidas como constructos, las cuales no se miden por sí mismas, sino que son explicadas mediante otras variables que son valoradas en contextos y ambientes determinados.

Con los modelos presentados en este artículo, se pudo observar que los hallazgos aportan significativamente a identificar los orígenes y efectos

de la fatiga humana en entornos laborales, como áreas de la salud, la industria, los viajes, áreas de servicios, entre otros. En consecuencia, aportan también a la planeación de estrategias para hacer intervenciones que disminuyan los efectos de la fatiga humana que, en algunos casos, pueden ser catastróficos.

Descargos de responsabilidad

Este estudio no ha sido publicado, en parte ni en totalidad, en otra revista. El autor no tiene conflictos de intereses.

Referencias

1. Hernández-Arellano JL. Modelo cuantitativo carga de trabajo-fatiga en operadores de tecnología de manufactura avanzada [tesis doctoral]. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; 2013.
2. Hernández-Arellano JL, Serratos-Pérez JN, Arellano JLH, Pérez JNS, Macías AAM, Alcaraz JLG. Demographic Factors Affecting Perceived Fatigue Levels among CNC Lathe Operators. En: Trzcielinski S, Karwowski W, editores. Advances in the Ergonomics in Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future. Nueva York: AHFE Conference; 2014. p. 7969-76.
3. Prado-León LR, Avila-Chaurand R, González-Muñoz EL. Anthropometric Study of Mexican Primary School Children. Appl Ergon. 2001; 32 (4): 339-45.
4. Lévy JP, Varela J. Análisis multivariable para las Ciencias Sociales. Madrid: Pearson Education; 2003.

5. Ruiz MA, Pardo A, San Martín R. Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicol* 2010; 31 (1): 34-45.
6. Jöreskog KG. A General Method for Analysis of Covariance Structures. *Biometrika* 1970; 57 (2): 239-51.
7. Byrne BM. *Structural Equation Modeling with AMOS. Basic Concepts, Applications, and Programming.* Nueva York: Taylor & Francis; 2010.
8. Hernández-Arellano JL, Ibarra-Mejía G, Serratos-Pérez JN, García-Alcaraz JL, Brunette MJ. Construction of a Survey to Assess Workload and Fatigue among AMT Operators in Mexico. *Work* 2012; 41 (supl. 1): 1790-6.
9. Annett J. Subjective Rating Scales: Science or Art? *Ergonomics* 2002; 45 (14): 966-87.
10. Åhsberg E, Gamberale F, Kjellberg A. Perceived Quality of Fatigue during Different Occupational Tasks Development of a Questionnaire. *Int J Ind Ergon* 1997; 20 (2): 121-35.
11. González-Gutiérrez JL, Moreno-Jiménez B, Garrosa-Hernández E, López-López A. Spanish Version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI): Factorial Replication, Reliability and Validity. *Int J Ind Ergon* 2005; 35 (8): 737-46.
12. Juárez-García A. La dimensión de fatiga-energía como indicador de presentismo: validez de una escala en trabajadores mexicanos. *Cienc y Trab* 2007; 9 (24): 55-60.
13. Muscio B. Is a Fatigue Test Possible? *British J Psychol* 1921; 12 (1): 31-46.
14. Kroemer K, Kroemer H, Kroemer-Elbert K. *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency.* Nueva York: Prentice Hall; 2001.
15. Åhsberg E, Gamberale F. Perceived Fatigue during Physical Work: An Experimental Evaluation of a Fatigue Inventory. *Int J Ind Ergon* 1998; 21 (2): 117-31.
16. Bridger RS. *Introduction to Ergonomics.* 2da ed. Londres: Routledge Taylor & Francis Group; 2003.
17. Yoshitake H. Three Characteristic Patterns of Subjective Fatigue Symptoms. *Ergonomics* 1978; 21 (3): 231-3.
18. Michielsen HJ, De Vries J, Van Heck GL. Psychometric Qualities of a Brief Self-rated Fatigue Measure: The Fatigue Assessment Scale. *J Psychosom Res* 2003; 54 (4): 345-52.
19. Winwood PC, Winefield AH, Dawson D, Lushington K. Development and Validation of a Scale to Measure Work-related Fatigue and Recovery: The Occupational Fatigue Exhaustion/Recovery Scale (OFER). *J Occup Environ Med* 2005; 47 (6): 594-606.
20. Lee JH, Jin BS, Ji Y. Development of a Structural Equation Model for Ride Comfort of the Korean High-speed Railway. *Int J Ind Ergon* 2009; 39 (1): 7-14.
21. Layer JK, Karwowski W, Furr A. The Effect of Cognitive Demands and Perceived Quality of Work Life on Human Performance in Manufacturing Environments. *Int J Ind Ergon* 2009; 39 (2): 413-21.
22. Karasek RA. Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign. *Adm Sci Q* 1979; 24 (2): 285-308.
23. Karasek R, Theorell T. *Healthy Work. Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life.* Nueva York: Basic Books Inc.; 1990.
24. Wallgren LG, Hanse JJ. Job Characteristics, Motivators and Stress among Information Technology Consultants: A Structural Equation Modeling Approach. *Int J Ind Ergon* 2007; 37 (1): 51-9.
25. Barker LM, Nussbaum MA. Dimensions of Fatigue as Predictors of Performance: A Structural Equation Modeling Approach among Registered Nurses. *IIE Trans Occup Ergon Hum Factors* 2013; 1 (1): 16-30.
26. Finneran A, O'Sullivan L. Force, Posture and Repetition Induced Discomfort as a Mediator in Self-paced Cycle Time. *Int J Ind Ergon* 2010; 40 (3): 257-66.