

El análisis multicriterio: una herramienta de soporte para la implementación de programas de intervención macroergonómica

Dra. Sandra Mejías Herrera

Profesora de Ergonomía, Seguridad y Gestión de los Recursos Humanos, Facultad de Ciencias Empresariales ¹.

Teléfono: 53-42-281058. Fax: 53-42-281608. Email: smejas@fce.uclv.edu.cu

Dr. Ricardo Montero Martínez

Profesor de Ergonomía de la Facultad de Ingeniería Industrial del ISPJAE. Cuba

Dr. Fernando Marrero Delgado

Profesor de Investigación de Operaciones. Facultad de Ciencias Empresariales ¹.

Msc. Juan C. Rodríguez.

Profesor de psicopedagogía. Facultad de Humanidades ¹

¹ Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba

Sumario: Se menciona las posibilidades que brinda el enfoque de la Macroergonomía para el análisis ergonómico sistémico, la optimización de las estructuras organizativas y el diseño de los sistemas de trabajo. Se describen los pasos de trabajo para aplicar el Análisis Multicriterio en el marco de la implementación de programas macroergonómicos, lo cual permite obtener resultados que ayudan a establecer sobre que áreas, fábricas o brigadas de una empresa se debe partir de manera prioritaria para comenzar el proceso de intervención. Finalmente se comentan las experiencias en la aplicación de este análisis en tres empresas cubanas donde se persiguen estos objetivos, así como se muestra su realización y los resultados obtenidos en uno de los casos.

Palabras Claves: macroergonomía, análisis multicriterio, intervención, enfoque sistémico

Abstract: *This paper shows the feasibility of a macroergonomics approach to the ergonomic system analysis, to the optimization of the organizational structures and to the work system design. It also describes the procedure in the application of the multicriterial analysis to the implementation of macroergonomics programs, which help to determine in order of priority the areas, factories or brigades of an enterprise in which the intervention process should, accordingly, begin. Finally, there is an experiential comment on the application of this analysis to three Cuban enterprises, and the implementation and the results of this analysis in one of these are presented.*

Keywords: *macroergonomics, multicriterial analysis, intervention, systemic view*

Introducción

La disciplina Ergonomía muestra a inicios del nuevo siglo una rápida difusión e interés en el ámbito laboral internacional. Su evolución en pocos años desde el momento que centró su atención en la interfase hombre-máquina transcurriendo por la interfase hombre-ambiente, la interfase usuario hasta llegar en nuestros días a centrar sus objetivos en la interfase hombre-organización-ambiente-máquina o Macroergonomía como se conoce usualmente, constituye una evidente prueba del desarrollo que ha adquirido esta disciplina.

La Macroergonomía ha sido definida por varios autores (Hendrick, 2000; Montero 2000 y Kliner & Tech, 2000), y existe gran coincidencia en la definición de la misma al expresar la necesidad de partir de la optimización organizacional desde los niveles superiores de las estructuras organizativas hasta llegar a sus niveles inferiores expresados en los puestos de trabajo. Ello no es más que conjugar los aspectos macro y micro en el análisis ergonómico para lograr la optimización organizacional la cual es esencial realizarla con un enfoque en sistema. Precisamente la carencia de este análisis ergonómico sistémico conlleva a que los estudios que se realicen en la organización se aborden de una manera fragmentaria, sin considerar los especialistas que las condiciones donde los empleados desarrollan su actividad y las propias consecuencias de estas condiciones funcionan como un todo imposible de aislarlo. La Macroergonomía surge entonces no sólo como una respuesta a la necesidad de lograr el diseño adecuado de las organizaciones y sus sistemas de trabajo sino que expresa de manera objetiva la importancia de abordar el mismo desde una perspectiva integral, donde sus elementos sean indisociables, interdependientes e interactivos. Los resultados concretos permitirán observar mayor calidad de vida laboral, competitividad en las organizaciones e incluso posibilidades de que las empresas sobrevivan a los cambios constantes del mercado.

Los empresarios ya se convencen en gran medida sobre la necesidad de emprender la realización de programas de mejoramiento continuo para el logro de sus objetivos. Llámese programa, planes o intervención, ésta debe ser la vía efectiva que conduzca al mejoramiento desde un punto de vista macroergonómico lo cual conlleva

al mejoramiento de las propias condiciones de trabajo.

Sin embargo, la experiencia muestra que en muchas ocasiones sucede que el equipo de trabajo responsable del programa de intervención macroergonómico - como será nombrado en este artículo - se desilusione cuando observa al transcurrir un período de tiempo que no obtiene los resultados esperados o, en algunos casos, se hace evidente el fracaso del programa, perdiendo el equipo de especialistas tanto reconocimiento y autoridad en las acciones desarrolladas como legitimidad ante la propia gerencia.

Varias pueden ser las causas de estos fracasos, pero existe una que se comete desde que se proyecta el programa de intervención macroergonómica y es precisamente pensar en poner en marcha el programa con todos los cambios que incluyen a todas las unidades de la empresa, es decir, desarrollarlo a gran escala sin estar seguros de las posibilidades de éxito dadas, no sólo porque el momento sea oportuno o las condiciones sean las apropiadas sino que es imprescindible “poner a prueba” las medidas que se implantarán al nivel de toda la empresa para así conocer si las mismas permiten lograr los objetivos trazados en el programa proyectado. O sea, generalmente falla la política de ejecución de las medidas, por la ausencia de un buen planeamiento de la intervención y la ausencia de definición (o su ineficiencia) de las prioridades y la secuenciación en el tiempo de su abordaje.

Entonces surge una pregunta ¿sobre qué unidades, fábricas o áreas de nuestra empresa se comenzará a actuar?. La respuesta a esta pregunta a veces resulta evidente para el equipo de especialistas y en otras ocasiones existe dificultad para poder decidir por donde comenzar a implementar el programa. El Análisis Multicriterio puede constituir una herramienta efectiva para la toma de decisiones en la organización. En el presente artículo se expondrán los pasos para su efectivo empleo en decidir sobre qué unidades o áreas de manera prioritaria en la empresa se debe comenzar a intervenir.

1 El análisis multicriterio. Pasos para su aplicación

El análisis multicriterio brinda gran claridad y veracidad cuando el equipo de especialistas tienen

ante sí gran complejidad en las decisiones que debe tomar. La persona o el equipo que decide, comúnmente llamada el decisor posee la posibilidad de escoger entre varias alternativas finitas que constituyen el conjunto de elección. Cuando existe este número finito de alternativas se puede utilizar la Decisión Multicriterio Discreta. Existen numerosos métodos dentro de la Decisión Multicriterio, cada uno con sus ventajas e inconvenientes pero en nuestra opinión lo más importante no es su selección, sino modelar adecuadamente la situación que se enfrenta y su correspondiente interpretación y análisis al aplicar posteriormente cada uno de los métodos.

Las Fases de un Proceso de Decisión Multicriterio pueden ser consultadas detalladamente en la obra "Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica"(Barba-Romero & Pomerol, 1997) y estas son referidas a continuación adaptadas a la situación particular que se trata.

I Fase: Identificación de las alternativas y criterios de decisión

El primer paso que debe dar el equipo de especialistas es definir las alternativas y criterios a su disposición para entonces dar paso a la próxima fase. Las alternativas son las unidades, fábricas, áreas e incluso brigadas de trabajo que pertenecen a la organización y en las cuales se pudiera comenzar a implementar el programa de intervención macroergonómico. Estas alternativas serán diferentes, excluyentes y exhaustivas lo cual significa que no es posible escoger una solución intermedia entre dos alternativas. Esto, aunque de por sí pudiera constituir una limitación al modelar la realidad, en la práctica es alcanzable como una primera aproximación de la realidad en la situación dada.

Ahora bien, para poder escoger entre estas alternativas que conforman el conjunto de elección, el decisor (equipo de especialistas) debe poseer elementos de evaluación los cuales no son más que las características de las alternativas llamadas atributos. Estos atributos se convierten en criterios cuando el equipo de especialistas busca la información que los identifica ya sea desde el punto de vista cualitativo o cuantitativo. Si existen criterios con información cualitativa es preciso llevarlo a criterios cuantitativos usando escalas las cuales se establecen por la propia opinión del equipo de especialistas o conformando un grupo de expertos si es preciso.

II Fase: Elaboración de la Matriz de Decisión

Con la información recogida (criterios) y las alternativas definidas es posible construir el conjunto de elección lo cual no es más que la Matriz de Decisión o también conocida como Matriz de Pago de Utilidades.

Tabla 1: Matriz de Decisión

	$C_1 C_2 \dots C_n$
A_1	$a_{11} a_{12} \dots a_{1n}$
A_2	$a_{21} a_{22} \dots a_{2n}$
\vdots	
A_m	$a_{m1} a_{m2} \dots a_{mn}$

Siendo cada fila $A_i (i = 1, \dots, m)$ de la matriz el valor que identifica las características de la alternativa m con respecto a los n criterios. Cada columna $C_j (j = 1, \dots, n)$ recoge el valor asignado por el decisor de cada una de las alternativas con respecto al criterio n.

Una vez que se ha conformado la matriz ya el equipo de especialistas cuenta con los elementos básicos para formular correctamente la mejor decisión. Los especialistas pueden tener interés en que los criterios que conforma la matriz se maximicen en algunos casos u otros por el contrario se minimicen. Es preciso que todos los criterios sean llevados al mismo tipo. Se puede maximizar un criterio cambiando el signo de su valor ($Min(a_j) = -Max_i(-a_j)$) pero en ocasiones si los a_j sólo pueden ser positivos se maximiza a través de invertir su valor $u_j = \frac{1}{a_j}$ zque pasa de $Min_i(a_j)$ a $Max_i(u_j)$.

III Fase: Normalización de la Matriz

Esta fase tiene como objetivo llevar los valores de la matriz a valores entre 0 y 1 por la gran diferencia entre la información o el propio tamaño de los valores que contiene la matriz, incluso algunos métodos multicriterio exigen escalas comparables por lo que es necesario normalizar.

Existe un método muy utilizado el cual se nombra "fracción de la suma total" el cual respeta la proporcionalidad entre los datos de un criterio. Su interpretación como fracción de lo máximo posible hace que el método sea el más corriente y sencillo. La expresión

define como $V_i = \frac{u_j}{\sum u_j}$ y se haya por criterios.

IV Fase: Elección del Método de Ponderación

Antes de ponderar la matriz es preciso determinar los pesos de cada criterio. Son varios los métodos que existen para determinar los pesos de cada criterio (Barba-Romero & Pomerol, 1997). Para no desviar el objetivo de este artículo sólo será explicado el Método de la Entropía el cual es un método bastante objetivo. Su procedimiento es:

- a. Calcular la entropía E_j de cada criterio.

$$E_j = -\frac{1}{\log m} \sum_{i=1}^m (a_{ij} \log a_{ij}) \quad \forall_j \quad j: \text{criterio} \quad j=1, \dots, n$$

$i: \text{alternativa} \quad i=1, \dots, m$

- b. Calcular la diversidad.

$$D_j = (1 - E_j) \quad \text{por criterio}$$

- c. Cálculo del peso w_j de cada criterio

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad \forall_j \quad \text{para todo criterio}$$

Ahora continua el punto esencial de esta fase y es proceder a ponderar para lo cual puede ser utilizado el Método de la Suma Ponderada ó también el del Producto Ponderado. El más empleado es el de la Suma Ponderada el cual se expresa:

$$Sp_i = \sum_{j=1}^n w_j n_{ij} \quad \forall_i \quad (\text{por alternativas})$$

n_{ij} : utilidades normalizadas

w_j : pesos de cada criterio

Si los resultados de la suma ponderada en cada alternativa fueran iguales se aplica el Método del Producto Ponderado. Este se expresa a partir de:

$$P_{P_i} = \prod_{j=1}^n (n_{ij})^{w_j} \quad \forall_i$$

V Fase: Interpretación de la Solución.

En ella se establece el orden de prioritario de las alternativas disponibles para implementar el programa.

Si todos los criterios fueron maximizados se ordena de mayor a menor siendo las primeras alternativas las de menores dificultades. Si los criterios fueron minimizados significa lo contrario a lo explicado.

2 Experiencias obtenidas con la aplicación del análisis multicriterio en la implementación de programas de intervención macroergonómicos

Como se ha comentado el Análisis Multicriterio brinda una ayuda valiosa cuando los especialistas tienen ante sí la necesidad de elegir entre varias alternativas y se observa a simple vista que ninguna de ellas domina al resto, es decir, es mejor en todos los criterios con respecto a las demás alternativas, es en esta situación donde se recurre al Análisis Multicriterio.

Existen tres empresas en las que se ha aplicado este análisis para comenzar la aplicación del Programa de Intervención Macroergonómico, ellas son:

- a. Un Combinado Textil.
- b. Una Empresa de Fabricación de Calzado.
- c. Una Empresa que ofrece servicios diversos (servicentros, taller automotriz, centros de elaboración, lavanderías, entre otros).

En los tres casos existían varias alternativas no siendo posible decidir a simple vista. Las fases del proceso de decisión multicriterio establecidas fueron seguidas obteniendo los resultados finales. Para realizar de manera más rápida los cálculos de cada una de las fases explicadas con anterioridad y obtener la decisión final se hizo uso de una aplicación informática que minimiza el tiempo de cálculo. A modo de ejemplo se describen los resultados obtenidos en la segunda empresa.

1.1 Aplicación del Análisis Multicriterio de Tipo Discreta en la Empresa de Fabricación de Calzado

I Fase: Identificación de las alternativas y criterios de decisión

Las alternativas quedaron definidas según se muestra en la Tabla 2 refiriéndose la columna "descripción" al número con que se identifican cada una de las fábricas o alternativas.

La identificación de los criterios definidos por el grupo de especialistas son los mostrados en la Tabla 3.

II Fase: Elaboración de la Matriz de Decisión

La matriz de decisión elaborada muestra las 12 alternativas (fábricas) existentes y los 4 criterios que caracterizan el conjunto de elección. La Tabla 4 muestra la matriz de decisión generada.

El resto de las fases explicadas, incluida esta fase II presentada, son obtenidas haciendo uso de la aplicación informática creada. Sus resultados son mostrados en las Tablas 5 y 6, respectivamente.

Tabla 5. Resultados de la Ponderación

La Tabla 5 muestra en la segunda columna los valores obtenidos en la ponderación para cada una de las fábricas. Como todos los criterios fueron maximizados los menores valores corresponden a las fábricas de mayores dificultades y los mayores valores son los de mejor situación.

La Tabla 6 presenta de forma ordenada los resultados obtenidos presentándoles a los especialistas el orden de prioridad en que deben seleccionar las alternativas posibles para poner en práctica el programa de intervención macroergonómico. En el primer lugar, con los menores valores obtenidos en la ponderación se encuentra la fábrica 103 y, en la última posición se encuentra la fábrica 127 con los mejores resultados. En este caso la fábrica 103 a ser atendida con primera prioridad coincide con los intereses económicos y productivos de la empresa al determinar sus producciones los ingresos fundamentales de la misma.

Es preciso tener presente que la aplicación de la decisión Multicriterio se ha llevado a cabo para no incidir en todas las áreas a la misma vez, sino para trabajar de manera experimental, aprovechando las experiencias que se deriven de estas primeras aplicaciones lo cual brindará seguridad para continuar la realización de posteriores programas. En este caso en específico fue seleccionada la Fábrica 103 teniendo presente la disponibilidad tanto de recursos humanos para llevar a cabo el programa como las limitaciones de recursos materiales.

Conclusiones

1 La Macroergonomía brinda la posibilidad de realizar un análisis sistémico e integral de los sistemas de trabajo contribuyendo a la mejora de la calidad de vida laboral y a la competitividad de las empresas, pero es necesario el desarrollo de técnicas que la soporten.

2 El paradigma de la Decisión Multicriterio se ha constituido en una potente herramienta para modelar las preferencias del centro decisor en la ayuda a la toma de

Alternativas a evaluar	
Número	Descripción
A1	101
A2	102
A3	103
A4	104
A5	105
A6	107
A7	114
A8	118
A9	119
A10	123
A11	125
A12	127

tabla 2: alternativas generadas

Número	Criterio
C1	Ausentismo
C2	Accidentalidad
C3	Rotación
C4	Cumplimiento del plan de Producción

tabla 3: criterios definidos por el grupo de especialistas

Alternativas	Criterios			
	C1	C2	C3	C4
A1	3.80000000	1.00000000	0.08000000	54.00000000
A2	2.02000000	1.00000000	0.12000000	30.00000000
A3	3.02000000	200.00000000	0.20000000	49.00000000
A4	5.18000000	100.00000000	0.08000000	71.00000000
A5	3.11000000	100.00000000	0.10000000	90.00000000
A6	5.65000000	1.00000000	0.23000000	96.00000000
A7	1.67000000	1.00000000	0.07000000	178.00000000
A8	6.25000000	1.00000000	0.22000000	67.00000000
A9	4.65000000	1.00000000	0.13000000	84.00000000
A10	2.20000000	1.00000000	0.06000000	25.00000000
A11	6.20000000	1.00000000	0.08000000	124.00000000
A12	5.23000000	1.00000000	0.40000000	79.00000000

tabla 4: matriz de decisión generada

Orden	Resultado de la ponderación
01	.1387686300
02	.1033134600
03	.1030874200
04	.0934615300
05	.0932035500
06	.0900193700
07	.0852185300
08	.0846795400
09	.0788726100
10	.0506558300
11	.0442643500
12	.0344551700

tabla 5: resultados de la ponderación

Fabricas	Orden de prioridad
101	9
102	8
107	7
103	1
118	11
105	4
104	2
119	6
127	12
114	10
125	5
123	3

tabla 6: orden de prioridad según el método de decisión multicriterio de tipo discreta

decisiones en cualquier área de la ciencia.

3 El empleo del Análisis Multicriterio en los programas de intervención macroergonómico constituye una ayuda valiosa cuando los especialistas desean comenzar a implementar los mismos de manera experimental o bien por vez primera para después continuar su desarrollo a toda la organización.

Bibliografía

1. BARBA, S. & POMERD, J. C.: Decisiones Multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. Colección de Economía, España, (1997).
2. HENDRICK, H. W.: Ergonomics in Organizational Design and Management, Ergonomics, 34 (6), estados unidos, (1991).
3. HENDRICK, H. W.: Introduction to Macroergonomics. Proceedings of the 14 th Triennial Congress of the IEA, vol. 2, San Diego, California, (2000).
4. KLEINER, B.M. & TECH, V.: Macroergonomics Methods and Tools for improved Performance and Well-Being: Symposium Overview, Proceedings of the 14 th Triennial Congress of the IEA, vol. 2, San Diego, California, (2000).
5. MEJÍAS, S. : Herramienta de Intervención macroergonómica para el mejoramiento de los sistemas de trabajo. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Técnicas, Cuba, (2003).
6. MONTERO, R.: Un paso hacia el futuro: el desarrollo de la Macroergonomía. Boletín Factores Humanos, España, (2000).
7. PROKOPENKO, J.: La Gestión de la Productividad. Manual Práctico. Editorial Limusa, México, (1991).