

Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para medir la evolución de la sostenibilidad de un fabricante de neumáticos

Emilio José García Vilchez y María Isabel Sánchez Báscones

Application of methods to aid decision making for measuring the evolution of the sustainability of a tyre manufacturer

RESUMEN

Existe una especial preocupación por los diferentes grupos de interés en conocer la evolución de la sostenibilidad de una compañía. Tradicionalmente, este seguimiento se ha llevado a cabo a través de indicadores individualizados y concretos, principalmente económicos, que miden su evolución de forma aislada o en conjunto, pero sin una agregación que simplifique la decisión del *stakeholder* interesado. Esto hace que las grandes inversiones o asuntos estratégicos de conjunto puedan estar sesgados por no disponer de datos simplificados y globalizados.

Para este fin concreto se utilizan los métodos de ayuda a la toma de decisión, que permiten unificar y normalizar el universo de datos que una compañía utilice, para poder compararlos globalmente, disponiendo así de una visión más totalitarista y general de la realidad que vive su organización, y así poder decidir al menos con toda la información disponible de manera ordenada y objetivamente agregada a la hora de posicionarse de forma estratégica.

Recibido: 3 de febrero de 2011
Aceptado: 7 de abril de 2011

ABSTRACT

There is particular concern among the various stakeholders about understanding the evolution of the sustainability of a company. Traditionally this monitoring has been carried out through individualized and specific indicators, mainly economic, which measure its evolution either individually or as a combination, but without an aggregation which might simplify the decision of the concerned stakeholder. This means that major investments or joint strategic issues can be skewed by not having simplified global data.

For this particular purpose methods to aid decision making are used, which permit the unification and standardisation of the universe of data that a company uses, to compare them globally, thus providing a more totalitarian and general vision of the reality experienced by the company, allowing it to decide using, at least, all available information in an orderly and objectively aggregated manner when positioning itself strategically.

Received: February 3, 2011
Accepted: April 7, 2011

Palabras clave

Tomada de decisiones, indicadores, sostenibilidad, índices, empresas

Keywords

Decision making, indicators, sustainability, indexes, companies



Foto: Pictelia

En nuestros días, existe una especial preocupación por la supervivencia de las empresas en tiempos de crisis. Para ello, es necesario tener en cuenta los factores críticos que hacen que esta crezca y se desarrolle, para poderlos potenciar e interiorizar dentro de la cultura de la compañía.

Los principales aspectos que deben ser considerados guardan relación directa con la parte económica, la componente social y la ambiental, lo que se conoce como *sostenibilidad o desarrollo sostenible*, a través de la optimización de los procesos una mejora de los impactos ambientales, sociales y económicos resultantes de las actividades de la empresa (Epstein, 2008).

Para poder medir la evolución de los resultados dentro de este ámbito es preciso contar con una o más variables temporales de carácter numérico que sirvan para orientar a la dirección de una compañía sobre “lo bien o lo mal que estamos haciendo las cosas”, que ayuden a gestionar los recursos de la compañía para obtener resultados consistentes a largo plazo y que, además, satisfagan las necesidades y expectativas de todos los grupos de interés (Álvarez-Arenas, 2000). A este dato o conjunto de datos numéricos se les denomina *indicadores*.

Por indicador, o KPI (*key performance indicator*), se entiende una variable numé-

rica que aporta información más allá del dato, y que sirve, por tanto, para conocer y analizar una realidad o fenómeno que sucede, y que, además, permite comparar el desempeño de la compañía con los objetivos establecidos.

Para poder llevar a cabo el tratamiento de estos indicadores y medir su evolución temporal, se utilizan métodos de ayuda a la toma de decisión, en los que a través de diferentes normalizaciones y ponderaciones de los valores numéricos se obtiene un valor agregado que es comparable en el tiempo (Díez de Castro, 2002). De esta forma se determina cómo la compañía va evolucionando en un ámbito de estudio (en nuestro caso, la sostenibilidad) e incluso puede intercomparar resultados entre diferentes emplazamientos de una misma empresa o empresas del mismo sector (estudios de *benchmarking*).

Métodos de ayuda a la toma de decisión

Definición

La toma de decisiones puede considerarse una formalización del sentido común para aquellos problemas demasiado complejos en que este no puede ser utilizado de modo informal (Keeney, 1982).

La toma de decisión se asocia a las cinco primeras etapas de un proceso de resolu-

ción de problemas (figura 1). Se inicia en la identificación y definición del problema y concluye en la selección de la alternativa, que es en sí la toma de decisión.

Agentes y elementos presentes en una toma de decisión

Según Chiavenato (2007), es necesario contar con diferentes elementos para llevar a cabo la toma de decisión de forma acertada:

- Decisor o analista. Es el responsable de la recogida de la información, de la determinación de los criterios que utilizar, de la construcción de las alternativas y de la selección de una de ellas.

- Alternativas. Es una de las posibles soluciones que se le puede dar al problema. Por la generalidad las alternativas son diferentes, excluyentes y exhaustivas.

- Atributos y criterios. Consisten en los diferentes ejes de evaluación que se consideran para la elección de una alternativa. En algunas ocasiones, para establecer diferentes planos de igualdad y poder hacer la decisión más fácil y objetiva, se otorgan unos pesos a cada atributo.

- Pesos. Valores que hacen que un criterio sea más o menos importante frente a otro. Los pesos pueden ser cardinales u ordinales. De entre los diferentes métodos de asignación de pesos

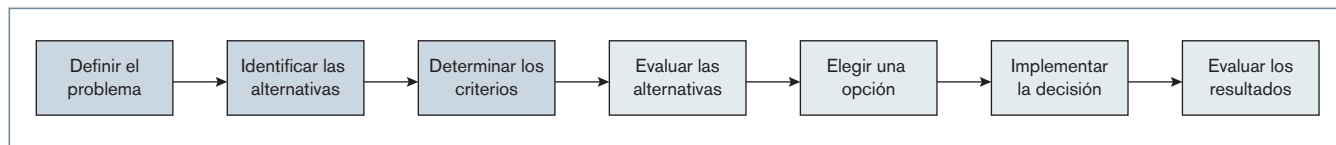


Figura 1. Etapas del proceso de resolución de problemas (Simon, 1960).

destaca el de la asignación directa, que está formado por el método de la ordenación simple, el método de la tasación simple, el método de las comparaciones sucesivas y el método de los Eigenpesos.

– Matriz de decisión. Es la matriz formada por los pesos y las alternativas, con todas las valoraciones dos a dos. En esta matriz pueden coexistir valores en muy distintos rangos y unidades, por lo que hay que normalizar los datos a través del uso de los métodos del porcentaje del máximo, del rango, del total o el vector unitario.

Tipologías

La elección de la mejor opción se presenta cuando una alternativa supera al resto en todos los criterios (solución ideal). Esto no es lo que sucede normalmente, por lo que no existe dicha solución óptima.

Los distintos problemas de decisión, tras diversas investigaciones se agrupan en dos grandes categorías (White, 1990):

a) *Toma de decisiones multiatributo*. Está asociada con problemas donde el número de alternativas está predeterminado, y el decisor tan solo debe seleccionar, clasificar u ordenar las diferentes alternativas. Dentro de esta categoría se encuentran los métodos con solución a priori y los métodos interactivos.

Los métodos más utilizados son los de solución a priori, en los que la información es obtenida a priori a partir de los datos suministrados por los decisores. La clasificación de estos métodos (figura 2) se realiza según la información que tiene disponible el decisor, ya sea ordinal, cardinal (numérica) o estandarizada (Venkata, 2007).

b) *Toma de decisiones multiobjetivo*. En este caso está asociada con problemas donde dichas alternativas no están determinadas a priori, y el propósito del decisor es obtener o diseñar la “mejor” alternativa con los recursos limitados de que dispone (como pueden ser el tiempo o el coste).

Además de estas dos categorías principales, existen otros métodos denominados interactivos, los cuales son progresivos, caracterizados por que el decisor se desplaza de una solución a la siguiente de forma interactiva, según la información

facilitada en cada etapa por las preferencias sobre las soluciones presentadas.

Dentro del abanico de métodos existentes, se ha utilizado en este artículo el método AHP (*analytic hierarchy process*) propuesto por Saaty a finales de la década de 1970, que pertenece a la categoría de los Eigenpesos, y por ello se va a desarrollar a continuación con un grado de profundidad mayor.

El AHP calcula el autovector dominante de una matriz de comparación binaria para cada categoría y se pondera para calcular el valor normalizado que le corresponde a cada criterio.

Para ello, parte de comparar, cada criterio *i* con cada criterio *j*, dos a dos, obteniendo unos valores *aij* (aun cuando utilicen la misma notación, no tienen nada

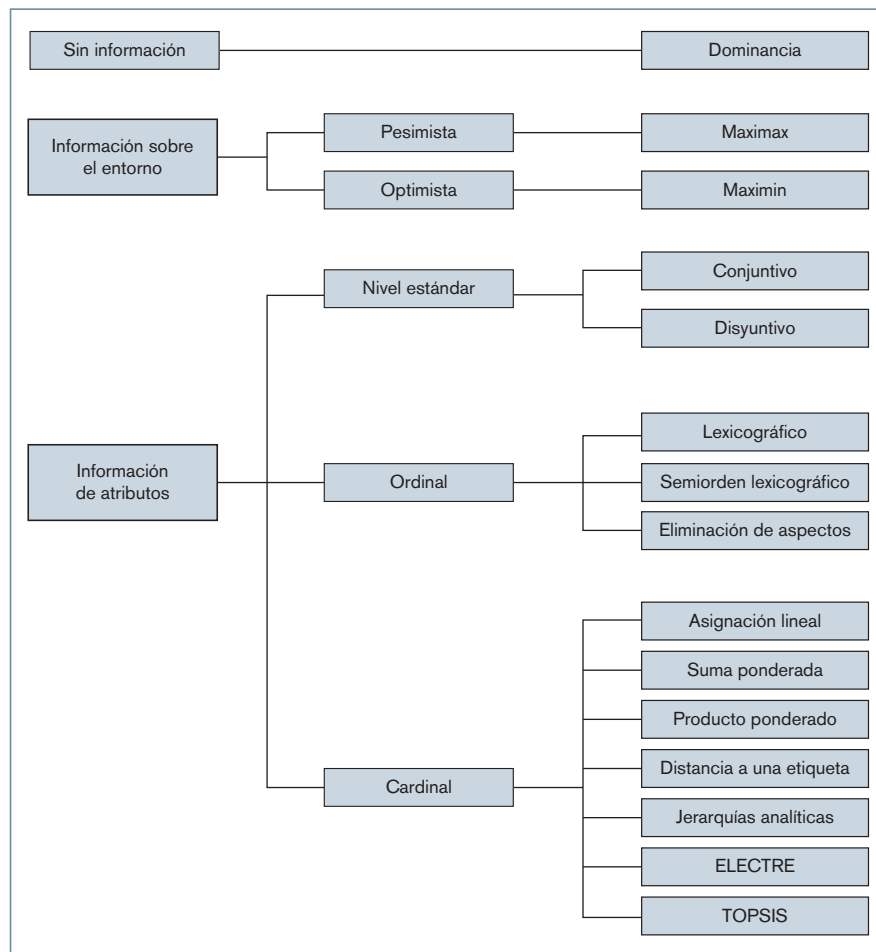
que ver con las evaluaciones de las alternativas) que podemos agrupar en una matriz cuadrada de orden *n*: la llamada matriz de comparaciones binarias $A = [aij]$. La razón fundamental de comparar de dos en dos los criterios es que para el decisor resulta más fácil así (divide y vencerás) que compararlos todos a la vez.

La escala de medida elegida por Saaty para realizar las comparaciones es la mostrada en la tabla 1.

En el caso de que al hacer la comparación no fuese el criterio *i* igual o más importante que el *j*, sino al revés, lo que haríamos sería estimar *aji*; de acuerdo con lo anterior y la valoración de $aij = 1/aji$.

Las matrices A de comparaciones binarias son del tipo de las llamadas matrices recíprocas, las cuales gozan de

Figura 2. Resumen de los métodos de toma de decisión según la información que dispone el decisor (Hwang y Yoon (1981), y Chen y Hwang (1992), en Venkata 2007).



Cuando i al compararlo con j es.....		FACTOR a_{ij}
Igual importancia	Las actividades contribuyen de idéntica forma al objetivo	1
Ligeramente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre la otra	3
Fuertemente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra	5
Muy fuertemente más importante o preferida	Una actividad es fuertemente favorable y su dominación está demostrada en la práctica	7
Extremadamente más importante o preferida	La evidencia que favorece a una actividad sobre la otra es la mayor posible en el orden de afirmaciones	9
Valores intermedios	Expresivos en la indefinición entre dos valores básicos de la escala	2, 4, 6, 8

Tabla 1. Asignación de pesos según Saaty. (Saaty, 1982).

unas interesantes propiedades en las que se basa en gran parte la eficacia del método AHP.

Para calcular los pesos o la importancia de cada una de las alternativas en los diferentes criterios, y de los diferentes criterios entre sí, se deben obtener los vectores propios asociados al mayor valor propio de cada matriz de comparaciones binarias.

El cálculo exacto del mayor valor propio y del vector propio asociado a cada una de estas matrices, cuando las dimensiones de las matrices son mayores de 4 x 4, es muy complejo y se recurre bien a programas informáticos (Macros en MS Excel, Matlab, MDwin, Expert Choice, etc.) o en su defecto a métodos para el cálculo aproximado más inmediatos y muy fiables.

Para este caso, se ha recurrido al método 3, que consiste en dividir los elementos de cada columna entre la suma de esta columna (normalizar la columna), después realizar la suma de los elementos de cada fila (ya normalizados por columnas) y dividirlos entre el número de elementos de cada fila (o sea, realizar la media) y los normaliza al dividir cada una de estas sumas entre la suma de las de todas las filas. El vector resultante es el que usamos como vector de pesos.

Una vez obtenidos los pesos se construye con ellos una función de utilidad que permite hacer las comparaciones de las diferentes alternativas y así clasificarlas. Esta función de utilidad corresponde a la evaluación de la siguiente expresión:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot W_{ij}$$

siendo w_j el valor correspondiente al peso del criterio j , y W_{ij} el peso que cada alternativa i tiene asociado para ese criterio j .

La metodología AHP con la ponderación de índices se ha utilizado en distintas publicaciones con datos de indicadores de desarrollo sostenible para las multinacionales Henkel (Krajnc y Glavic, 2004), BP y Shell (Krajnc y Glavic, 2005).

Tras realizar cualquier análisis AHP es necesario llevar a cabo un análisis de consistencia. Una matriz de comparaciones binarias es consistente cuando $a_{ij} = w_i \cdot w_j$, para todo i, j . Esto significa que a_{ij} (la importancia relativa de i frente a j) es exactamente el cociente w_i / w_j de sus pesos (sus importancias absolutas que tratamos de estimar).

Para realizar este análisis, primero se calcula Aw^T , multiplicando la matriz de comparaciones binaria (A) por la matriz transpuesta de los pesos (w^T).

Posteriormente, se calcula el autovector dominante de la siguiente forma:

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{fila } i \text{ de } Aw^T}{\text{fila } i \text{ de } w^T}$$

A continuación, se calcula el índice de consistencia:

$$CI = \frac{\sigma_{\max} - n}{n - 1}$$

siendo n el rango de la matriz A ($n \times n$)

Para ello hay que buscar el índice aleatorio (RI) para el rango de la matriz (N), que se establece en la tabla 2:

Finalmente, se hace el cociente que muestra la ratio de inconsistencia, que debe ser menor que 0,1 para que la con-

sistencia de la matriz de comparaciones binarias sea aceptable.

Aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisión a un conjunto de indicadores

Introducción

Una vez puesta de manifiesto la necesidad de medir a través de indicadores y de haber desarrollado los métodos para agregar y seleccionar la alternativa que maximiza el objetivo buscado, se muestra la aplicación práctica a un conjunto de indicadores vinculados con el ámbito del desarrollo sostenible de una compañía multinacional dedicada a la fabricación de neumáticos.

En total se dispone de 175 datos (tabla 3), correspondientes a 25 indicadores dentro del periodo 2001-2007 (siete años).

Dichos valores en algunos casos se han ponderado para salvaguardar la confiabilidad.

Matriz de decisión y normalización de los datos

La matriz de decisión utilizada en todos los casos dispone a los criterios (indicadores de medida) en filas y a las alternativas (años) en columnas. Su notación es A y su configuración es del tipo $n \times m$. Para la normalización de los datos (valores entre 0 y 1) se utiliza el método del porcentaje del total, para conservar así la proporcionalidad de los datos.

Para indicadores crecientes (todos excepto LTIFR, IG y los ambientales menos el que refiere a la fabricación en plantas certificadas con la norma ISO 14001), se han normalizado los valores de la matriz de decisión de la siguiente manera:

Tabla 2. Valores del índice aleatorio para el rango de la matriz (Saaty, 1980).

NN	01	02	33	44	55	66	77	88	99	110	111	112	113	114	115
RRI	00	00	00,58	00,90	11,12	11,18	11,32	11,41	01,45	11,49	11,51	11,48	11,56	11,57	11,59

Respeto a los clientes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
% de gastos de investigación (sobre ventas netas)	4,6	4,6	4,6	3,8	3,6	3,6	3,6
Respeto a las personas							
Nº de empleados	132.510	129.853	126.285	126.474	126.000	126.673	130.000
Horas de formación por empleado	20	20	20	29	40	50	63
LTIFR (nº de accidentes con baja por millón de horas trabajadas)	18	15	9,93	5,73	3,61	2,55	2,39
IG (nº de días de baja por cada 100 horas trabajadas)	0,5	0,5	0,46	0,32	0,25	0,21	0,21
% de mujeres en el consejo de administración	0	0	0	0	3,2	6,7	6,7
% de mujeres en puestos de gestión	10	11	13	13,7	14,3	14,8	15,1
Nº de encuentros oficiales con las autoridades públicas	10	11	10	14	26	22	24
Training access rate (% de número de horas de formación con respecto al nº de horas trabajadas)	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3
Respeto a accionistas							
% de accionistas que son empleados	3,8	3,5	2,8	2,4	2,1	2	1,66
Ventas netas (millones de euros)	15.775	15.645	15.370	15.689	15.590	16.384	16.867
Beneficio neto (millones de euros)	296	581	329	527	889	573	774
Beneficio neto por accionista (euros)	0,93	0,93	0,93	1,25	1,35	1,45	1,6
Reparto a accionistas (millones de euros)	148	290	194	185	221	204	217
Gastos de personal (millones de euros)	5.260	5.125	4.997	4.872	4.780	4.718	4.733
Respeto al medio ambiente							
% de contribución de la fabricación del neumático en su ciclo de vida	15	13,5	11,7	4,5	4,6	4,7	4
% de producto fabricado en plantas certificadas con la ISO 14001	65	80	90	90	94,8	99,4	99,8
Consumo de agua por tonelada de producto terminado (m3)	17,5	17	16	15,3	15	14,9	13,3
Consumo de energía por tonelada de producto terminado (GJ)	18	17,5	17,3	17,1	17,4	17,2	15,6
Emissiones de CO ₂ por tonelada de producto terminado (toneladas)	1,6	1,7	1,5	1,48	1,53	1,48	1,37
COV por tonelada de producto terminado (kg)	5,3	4,9	4,77	4,56	4,27	3,97	3,48
Emissiones de SO ₂ por tonelada de producto terminado (kg)	3	2,5	2,18	1,68	1,65	1,22	1,1
Emissiones de NOx por tonelada de producto terminado (kg)	1,2	1,1	1,08	0,96	1,01	0,85	0,7
Residuos por tonelada de producto terminado (kg)	152	145	132	138	140	130	128
% de residuos enviados a vertedero	35	32	27	23,5	23,6	20	15,6

Tabla 3. Valores de los indicadores anuales de la multinacional fabricante de neumáticos. (Elaboración propia, principalmente a partir de las memorias de sostenibilidad del Global Reporting Initiative 2002-2008 de dicha compañía).

$$v_{ij}^+ = \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

, siendo i (valor de la fila) constante, dado que la normalización se lleva a cabo por filas. En cambio, si el valor que se quiere normalizar pertenece a un indicador de tipo decreciente, se efectúa el cálculo con el complemento a la unidad de la siguiente manera:

$$v_{ij}^- = 1 - \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

, siendo i (valor de la fila) constante, dado que la normalización se lleva a cabo por filas. Tras este proceso de normalización

de datos se obtiene la matriz A_N para cada una de las tres categorías (tabla 4).

Asignación y ponderación de pesos

A continuación, se realiza la asignación de pesos según Saaty entre los diferentes indicadores individualizados de cada una de las tres categorías y se normalizan los pesos (W_N).

Por motivos de extensión se incluye como ejemplo el proceso completo seguido para los indicadores económicos (tablas 5 y 6), siendo análogo para el conjunto de indicadores sociales y ambientales.

Tras disponer de la matriz de decisión normalizada (A_N) y los valores para los pesos para cada criterio también norma-

lizados (W_N) para las categorías económica, ambiental y social, se calcula el valor agregado del índice por categoría para cada año mediante la siguiente multiplicación matricial:

$$A_N \cdot W_N = AW_N$$

Análisis de consistencia

Por último, es necesario llevar a cabo un análisis de consistencia para comprobar la adecuada ponderación de pesos. Este análisis matemático se muestra para el conjunto de indicadores económicos ponderados en las tablas 5 y 6, siendo análogo para los indicadores sociales o ambientales.

Indicadores económicos normalizados	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	0,16	0,16	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13
% de accionistas que son empleados	0,21	0,19	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09
Ventas netas (millones de euros)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
Beneficio neto (millones de euros)	0,07	0,15	0,08	0,13	0,22	0,14	0,20
Beneficio neto por accionista (euros)	0,11	0,11	0,11	0,15	0,16	0,17	0,19
Reparto a accionistas (millones de euros)	0,10	0,20	0,13	0,13	0,15	0,14	0,15
Gastos de personal (millones de euros)	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Indicadores sociales normalizados							
Nº de empleados	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Horas de formación por empleado	0,08	0,08	0,08	0,12	0,17	0,21	0,26
LTIFR (nº de accidentes con baja por millón de horas trabajadas)	0,69	0,74	0,83	0,90	0,94	0,96	0,96
IG (nº de días de baja por cada 100 horas trabajadas)	0,80	0,80	0,81	0,87	0,90	0,91	0,91
% de mujeres en el consejo de administración	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,40	0,40
% de mujeres en puestos de gestión	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Nº de encuentros oficiales con las autoridades públicas	0,09	0,09	0,09	0,12	0,22	0,19	0,21
Training access rate (% de número de horas de formación con respecto al nº de horas trabajadas)	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
Indicadores ambientales normalizados							
% de contribución de la fabricación del neumático en su ciclo de vida	0,74	0,77	0,80	0,92	0,92	0,92	0,93
% de producto fabricado en plantas certificadas con la ISO 14001	0,11	0,13	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16
Consumo de agua por tonelada de producto terminado (m3)	0,84	0,84	0,85	0,86	0,86	0,86	0,88
Consumo de energía por tonelada de producto terminado (GJ)	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87
Emissiones de CO ₂ por tonelada de producto terminado (toneladas)	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87
COV por tonelada de producto terminado (kg)	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,89
Emissiones de SO ₂ por tonelada de producto terminado (kg)	0,77	0,81	0,84	0,87	0,88	0,91	0,92
Emissiones de NOx por tonelada de producto terminado (kg)	0,83	0,84	0,84	0,86	0,85	0,88	0,90
Residuos por tonelada de producto terminado (kg)	0,84	0,85	0,86	0,86	0,85	0,87	0,87
% de residuos enviados a vertedero	0,80	0,82	0,85	0,87	0,87	0,89	0,91

Tabla 4. Valores de los indicadores normalizados de la multinacional fabricante de neumáticos. (Elaboración propia).

Tabla 5. Asignación de pesos (Elaboración propia).

	% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	% de accionistas que son empleados	Ventas netas (millones de euros)	Beneficio neto (millones de euros)	Beneficio neto por accionista (euros)	Reparto a accionistas (millones de euros)	Gastos de personal (millones de euros)
% de gastos en investigación (sobre ventas netas)	1,00	0,33	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00
% de accionistas que son empleados	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00
Ventas netas (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Beneficio neto (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Beneficio neto por accionista (euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Reparto a accionistas (millones de euros)	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Gastos de personal (millones de euros)	0,33	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00
SUMA	6,33	3,65	14,00	14,00	14,00	14,00	5,80

Índice	Año						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
I CS (peso 1/3 todos los índices)	0,3211	0,2836	0,3305	0,3411	0,3632	0,3742	0,3821
I CS (peso 2/4 económico y 1/4 los otros)	0,2798	0,2532	0,2834	0,2899	0,3071	0,3136	0,3198
I CS (peso 1/4 económico, 2/4 social y 1/4 ambiental)	0,2750	0,2127	0,2842	0,2967	0,3288	0,3438	0,3525
I CS (peso 1/4 económico, 1/4 social y 2/4 ambiental)	0,4086	0,3848	0,4238	0,4368	0,4537	0,4652	0,4739

Tabla 8. Valores del Índice de Compuesto de Sostenibilidad (I_{CS}) (elaboración propia).

Método / año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dominancia	-	X	X	-	X	-	X
Maximin	-	-	X	-	-	-	-
Maximax	-	-	-	-	-	-	X
Conjuntivo	-	-	-	-	-	-	-
Disyuntivo	-	X	-	-	X	-	X
Asignación lineal	-	-	-	-	-	-	X
Suma ponderada	-	-	-	-	-	-	X
Producto ponderado	-	-	-	-	-	-	X
AHP (I CS)	-	-	-	-	-	-	X
Nº de coincidencias	-	2	2	-	2	-	7

Tabla 9. Resumen de resultados de los nueve métodos utilizados (elaboración propia, a partir de los resultados de la aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisiones).

Conclusiones

Una vez vista la aplicación práctica de los métodos de ayuda a la toma de decisión a un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible englobados en las categorías económica, social y ambiental, se ha comprobado que es posible unificar y simplificar los indicadores simples en valores agregados que permiten a los altos directivos conocer la evolución anual de su organización de manera rápida y sencilla para poder establecer su estrategia.

El comité de gestión de la empresa dedicada a la fabricación de neumáticos pudo ratificar con este análisis la correcta evolución que seguía la compañía hacia el desarrollo sostenible dado que el I_{CS} en el último periodo había sido mejor que en los anteriores y las bondades del método de toma de decisiones AHP seleccionado.

Igualmente, a la vista de los resultados, se observó que los aspectos económicos y sociales son susceptibles de mejora, dado que su índice agregado es menor que el correspondiente al ambiental.

Con este análisis de datos correspondientes a un periodo de siete años, cada año al comienzo, la compañía va a establecer unos objetivos para los diferentes índices agregados y realiza su revisión periódica,

estableciendo diferentes planes de acción en caso de que no se alcancen.

Con el desarrollo y puesta en práctica de esta herramienta, la empresa abre la vía de poderla utilizar para sobre otras fábricas, y poder intercomparar resultados y así determinar los centros *best in class* existentes.

Bibliografía

Álvarez-Arenas M. (2000). Indicadores del Desarrollo Sostenible. *Ekonomi Gerizan* 7: 114-131. Federación de Cajas de ahorros Vasco-Navarras, Bilbao.

Chiavenato A. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. Mc Graw-Hill Interamericana, Colombia. ISBN: 9789701061046.

Diez de Castro JA, Redondo López V, Barreiro Fernández B, López Cabarco MA. (2002). *Administración de Empresas. Dirigir a la Sociedad del Conocimiento*. Pirámide, Madrid. ISBN: 9788436816785.

Epstein MJ. (2008). *Making sustainability work: best practices in managing and measuring corporate social, environmental and economic impacts*. Greenleaf Publishing Ltd, U.K. ISBN: 9781576754863.

García Vilchez EJ, Sánchez Báscones MI. (2010). *Desarrollo del modelo de sostenibilidad integrado (M.S.I.) para la medida de la gestión sostenible de una industria de procesos: Aplicación al sector de fabricación de neumáticos*. Universidad de Valladolid (España). Y/D Tesis 003933.

Keeney RL. (1982). Decision analysis. An Overview. *Woodward-Clyde Consultants*. San Francisco (California). doi:10.1057/jors.1982.89

Korhonen PJ, Laakso J. (1986). A visual interactive method for solving the multiple criteria problem. *European Journal of Operational Research* 24 (2): 277-287, Elsevier.

Krajnc D, Glavic P. (2004). A model for integrated assessment of Sustainable Development.

Resources, Conservation and Recycling, 43 (2): 189-208, Elsevier.

Krajnc, D., Glavic, P. (2005). How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics* 55 (4): 551-553, Elsevier.

Lai YJ, Hwang CL. (1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications. *Lecture notes in economics and mathematical systems* vol. 404 Note(s): XIV, p. 475. Springer-Verlag, Berlin.

Saaty TL. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York. ISBN 0-07-054371-2.

Saaty TL. (1982). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences* 1 (1): 83-98, Pittsburgh (Pensilvania).

Saaty TL. (1990). How to make a decision. *European Journal of Operations Research* 48: 9-26, Elsevier Ltd.

Simon H. (1960). *The new Science of Management Decision*. Harper & Row, New York. ISBN: 0136161367.

Venkata Rao R. (2007). *Decision making in the manufacturing environment. Using graph theory and fuzzy multi attribute decision making*. Springer-Verlag, London. ISBN: 1846288185.

White DJ. (1990). A bibliography on the applications of mathematical programming multiple-objective methods. *Journal of the Operational Research Society* 41 (8) 669-691, Macmillan Publishers Limited, UK.

Emilio José García Vilchez

emigarvil@gmail.com
Ingeniero técnico industrial en Química. Ingeniero en Organización Industrial por la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid. Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad de Valladolid. Máster en Ingeniería de la Calidad, Logística Integral y Prevención de Riesgos Laborales.

María Isabel Sánchez Báscones

Doctora en Ciencias Químicas. Profesora titular de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid.