



# El análisis de eficiencia y la selección de indicadores estratégicos de gestión: una propuesta de aplicación para la PRL

Artículo publicado en la revista Seguridad nº 154. Julio 2004.

Jesús Portillo García-Pintos  
Ingeniero de Minas  
Doctor Ingeniero Industrial  
Centro Nacional de Medios de Protección - INSHT

## 1. Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo principal ofrecer una aportación de interés práctico y riguroso que sirva como soporte instrumental para optimizar la gestión de las PYMEs en toda empresa con suficiente capacidad de gestión moderna.

El referente de partida es la diagnosis de gestión obtenida bajo un criterio globalizador e integral de la actividad industrial desarrollada durante la realización del Proyecto Qualityman en el contexto de la iniciativa europea ADAPT, y aplicada sobre una muestra de 33 empresas de 7 sectores industriales en Galicia (Componentes de Automoción, Construcción Naval, Textil, Extracción y Transformación de Madera, Extracción y Transformación de Granito, Extracción y Transformación de Pizarra y Sector Auxiliar de la Construcción Naval) que ocupan directamente a un colectivo de 5000 personas e inducen empleo para un colectivo de unas 16.000 personas. Dichos sectores están calificados como de potencial positivo y de desarrollo sostenido.

En líneas generales, esta tarea de diagnosis puede sintetizarse en los siguientes términos:

Para cada una de las 33 empresas integrantes de la muestra se realizó un análisis de sus capacidades gerenciales, considerándose cinco áreas temáticas representativas de las mismas, a saber: organización y recursos humanos, calidad, innovación (incluye producción y tecnologías de la información / comunicación), prevención de riesgos laborales y medioambiente. Dentro de cada área se seleccionaron una serie de indicadores funcionales característicos de las mismas.

Sobre la base de los resultados anteriores se construyó un indicador agregado ( $I_{GSN}$ ) relativo a la situación general de cada una de las áreas temáticas analizadas, conforme a una escala ordinal de intervalo de cinco niveles.

A continuación, se incluyen los resultados obtenidos. Por evidentes razones de confidencialidad, las empresas se han denotado por un alias formado por un acrónimo indicativo del sector de actividad al cual pertenecen, y dentro de cada sector las empresas se han nominado correlativamente.



**Tabla 1**  
**Indicadores globales de situación**

ALIAS EMPRESA	IGS <sub>N</sub>				
	O+RRHH	CALIDAD	INNOVAC.	P.R.L.	MEDIO AMBIENTE
1AA	2,39	3,47	3,16	1,25	2,10
2AA	2,40	4,32	4,28	2,55	2,30
3AA	2,28	1,94	2,53	1,16	2,10
4AA	2,59	4,29	3,68	2,27	2,30
5AA	2,43	3,28	3,52	1,33	2,00
1AN	2,19	2,43	2,28	1,00	2,01
2AN	2,57	2,90	3,37	1,62	2,44
3AN	2,21	2,54	2,00	2,00	1,90
4AN	2,61	3,74	3,67	2,48	2,48
5AN	2,64	3,28	2,32	1,81	2,38
6AN	1,70	3,22	2,00	1,29	2,73
1G	2,33	2,15	3,21	1,25	2,34
2G	2,30	1,75	1,33	1,39	1,94
3G	2,81	2,43	3,39	1,45	2,34
4G	1,34	2,22	3,12	1,43	1,00
1M	2,36	1,96	2,58	1,16	2,30
2M	2,09	2,32	3,10	2,49	1,46
3M	1,17	1,21	2,36	1,08	2,20
4M	1,00	1,00	2,00	1,16	1,00
5M	2,34	3,71	2,58	1,42	2,24
1N	2,32	2,43	1,99	1,98	2,10
2N	2,62	4,75	3,71	3,82	2,24
1P	2,08	2,47	3,29	1,44	2,10
2P	2,29	2,10	2,94	1,53	3,00
3P	2,29	2,75	2,94	1,53	1,14
4P	1,95	1,07	2,62	0,92	1,00
1T	1,34	3,57	2,37	1,16	2,04
2T	2,22	3,47	3,45	1,25	2,18
3T	2,28	3,35	3,16	1,66	2,06
4T	2,35	2,18	3,16	1,25	2,04
5T	2,54	3,47	3,41	1,25	1,97
6T	2,61	3,96	2,63	1,33	1,97
7T	2,17	2,96	2,70	1,31	1,97



Estos resultados constituyen la base sobre la cual formular y aplicar un modelo analítico que permita evaluar el grado de eficiencia de la gestión de la empresa para sus distintas áreas temáticas. El trabajo que ahora se propone, metodológicamente se desarrolla en tres fases:

- formulación y aplicación de un modelo matemático para el análisis de eficiencia
- interpretación de resultados
- extracción de conclusiones

## 2. Análisis de eficiencia

La evaluación de la eficiencia en una muestra de las características de la analizada, presenta como uno de sus principales problemas la heterogeneidad de conceptos manejados para la evaluación de las diferentes áreas temáticas consideradas. Complementariamente, la evaluación del rendimiento de cada empresa para las diferentes áreas temáticas, no debe ser realizada de un modo individualizado, sino que es preciso contemplar la posición relativa de cada empresa respecto al global de la muestra, y sobre esta base estimar la potencial mejora que podría desarrollar la empresa para las variables analizadas.

Los enfoques paramétricos clásicos, en general se muestran insuficientes para la resolución del problema, estribando su principal debilidad en la necesidad de establecer una relación funcional específica que ligue las diferentes variables del modelo (las cuales tendrán que haber sido previamente clasificadas en “dependientes” e “independientes”). Un enfoque alternativo, que solventa en gran medida los inconvenientes planteados, es la técnica de “análisis por envoltura de datos” (de aquí en adelante DEA, acrónimo de los vocablos ingleses Data Envelopment Analysis).

De un modo general, se puede establecer que el DEA es una técnica encaminada a la evaluación de la eficiencia de una serie de elementos objeto de estudio (las empresas de la muestra en nuestro caso), habitualmente denominados “Unidades de Toma de Decisión” (de aquí en adelante DMU, acrónimo de los términos ingleses Decision Making Unit), siendo los elementos de juicio para dicha evaluación, múltiples variables de entrada y de salida para cada una de las DMU consideradas. En contraste con los tradicionales métodos paramétricos, cuyo propósito es optimizar un ajuste de regresión a los referidos datos, el DEA realiza una optimización para cada observación individual, con el objetivo de calcular una frontera constituida por intervalos graduales y delimitada por un conjunto de DMUs eficientes. En estas condiciones, el DEA produce una superficie de producción extrema de carácter empírico, la cual en términos económicos representa la que se muestra como la frontera de la mejor práctica productiva posible, es decir, la máxima salida empíricamente obtenible para cualquier DMU en la población observada, dado su nivel de entradas. Para cada DMU ineficiente (cualquiera que se encuentre bajo la frontera), el DEA identifica las fuentes y el nivel de ineficiencia para cada una de las salidas y de las entradas. El nivel de ineficiencia se determina por comparación respecto a una DMU de referencia o respecto a una combinación convexa de otras DMU de referencia situadas en la frontera eficiente, que utilicen el mismo nivel de entradas, y que produzcan el mismo o un mayor nivel de salidas.

### 1. Modelos matemáticos. Formulación

El cuerpo conceptual y metodológico del DEA encuentra su implementación práctica en una serie de modelizaciones, que en función de sus diferentes concepciones, arrojan resultados que dan pie a una variedad de posibilidades interpretativas. A la hora de decantarse por un modelo concreto es preciso fundamentalmente, considerar dos cuestiones. Por un lado definir la caracterización geométrica de la frontera empírica que determinará la práctica de mayor eficiencia. Ésta frontera puede ser convexa o no, lo cual es equivalente a decir que el modelo seleccionado permita la consideración de retornos de escala variables (en el caso de frontera convexa) o constantes (en el caso de frontera no convexa). La otra cuestión objeto de consideración es si se debe orientar la formulación del modelo hacia la consecución de una maximización de las salidas, una minimización de las entradas o bien otorgar el mismo énfasis al conjunto de entradas-salidas.

Para la construcción del modelo en el presente estudio, y sobre la base de estos condicionantes, se han tenido en consideración los siguientes particulares:

- Preferiblemente se construirán modelos con frontera convexa (retornos de escala variables) lo cual aumenta enormemente el abanico de variantes interpretativas.



- El objetivo esencial del estudio será contemplar la maximización de los indicadores globales de situación (IGSN) obtenidos para las distintas áreas temáticas analizadas, al objeto de evaluar para cada una de las empresas consideradas su mayor o menor proximidad a la frontera de eficiencia. En consecuencia, dichos indicadores actuarán como salidas del sistema (Y), y los modelos seleccionados tendrán o bien orientación de salida o bien serán de orientación neutra (misma importancia a las entradas y salidas del sistema).
- Al objeto de reflejar la influencia de la situación productiva de cada empresa en el seno de su sector de actividad se va a introducir una nueva variable que se va a constituir en entrada del modelo para las distintas empresas (X). En este sentido, se ha utilizado un indicador económico de extendida utilización y sencilla interpretación como es la facturación por empleado, el cual se ha normalizando para una escala continua de rango [0,5]. Los valores de dicho indicador son los que se recogen a continuación:

**Tabla 2**  
**Ratio normalizado facturación por empleado**

ALIAS	PLANTILLA	FACTURACIÓN (M€)	FACTURACIÓN / EMPLEADO (M€/ hombre)	RATIO PONDERADO
1AA	105	6,61	0,063	3,50
2AA	49	2,70	0,055	3,07
3AA	60	3,30	0,055	3,07
4AA	200	18,03	0,090	5,00
5AA	56	4,21	0,075	4,17
1AN	85	3,61	0,043	3,38
2AN	350	18,03	0,052	4,10
3AN	32	2,01	0,063	5,00
4AN	65	2,40	0,037	2,95
5AN	30	1,20	0,040	2,23
6AN	300	6,01	0,020	1,57
1G	5	Nueva PYME	---	---
2G	29	2,40	0,083	0,65
3G	36	22,84	0,635	5,00
4G	33	4,51	0,136	1,07
1M	213	9,62	0,045	0,87
2M	19	1,44	0,076	1,47
3M	499	129,02	0,258	5,00
4M	12	0,96	0,080	1,55
5M	32	1,98	0,062	1,20
1N	112	7,81	0,070	1,74
2N	300	60,10	0,200	5,00
1P	60	4,81	0,080	0,36
2P	240	9,62	0,040	0,18
3P	110	5,41	0,049	0,22
4P	25	27,65	1,106	5,00
1T	400	48,08	0,120	5,00



2T	53	3,61	0,068	2,83
3T	140	6,31	0,045	1,88
4T	165	4,81	0,029	1,20
5T	95	3,00	0,032	1,33
6T	76	4,21	0,055	2,30
7T	80	6,01	0,075	3,13

Desde el punto de vista analítico, los distintos modelos se presentan en la forma de problemas de programación lineal. En el presente estudio, sobre la base de las consideraciones previas, se han considerado dos modelos de frontera convexa, uno sin orientación y otro con orientación de salida, cuya formulación es la que a continuación se introduce.

#### a. Modelo aditivo, forma envolvente, de entrada no discrecional

Para la presentación de la formulación del modelo, se va a utilizar la siguiente notación:

$X$  = matriz correspondiente a las entradas del sistema. De un modo general tendrá unas dimensiones de  $m$  (nº de entradas)  $\times$   $n$  (nº de DMUs). En el caso particular de la muestra objeto de estudio en el presente trabajo, será un vector fila de (1  $\times$  32) elementos, cuyos valores serán los recogidos en la tabla 2. Como ya se ha indicado, los valores numéricos de estas entradas corresponden al indicador adimensional resultante del ratio normalizado facturación / empleado. A cada DMU genérica  $j$ , le correspondería el vector columna de la posición  $j$  ( $X_j$ ), compuesto por los elementos  $\{x_{ij}\}$  (donde  $i=1, \dots, m$ ) representan los valores de las distintas entradas para esa DMU (empresa). En nuestro caso este vector columna se reduce a un único elemento (pues solo existe una entrada).

$Y$  = matriz correspondiente a las salidas del sistema. De un modo general tendrá unas dimensiones de  $s$  (nº de salidas)  $\times$   $n$  (nº de DMUs). En el caso particular de la muestra objeto de estudio en el presente trabajo, la matriz tendrá las dimensiones (5  $\times$  32), cuyos valores serán los recogidos en la tabla 1. Los valores numéricos de estas salidas corresponderán a los indicadores adimensionales IGSN obtenidos para cada una de las áreas temáticas. A cada DMU genérica  $j$ , le corresponderá el vector columna de la posición  $j$  ( $Y_j$ ) compuesto por los elementos  $\{y_{rj}\}$  (donde  $r=1, \dots, s$ ) representan los valores de las distintas salidas para esa DMU (empresa). En nuestro caso estos vectores columna estarán compuestos por cinco elementos correspondientes a los IGSN relativos a las áreas temáticas de organización y recursos humanos, calidad, innovación, PRL y medioambiente respectivamente.

$s^+$  = vector columna relativo a las variables de holgura ("slacks") de las salidas. De un modo genérico, tendrá dimensiones de ( $s \times 1$ ), las cuáles en el caso de la muestra de referencia se concretan en (5  $\times$  1). Sus unidades serán iguales a las de las variables de salida. En este caso los valores adimensionales relativos a los IGSN de cada una de las cinco áreas temáticas analizadas.

$s^-$  = vector columna relativo a las variables de holgura ("slacks") de las entradas. De un modo genérico, tendrá dimensiones de ( $m \times 1$ ), las cuáles en el caso de la muestra de referencia se concretan en (1  $\times$  1). Sus unidades serán iguales a las de las variables de entrada. En este caso los valores relativos al indicador adimensional resultante del ratio normalizado facturación / empleado.

$\lambda$  = vector columna de multiplicadores adimensionales, de dimensiones ( $n \times 1$ ), las cuáles en este caso se concretan en (32  $\times$  1).

$X_0, Y_0$  = valor de las entradas y salidas de la DMU objeto de evaluación en cada una de las  $n$  iteraciones del problema. En nuestro caso corresponderán sucesivamente a las entradas y salidas de cada una de las DMU objeto de evaluación.

Como ya se ha indicado, los distintos modelos se presentan en la forma de problemas de programación lineal. Para el caso concreto del modelo aditivo, forma envolvente, el modelo queda expresado en los siguientes términos:



$$\min_{\lambda, s^+, s^-} z_0 = -1 s^+ - 1 s^-$$

$$\text{s.a. } Y\lambda - s^+ = Y_0$$

$$-X\lambda - s^- = -X_0$$

$$\begin{matrix} \rightarrow \\ 1\lambda = 1 \end{matrix}$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

### b. Modelo radial con orientación de salida de entrada no discrecional, formulación de Andersen - Petersen

Para la presentación del modelo, se va a utilizar la misma notación que en el modelo anterior, y adicionalmente se van a introducir los siguientes elementos:

- una variable  $\varphi$  que conceptualmente responde a un factor de expansión radial de las salidas del modelo,
- una constante infinitesimal,  $\epsilon$ .

Sobre la base de estas variantes, el modelo que se va a utilizar en el presente trabajo, queda explicitado en los siguientes términos:

$$\min_{\varphi, \lambda, s^+, s^-} z_0 = \varphi + \epsilon 1 s^+$$

$$\text{s.a. } \begin{matrix} \varphi Y_0 - Y\lambda + s^+ = 0 & " Y \neq Y_0 \\ X\lambda + s^- = X_0 & " X \neq X_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \rightarrow \\ 1\lambda = 1 \end{matrix}$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

La aplicación de los modelos, cuestión ésta que se aborda en el siguiente apartado del presente trabajo, permitirá disponer de un conjunto de elementos de juicio que ayudarán a ponderar el peso de las distintas funciones gerenciales analizadas, y en consecuencia, orientar las líneas de actuación tendentes a su optimización.

## 2. Aplicación y resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos para la resolución de los modelos, así como su interpretación.

### a. Modelo aditivo

Para la presentación de los resultados se va a utilizar una tabla en la que se recoja:

- Un indicador de eficiencia denominado genéricamente "score". Éste indicador es el valor de la función objetivo (suma de las variables de holgura - "slacks" -) y en consecuencia, una DMU será



eficiente únicamente si este indicador vale cero. Cuanto mayor sea el indicador, mayor es la ineficiencia de la DMU.

- Los valores de las variables de holgura (slacks) obtenidos para cada una de las DMU. Un análisis particularizado de las mismas permitirá conocer en qué variables de salida (indicadores IGSN para las distintas áreas temáticas) se está concentrando fundamentalmente la ineficiencia.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 3**  
**Valores de las holguras para el modelo aditivo**

Nº de orden	DMU	Score	SLACKS				
			ORRHH	CALIDAD	INNOVAC	PRL	M. AMBTE.
1	1AA	3,77	0,06	0,95	0,99	1,58	0,19
2	2AA	0					
3	3AA	5,84	0,12	2,38	1,75	1,39	0,2
4	4AA	1,54	0	0,24	0	1,31	0
5	5AA	4,03	0,1	1,29	0,44	1,94	0,27
6	1AN	6,15	0,25	1,96	1,91	1,75	0,28
7	2AN	2,66	0	1,08	0,22	1,36	0
8	3AN	6,49	0,41	2,21	1,71	1,82	0,34
9	4AN	0					
10	5AN	0					
11	6AN	0					
12	2G	3,8	0,01	0,71	1,83	0,31	0,95
13	3G	0					
14	4G	3,98	0,98	0,56	0,23	0,41	1,78
15	1M	2,31	0	0,57	0,57	0,61	0,56
16	2M	0					
17	3M	9,12	1,45	3,54	1,35	2,74	0,04
18	4M	7,59	1,34	2,15	1,58	0,85	1,67
19	5M	0					
20	1N	3,19	0,03	0,87	1,67	0,1	0,52
21	2N	0					
22	1P	0					
23	2P	0					
24	3P	0					
25	4P	9,58	0,67	3,68	1,09	2,9	1,24
26	1T	6,66	1,28	1,18	1,34	2,66	0,2
27	2T	2,95	0,17	0,67	0,72	1,22	0,18
28	3T	1,7	0,07	0,06	0,57	0,47	0,53
29	4T	2,22	0	0,66	0,2	0,64	0,73
30	5T	0					
31	6T	0					
32	7T	4,78	0,24	1,37	1,56	1,28	0,33



Así por ejemplo, la DMU 1AA resulta ineficiente según indicador de valor 3,77 unidades, de las cuales 0,06 corresponden al área de O+RRHH, 0,95 al área de calidad, 0,99 al área de innovación, 1,58 al área de PRL y 0,91 al área de medioambiente.

Esta disposición de los resultados, permite desarrollar una variante interpretativa consistente en analizar como se distribuye porcentualmente la ineficiencia entre las distintas salidas (áreas temáticas).

Sea  $S_j$  el indicador global de eficiencia para la DMU "j" denotado como "score" en la tabla de presentación de resultados y sea  $s_{ij}$  el valor de la variable de holgura "i" para la DMU "j". En estas condiciones, el porcentaje de ineficiencia (INi) atribuible a cada una de las áreas temáticas vendrá dado por:

$$IN_i = \frac{\sum_{j=1}^{32} s_{ij}}{\sum_{j=1}^{32} S_j} \times 100 \text{ (global)} \quad \wedge \quad IN_i = \frac{\sum_{j=1}^k s_{ij}}{\sum_{j=1}^k S_j} \times 100 \text{ (sectorial)}$$

donde:

$i = 1, \dots, 5$  (1= O+RRHH, 2= Calidad, .... , 5= Medioambiente)

$k = n^\circ$  empresas del sector ( $k=5$  auxiliar automoción, ...,  $k=7$  textil)

Procediendo de esta manera, se obtienen los siguientes resultados para la distribución global de la ineficiencia:

**Tabla 4**  
**Distribución global de la ineficiencia entre las distintas áreas temáticas**

	ORRHH	CALIDAD	INNOVAC.	PRL	M. AMBTE.
Ineficiencia (%)	8,1	29,6	22,3	28,7	11,3

## b. Modelo radial

Para la presentación de los resultados del modelo, se va a utilizar una tabla en la que se recogen los datos generales de eficiencia para cada una de las DMU, sobre la base de los siguientes indicadores:

Un indicador de eficiencia denominado genéricamente "score". Éste indicador, es el indicador de "supereficiencia" definido por Andersen / Petersen. Para las DMU ineficientes, el indicador señala la expansión radial (en %) que deberían sufrir las salidas para lograr su proyección sobre la frontera de eficiencia (complementariamente es preciso completar esta proyección con un movimiento según una métrica L1). Para las DMU eficientes, según los modelos radiales clásicos, el indicador valdría 100 (no es posible expandir las salidas hacia la eficiencia pues la DMU está rindiendo al máximo de sus posibilidades) y no existiría gradación de las DMUs eficientes. Mediante la variante de Andersen / Petersen se permiten valores menores de 100, cuyos complementos a 100 indicarían en que porcentaje se podrían decrementar las salidas sin que la DMU dejara de ser eficiente.

Una columna denominada genéricamente "Benchmarks" que indica:

para las DMU ineficientes, cuáles han sido los elementos de la frontera que determinan su ineficiencia y entre paréntesis en que cuantía (las  $\lambda_i$  del problema de programación lineal) han intervenido dichos elementos en la combinación lineal que determina la potencial mejora.

para las DMU eficientes, el número de DMU ineficientes que la han escogido como referente en la frontera de eficiencia.



Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 5**  
**Resultados de eficiencia para el modelo radial**

Nº de orden	DMU	Score	Benchmarks
1	1AA	110,26%	9 (0,53) 13 (0,12) 21 (0,20) 31 (0,16)
2	2AA	85,80%	9
3	3AA	116,53%	9 (0,14) 10 (0,40) 13 (0,35) 23 (0,11)
4	4AA	100,90%	2 (0,05) 9 (0,31) 13 (0,04) 21 (0,60)
5	5AA	107,69%	2 (0,39) 9 (0,04) 13 (0,44) 21 (0,14)
6	1AN	121,85%	9 (0,29) 10 (0,21) 13 (0,41) 23 (0,09)
7	2AN	102,63%	9 (0,48) 13 (0,37) 23 (0,15)
8	3AN	122,60%	9 (0,17) 13 (0,48) 21 (0,35)
9	4AN	96,37%	12
10	5AN	97,34%	4
11	6AN	97,81%	1
12	2G	103,86%	10 (0,04) 23 (0,62) 30 (0,34)
13	3G	93,51%	9
14	4G	113,76%	2 (0,26) 22 (0,74)
15	1M	103,39%	23 (0,40) 30 (0,60)
16	2M	86,06%	1
17	3M	132,13%	2 (0,13) 23 (0,87)
18	4M	178,86%	2 (0,34) 16 (0,25) 22 (0,41)
19	5M	89,99%	1
20	1N	105,97%	9 (0,47) 21 (0,05) 23 (0,48)
21	2N	66,75%	8
22	1P	91,87%	2
23	2P	big	10
24	3P	79,35%	1
25	4P	138,48%	2 (0,27) 13 (0,73)
26	1T	118,15%	11 (0,35) 21 (0,65)
27	2T	111,94%	2 (0,44) 9 (0,40) 21 (0,05) 23 (0,10)
28	3T	108,48%	2 (0,18) 9 (0,22) 19 (0,19) 23 (0,06) 24 (0,02) 30 (0,34)
29	4T	106,14%	2 (0,02) 9 (0,02) 23 (0,17) 30 (0,79)
30	5T	94,01%	4
31	6T	97,13%	2
32	7T	121,57%	9 (0,53) 10 (0,23) 13 (0,10) 21 (0,08) 31 (0,06)

A la vista de los resultados, se puede observar que el modelo determina como eficientes a las mismas DMU que en el caso del modelo aditivo. Lo que varía en este caso es la métrica utilizada para medir la distancia a la frontera de eficiencia. Así por ejemplo la DMU identificada como 1AA resulta ineficiente, siendo preciso aplicar a sus salidas una expansión radial según un coeficiente de valor 1,1026. No obstante, esta expansión no es suficiente, y es preciso completar la proyección hacia el referente de optimalidad en la frontera (que al igual que en el caso anterior viene determinado por la combinación lineal - de acuerdo con las intensidades indicadas entre paréntesis - de las DMU calificadas como "Benchmark") mediante un movimiento según una métrica L1 a partir de las variables de holgura.



Para las DMU eficientes, el valor del indicador es menor que 100. Como ya se ha indicado su complemento a 100 indica en que porcentaje se podrían disminuir las salidas sin perder por ello la DMU su carácter de eficiente. Así por ejemplo, a la DMU codificada como 2AA se le podría aplicar una contracción radial de valor máximo 14,2% ( $=100-85,8$ ) y seguiría siendo eficiente. Por tanto, cuanto menor sea el indicador de Andersen / Petersen mayor es la eficiencia de la DMU (la DMU codificada como 2P tiene un valor del indicador referido como "big" el cual indica que se le podría aplicar cualquier decremento arbitrario de sus salidas sin perder por ello su condición de eficiente).

Esta gradación obtenida a partir del indicador de "superficiencia" va a ser la que se utilice para el planteamiento de las posibilidades interpretativas del modelo.

Para ello, y siguiendo un planteamiento análogo al utilizado por el Boston Consulting Group (BCG) para la categorización de los tipos de productos se va a construir una salida gráfica en la que en abscisas se presente el indicador de Andersen / Petersen en orden decreciente (valores crecientes de eficiencia) y en ordenadas el ratio normalizado de facturación por empleado.

De los siete sectores industriales analizados, a continuación y a título ilustrativo se presentan los resultados obtenidos para los sectores relativos a las industrias extractivas (granito y pizarra).

### Sector granito

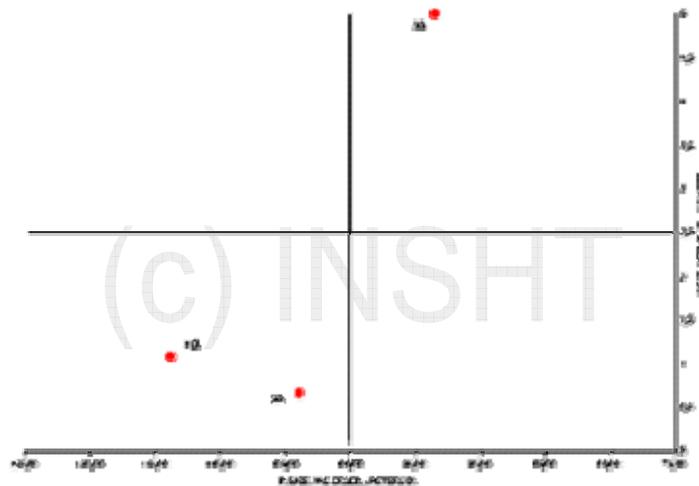


Figura 1. Matriz productividad / eficiencia. Sector granito

### Sector pizarra

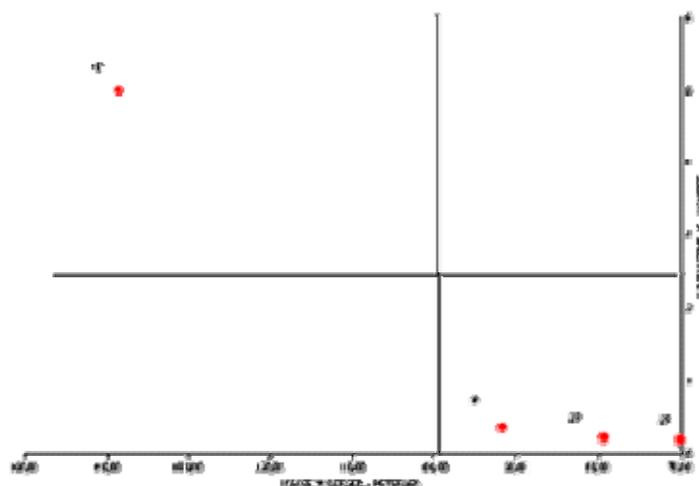


Figura 2. Matriz productividad / eficiencia. Sector pizarra



### 3. Interpretación de resultados

#### a. Modelo aditivo

A la vista de los resultados, puede observarse que las áreas más deficitarias (aquellas que podrían presentar unos IGSN más elevados que los que están presentando en la actualidad dada su posición dentro del sector definida por el ratio normalizado facturación / empleado) son las de calidad y PRL. Por tanto, el *desarrollar herramientas prácticas de gestión para el área temática de PRL, fundamentadas esencialmente en los principios dimanados de los sistemas de gestión de la calidad, son acordes con las necesidades reales de las empresas componentes de la muestra*. Así, las áreas temáticas de PRL y calidad suelen presentar un estado evolutivo parejo en cada una de las empresas analizadas y *su desarrollo conjunto se muestra como una necesidad cierta* para un eficaz crecimiento de las empresas en sus respectivos sectores de actividad.

#### b. Modelo radial

En el sector granito se observa una homogeneidad bastante grande de todas las empresas, para todas las áreas temáticas, destacando, no obstante, la mejor posicionada en el terreno de la innovación, situación ésta que puede denotar el empleo de una técnicas extractivas más acordes con la evolución del mercado que las del resto de sus competidores.

Para el sector de la pizarra, se observa la existencia de unas puntuaciones aceptables en el área de innovación, no siendo el nivel de desarrollo demasiado adecuado para el resto de las áreas. Para evolucionar hacia la región de optimalidad, las empresas 1P, 2P y 3P debieran aumentar su productividad, mientras que la 4P debiera reforzar sus áreas más débiles que en este caso son las relativas a Prevención de Riesgos Laborales y Calidad.

### 4. Conclusiones

Las metodologías y herramientas de gestión presentadas en este trabajo, dirigidas especialmente a empresas dotadas de suficiente capacidad de gestión, pretenden ser una aportación para modernizar la gestión de sus recursos humanos, dotándolas así de medios instrumentales que ayuden a incrementar su competitividad en el horizonte del siglo XXI.

No se ha tratado pues de realizar sólo un ejercicio académico, sino de proponer respuestas prácticas, novedosas y eficaces que aplicadas convenientemente, hagan posible la transformación de los tradicionales estilos de gestión de la mayoría de las PYMEs de la extensa muestra estudiada.

Hoy día no se trata sólo de saber elegir el camino correcto, sino de además ser capaz de reconocerlo. El entorno de la empresa está experimentando tal cantidad de cambios que hasta los credos empresariales parecen estar ahora cuestionados. Cuando los viejos modelos no sirven para interpretar la nueva realidad, metodologías participativas de gestión pueden resultar de excelente ayuda, siempre y cuando las gerencias de las empresas sean capaces de interpretar el cambio y sepan trasladarlo al conjunto de los empleados de las compañías de manera perdurable.

Por otra parte el presente estudio demuestra la necesidad de enfatizar y mejorar la gestión de áreas muchas veces consideradas como periféricas (calidad, prevención de riesgos laborales, medio ambiente), cuya real incidencia para la competitividad de la empresa no se valora adecuadamente, y que sin duda constituyen pilares fundamentales para el denominado desarrollo sostenible.

### Bibliografía

BIRD F.E., GERMAIN G.L. Practical loss control leadership. Longanville (Georgia): International Loss Control Institute, 1986.

CHARNES A., COOPER W.W. ET AL. Data envelopment analysis: theory, methodology, and application. Norwell, MA (USA): Kluwer Academic Publishers, 1996.



HSE (Ed.). Successful Health and Safety Management. London: 1994.

LARRAÑETA J. Programación lineal y grafos. Sevilla: Servicio de publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987.

OUCHI W. Los Círculos de Calidad y Productividad. Barcelona: ODE Gestión de Planificación Integral S.A, 1982.

PORTILLO GARCÍA-PINTOS, J. Diseño de modelos participativos e integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales aplicables a poblaciones reales y representativas del tejido industrial de las PYMEs en España. Sevilla. Tesis Doctoral inédita, 2002.

PORTILLO SOSA J. Problemas de competitividad en las PYMEs: aporte de estrategias y soluciones. En Cursos de verano UIMP. Santander, 1994.

SCHEEL H. Efficiency Measurement System (EMS) v. 1.2. Documentation. Dortmund: Universidad de Dortmund, 1999.

(c) INSHT