

Hybrid heuristic algorithms for minimizing weighted earliness-tardiness in parallel machines

F. Villa¹

¹Department of Statistics, Operations Research and Quality, Polytechnic University of Valencia Valencia, Spain

Keywords: Scheduling, parallel machines, earliness-tardiness, integer quadratic programming.

1. Introduction

In Just-In-Time scheduling, not only tardiness but also earliness are penalized. Tardy jobs, completed after their due date, result in customer discontent, contract penalties, loss of sales and loss of reputation, but early jobs also have non-desirable effects such as inventory carrying costs, the opportunity cost of the money invested in inventory, storage and insurance costs, and product deterioration. Therefore, criteria involving both earliness and tardiness costs are receiving increased attention in machine scheduling research. In this paper we consider the identical parallel machines scheduling problem in which the objective is to minimize the total weighted earliness and tardiness with a common due date. The problem can be defined as follows. There are n jobs to be processed on m identical parallel machines. All jobs have the same due date d , that is, should end their process at time d . For each job i , the processing time p_i , the penalty per period of earliness α_i , and the penalty per period of tardiness β_i , are known. No pre-emption is allowed, all the jobs are available at time zero and the machines are continuously available for work. If we denote the completion time of job i by C_i , the objective is $\min \sum_i \alpha_i E_i + \beta_i T_i$, where $E_i = \max \{d - C_i, 0\}$ and $T_i = \max \{C_i - d, 0\}$.

In practice, problems with common due date appear when a set of jobs are produced to be assembled together in a later phase or when a set of products have to be sent together to a client.

When dealing with this objective function, two cases can be distinguished. We consider a problem as unrestricted, following the definition provided by Webster [18], if the optimal cost cannot decrease with increases in the common due date. In this case we say that the due date is large (d^l). This definition includes as a trivial case that in which the common due date is greater than or equal to the sum of all the processing times, which is the definition of unrestricted used by some other authors. In the restrictive case the due date affects the optimal schedule and we say that the due date is restrictive (d^r). In this paper we consider the problem with restrictive due date.

In the classification scheme of Graham et al. [7] the problem can be defined as $P|d_i = d^r|\sum_i (\alpha_i E_i + \beta_i T_i)$. The problem is NP-hard in the strong sense because the standard NP-hard problem $P|\sum_i w_i C_i$ can be seen as a particular case. Baker and Scudder [1], Gordon et al. [6] and Lauff and Werner [12] have published surveys on common due date scheduling problems.

The parallel machine problem without earliness and tardiness penalties and large common due date was studied by Hall [8] and by Sundaraghavan and Ahmed [15]. They generalized Kanet's algorithm [10]. Emmons [5] proposed a $O(n \log n)$ procedure for the problems $Q|d_i = d^f|\sum_i(E_i + T_i)$ and $Q|d_i = d^f|\sum_i(\alpha E_i + \beta T_i)$, modelling the problem as a transportation problem. Kubiak et al. [11] developed a $O(n^3)$ algorithm for $R|d_i = d^f|\sum_i(E_i + T_i)$.

Sun and Wang [14] studied the identical parallel machine problem with large due date and weights proportional to processing times $P|d_i = d^f|\sum_i w_i(C_i - d)$, formulating a dynamic programming algorithm and two list scheduling procedures. Chen and Powell [3] proposed a column generation algorithm for $P|d_i = d^f|\sum_i(E_i + T_i)$ and solved optimally instances with up to 60 jobs.

More recently, Rios-Solis and Sourd [13] have studied the same problem considered here and developed heuristic algorithms based on an efficient search of an exponential size neighborhood. An extensive computational experiment, using known and new test instances showed the good performance of the proposed procedures.

In this paper we consider the problem $P|d_i = d^f|\sum_i (\alpha_i E_i + \beta_i T_i)$ and propose a hybrid heuristic algorithm combining heuristic strategies for job assignment, local search procedures and some exact algorithms for solving one-machine subproblems. These exact procedures have been developed by the authors in a previous work (Villa et al. [17]). The resulting algorithm is compared with Rios-Solis and Sourd algorithms on the same test problems in order to assess the efficiency of the combined strategy.

2. Solving one-machine problems

The one-machine earliness-tardiness problem around a common due date has been extensively studied. From this study we know that there is always an optimal solution satisfying three properties:

- 1 An optimal schedule does not contain any idle time between consecutive jobs (Cheng and Kahlbacher [4]).
- 2 The optimal schedule is V-shaped around the common due date. Jobs completed before or on the due date are scheduled in non-increasing order of p_i/α_i , and jobs starting on or after the due date are scheduled in non-decreasing order of p_i/β_i . (Baker and Scudder [1]). Some authors use the expression W-shaped when considering the possibility of a straddling job, starting before d and finishing after d , for which the orderings do not apply.
- 3 In the optimal schedule, either the first job starts at time zero or there is a job finishing on the due date. (Hoogeveen and van de Velde [9]).

According to property 3, we can classify the instances into two classes: those for which the optimal solution has a job finishing on the due date and those in which the optimal solution starts at time zero. If both conditions hold for a given instance, it is classified into the first class.

We have developed a different model for each class of problems.

Model 1: Problems with a job finishing on the due date

$$\min \sum_i \alpha_i b_i \sum_{j>i, inB} b_j p_j + \sum_i \beta_i a_i \sum_{j\leq i, inA} a_j p_j \quad (1)$$

$$s.t. \sum_{i=1}^n b_i p_i \leq d \quad (2)$$

$$a_i + b_i = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$a_i, b_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{if job } i \text{ finishes on or before } d \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$a_i = \begin{cases} 1, & \text{if job } i \text{ starts on or after } d \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

If there is a job finishing on d , all jobs are classified as jobs finishing on or before d (jobs in set B), and jobs starting on or after d (jobs in set A). Variables a_i and b_i define whether each job i belongs to A or B (obviously, $a_i = 1 - b_i$, but we keep both for the clarity of the model.) Once the jobs are classified, their relative position in A and B is determined by property 2. Therefore, the order required in the objective function is known. The contribution to the objective function of jobs in B and A is given by the first and second terms of expression (1).

Model 2: Problems with a job starting at time zero

In this case, a straddling job, starting before d and finishing after d , can appear. Therefore, we can have $a_i = b_i = 0$ for at most one job. The objective function is calculated in a different way. The contribution of jobs in B (first term in the expression (7)) are computed from time 0; the contribution of jobs in A (second term in the expression (7)) is computed from the end of the sequence at time $T = \sum_i p_i$, and the contribution of the straddling job appears in the third term.

$$\begin{aligned}
\min \quad & \sum_i \alpha_i b_i (d - \sum_{j \leq i, \text{in } B} b_j p_j) + \sum_i \beta_i a_i (T - d - \sum_{j > i, \text{in } A} a_j p_j) \\
& + \sum_i (1 - b_i - a_i) \beta_i (T - d - \sum_j a_j p_j) \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n b_i p_i \leq d \\
& \sum_{i=1}^n a_i p_i \leq T - d \\
& a_i + b_i \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (\\
& \sum_i (a_i + b_i) \geq n - 1 \quad (\\
& a_i, b_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (
\end{aligned}$$

This formulation is also valid for the case in which the optimal solution does not contain any straddling job. In this case, all jobs must belong either to B ($b_i = 1$) or to A ($a_i = 1$), but the model allows one job to be undefined ($a_i = b_i = 0$). Let S^* be the optimal sequence of jobs, B^* the set of its jobs starting before d and A^* the set of its jobs starting on or after d . Let e^* be the job finishing on the due date d and l^* the job starting on d . There are three alternative optimal sets of variables a_i and b_i .

- $\sum_i (a_i + b_i) = n$

All jobs belong either to B^* or A^* and they contribute to the objective function through the first and second term of expression (7). Obviously, e^* does not contribute, because $\sum_{j \leq i, \text{in } B} b_j p_j = d$.

- $\sum_i (a_i + b_i) = n - 1$ and $a_{e^*} = b_{e^*} = 0$

The contribution of job e^* would appear in the third term of expression (7), but its contribution is zero, because $T - d - \sum_j a_j p_j = 0$

- $\sum_i (a_i + b_i) = n - 1$ and $a_{l^*} = b_{l^*} = 0$

The contribution of job l^* would appear in the third term of expression (7), but its contribution is the same as it would be in the second term.

3. An auxiliary model

For problems in which the value of the common due date d does not affect the optimal solution, this optimal solution is given by the solution of the first model. Problems in which the value of d influences the optimal solution are optimally solved by solving the second model. However, it is not easy to decide a priori if a given instance belongs to the first or the second class. Apart from the obvious cases in which $T = \sum_i p_i < d$, there are many instances for which it is not clear.

A possible way of overcoming this difficulty is to start by solving an auxiliary model:

$$\begin{aligned}
& \min \sum_i \alpha_i b_i \sum_{j>i, inB} b_j p_j + \sum_i \beta_i a_i \sum_{j\leq i, inA} a_j p_j \\
s.t. \quad & a_i + b_i = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \\
& a_i, b_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \\
\\
& b_i = \begin{cases} 1, & \text{if job } i \text{ finishes on or before } d \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \\
& a_i = \begin{cases} 1, & \text{if job } i \text{ starts on or after } d \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

In this model, the value of d is not fixed. From the solution of this model we can obtain $d^* = \sum_i b_i p_i$, the length of the jobs finishing on or before the due date, and the solution obtained is an optimal solution for the original problem, with given due date d , if $d \geq d^*$. By substituting $b_i = 1 - a_i$, we really have an unconstrained integer quadratic programming model with n variables. This quadratic model can be efficiently solved and therefore we can obtain the optimal solution even for large instances. If $d^* > d$, the solution of this model is not feasible for the original problem. In this case, we have to solve the model in Subsection 2.2. If this model is difficult to solve, as will be the case for large instances, the solution of the model in Subsection 2.1 will provide a feasible solution and therefore an upper bound for the optimal solution.

A hybrid heuristic algorithm

We have developed an algorithmic scheme consisting of three phases:

Phase 1: Assignment of jobs to machines

We have designed three criteria for assigning jobs to machines:

1. Criterion 1:

(a) Create set A with all jobs $j \in J$ ordered by non-increasing ratio p_j/β_j

(b) Create set B with all jobs $j \in J$ ordered by non-increasing ratio p_j/α_j

(c) While $A \neq \emptyset$

• For machine $i = 1$ to m

Assign the first unassigned job j of set B to machine i

Remove job j from sets A and B

• For machine $i = m$ to 1

Assign the first unassigned job j of set A to machine i

Remove job j from sets A and B

2. Criterion 2:

(a) Create set A with all jobs $j \in J$ ordered by non-increasing ratio β_j/α_j

(b) While $A \neq \emptyset$

• For machine $i = 1$ to m

Assign the first unassigned job j of set A to machine i

Remove job j from set A

- For machine $i = m$ to 1
Assign the first unassigned job j of set A to machine i
Remove job j from set A

3. Criterion 3:

(a) Create set A with all jobs $j \in J$ ordered by non-increasing ratio $p_j \beta_j / \alpha_j$

(b) While $A \neq \emptyset$

- For machine $i = 1$ to m

Assign the first unassigned job j of set A to machine i

Remove job j from set A

- For machine $i = m$ to 1

Assign the first unassigned job j of set A to machine i

Remove job j from set A

These criteria can be randomized in one or both selection steps: instead of taking the job to be assigned from the head of the corresponding list, it can be randomly drawn from a restricted set of candidates (a sublist with the first elements of the original list).

The machine to which the job is assigned can be chosen in random order.

Phase 2 Solving one-machine subproblems

Our previous computational experience using Models of Section 2 for solving one-machine problems shows that the Auxiliary Model and Model 1 can be solved very fast even for large problems, but Model 2 is much more time-consuming and the time requirements become prohibitive for sizes larger than 20. Therefore, we have designed an algorithmic scheme for solving every subproblem optimally whenever possible and heuristically otherwise.

- If $n \leq 18$: Solve the auxiliary model

If $d^* \leq d$, stop. The solution obtained is the optimal solution of the instance.

Else, solve both Models 1 and 2 and keep the best solution obtained (which will be the optimal solution of the problem)

- If $n > 18$: Solve Model 1

The solution obtained is a feasible solution for the subproblem and therefore its value is an upper bound for its optimal solution

The models are solved by using CPLEX 11.0 without any previous convexification of the non-linear objective function.

Phase 3 Improvement phase

The solution obtained combining the solutions of the one-machine subproblems of Phase 2 is improved by using a local search procedure. For each machine i we define its gap_i as the minimum starting time of the jobs assigned to i .

We have devised two moves, one intra-machine move and one inter-machine move.

1. Move 1: Block displacement in one machine

If $\sum_{j \in B_i} \alpha_j < \sum_{j \in A_i} \beta_j$ and $gap_i > 0$, moving the whole job sequence to the left one period improves the objective function by $\sum_{j \in A_i} \beta_j - \sum_{j \in B_i} \alpha_j$. Therefore, we move the sequence to

the left as many periods as possible, until either gap_i becomes 0 or one job in A_i is moved completely into B_i . In this second case the composition of sets A_i and B_i changes and the values of $\sum_{j \in B_i} \alpha_j$ and $\sum_{j \in A_i} \beta_j$ have to be calculated again.

Conversely, if $\sum_{j \in B_i} \alpha_j > \sum_{j \in A_i} \beta_j$ moving the whole job sequence to the right one period improves the objective function by $\sum_{j \in B_i} \alpha_j - \sum_{j \in A_i} \beta_j$ (in this expression we use B'_i and A'_i because if there is a job in B_i finishing at the due date d , its cost is counted in set A'_i and not in B'_i). Therefore, we move the sequence to the right as many periods as possible, until one job in B_i is moved completely into A_i . In this second case the composition of sets A'_i and B'_i changes and the values of $\sum_{j \in B'_i} \alpha_j$ and $\sum_{j \in A_i} \beta_j$ have to be calculated again.

2. Move 2: Swapping job subsequences between machines

If in a machine i there is a job finishing on d , all jobs in this machine are classified as jobs finishing on or before d (jobs in set B_i), and jobs starting on or after d (jobs in set A_i). If that happens in a pair of machines i and k , the corresponding sets A_i and A_k can be swapped between machines without changing the global objective function. After this swap, it may happen that $\sum_{j \in B_k} \alpha_j < \sum_{j \in A_k} \beta_j$. If $\text{gap}_k > 0$, the conditions for an improving block shift to the left are satisfied.

4. Computational results

4.1 Instances

We use the same problems appeared in the paper by Rios-Solis and Sourd [13]. There are two instance sets:

Class SPT: The instances generated by Biskup and Feldman [2] for the one-machine problem $P|d_i=d^r|\sum_i(\alpha_i E_i + \beta_i T_i)$. The processing times p_i are uniformly drawn from $[0, 20]$, the earliness penalties α_i from $[0, 10]$ and the tardiness penalties β_i from $[0, 15]$. This class also contains randomly generated instances in which p_i , α_i and β_i are drawn from $[1, 20]$. There are instances with 10, 20, 50, 100 and 200 jobs. The due date restrictive factor h takes values 0.2, 0.4 and 0.6. The number of machines is 1, 4 and 8.

Class LPT: It contains the instances generated by Rios-Solis and Sourd [13] following the scheme of van den Akker et al. [16]. In the first third of the instances p_i , α_i and β_i are drawn from $[1, 100]$. In the second third, p_i are drawn from $[10, 100]$ and then α_i and β_i from $[p_i - 5, p_i + 5]$, leading to highly correlated instances, because the ratios α_i/p_i and β_i/p_i are close to one. For the remaining instances, p_i , α_i and β_i are drawn from $[90, 100]$. The number of jobs are 10, 20, 50, 100, 125, 150. The values for the h factor are 0.2, 0.4, 0.6 and the number of machines is 1, 4, 8.

The restrictive due date of each instance of both classes is computed as $d = \lceil h \sum_{i \in J} p_i / m \rceil$.

4.2 Computational comparison

The algorithms were coded in C++ and run on a Pentium Mobile at 2.33 GHz. The one-machine subproblems were solved with CPLEX 11.0.

Table 1 compares the results obtained by the different versions of our algorithm with the solution obtained by the algorithm HEN developed by Rios-Solis and Sourd [13]. More concretely, the table shows the average percentage distance from the solution of our algorithms and the solution obtained by HEN, that is $(\text{alg} - \text{HEN})/\text{HEN} \times 100$. HEN is a hybrid algorithm combining an effective heuristic to produce an initial solution with a local search based on an exponential neighborhood. The results reported here have been provided directly by the authors. In this table the comparison is limited to large instances of 150 jobs of class LPT. This subset has been chosen in order to assess not only the quality

but also the speed of the algorithm which includes the exact resolution of medium-size one-machine problems.

The results show that the solutions obtained by this initial version of our algorithm are on average quite near of the reported solutions when there are few machines. However, the solutions worsen when the number of machines increases. Columns 3 to 5 compare the results of the constructive algorithms using each of the three criteria defined for assigning jobs to machines. Criterion C1 is clearly better than C2 and slightly better than C3. Columns 6 to 8 show the results obtained when after the constructive phase Move 1 (within each machine) is used in a local search improving phase. Columns 9 to 11 show the results obtained using Move 2 (swapping complete blocks of jobs between machines) in the local search improving phase.

Table 1: Average percentage distances to solutions of algorithm HEN

h	m	Constructive			Move intra-machine			Move inter-machines		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
0,2	2	0,41	0,49	0,37	0,41	0,49	0,37	0,41	0,49	0,37
	4	1,34	2,04	1,62	0,96	1,67	1,24	0,96	1,67	1,24
	6	2,13	2,83	2,30	2,09	2,77	2,27	2,09	2,77	2,26
	8	5,08	6,44	5,17	3,25	4,61	3,33	3,23	4,58	3,29
0,4	2	0,55	0,75	0,54	0,55	0,75	0,54	0,55	0,74	0,54
	4	1,18	2,49	1,49	1,17	2,48	1,48	1,17	2,45	1,47
	6	2,67	3,66	2,78	2,63	3,62	2,76	2,58	3,52	2,71
	8	4,23	7,01	4,20	3,65	6,43	3,60	3,45	6,01	3,39
0,6	2	0,22	0,41	0,33	0,22	0,41	0,33	0,19	0,40	0,32
	4	0,51	1,58	1,08	0,51	1,58	1,08	0,48	1,52	1,06
	6	1,11	2,36	1,79	1,11	2,36	1,79	1,03	2,25	1,73
	8	1,83	4,08	2,52	1,82	4,07	2,52	1,60	3,46	2,44

The computing times were very short, 5 CPU seconds on average, in contrast with the average of 350 CPU seconds reported by Rios-Solis and Sourd [13] for this class of instances.

In conclusion, the proposed algorithmic scheme appears to be competitive with the best algorithm developed for this problem, specially for problems with few machines.

However, it should be considered just an initial study which is being improved and completed in several ways. Other assignment criteria of jobs to machines and other improving moves are currently being designed and tested. Finally, the constructive procedure and the complete set of improving moves will be embedded into a VNS metaheuristic scheme.

References

- [1] K. Baker and G. Scudder. Sequencing with earliness and tardiness penalties: a review. *Operations Research*, 38(1):22-36, 1990.
- [2] D. Biskup and M. Feldman. Benchmarks for scheduling on a single machine against restrictive and unrestrictive common due dates *Computers and Operations Research*, 28:787-801, 2001.

- [3] Z. Chen and W. Powell. A column generation based decomposition algorithm for a parallel machine just in time scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 116(1):220-232, 1999.
- [4] T.C.E. Cheng and H.G. Kahlbacher. A proof for the longest-job-first in one-machine scheduling. *Naval Research Logistics Quarterly*, 38:715-720, 1991.
- [5] H. Emmons. Scheduling to a common due date on parallel uniform processors. *Naval Research Logistics Quarterly*, 34:803-810, 1987.
- [6] V. Gordon, J. Proth and A. Chu. A survey of the state-of-the-art of common due date assignment and scheduling research. *European Journal of Operational Research*, 139(1):1-25, 2002.
- [7] R. Graham, E. Lawler, J.K. Lenstra and A.H.G. Rinnooy Kan. Optimization and approximation in deterministic sequencing and scheduling: a survey. *Annals of Discrete Mathematics*, 5:287-326, 1979.
- [8] N. Hall. Single and multi-processor for minimizing completion time variance. *Naval Research Logistics Quarterly*, 33:49-54, 1986.
- [9] J.A. Hoogeveen and S.L. van de Velde. Scheduling around a small common due date. *European Journal of Operational Research*, 55:237-242, 1991.
- [10] J. Kanet. Minimizing the average deviation of job completion time about a common due date. *Naval Research Logistics Quarterly*, 28:643-651, 1981.
- [11] W. Kubiak, S. Lou, R. Sethi. Equivalence of mean flow time problems and mean absolute deviation problems. *Operations Research Letters*, 9(6):371-374, 1990.
- [12] V. Lauff and F. Werner. On the complexity and some properties of multi-stage scheduling problems with earliness and tardiness penalties. *Computers and Operations Research*, 31(3):317-345, 2004.
- [13] Y.A. Rios-Solis and F. Sourd. Exponential neighborhood search for a parallel machine scheduling problem. *Computers and Operations Research*, 35:1697-1712, 2008.
- [14] H. Sun and G. Wang. Parallel machine earliness and tardiness scheduling with proportional weights. *Computers and Operations Research*, 30(5):801-808, 2003.
- [15] P. Sundaraghavan and M. Ahmed. Minimizing the sum of absolute lateness in single machine and multimachine scheduling. *Naval Research Logistics Quarterly*, 31:325-333, 1984.
- [16] M. Van den Akker, J.A. Hoogeveen, S. Van de Velde. Combining column generation and lagrangean relaxation to solve a single-machine common due date problem. *INFORMS Journal on Computing*, 14(1):37-51, 2002.
- [17] F. Villa, R. Alvarez-Valdes and J.M. Tamarit. Optimal and approximate solutions for the problem of minimizing weighted earliness-tardiness on a single machine with a common due date. Technical Report TR01-2009, Department of Statistics and Operations Research, University of Valencia, 2009.
- [18] S.T. Webster. The complexity of scheduling job families about a common due date. *Operations Research Letters*, 20:65-74, 1997.

Propuesta de un sistema de indicadores de Responsabilidad Social Corporativa

Carla Vintro Sánchez¹, Josep Comajuncosa Casabella¹, Josep Ma Tristany Trench¹

¹ Dpto. de Organización de Empresas. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa. Universidad Politécnica de Catalunya. Av. Bases de Manresa, 61-73, 08242. Manresa (Barcelona). carla.vintro@upc.edu, josep.comajuncosa@upc.edu, josep.ma.tristany@upc.edu.

Palabras clave: RSC (responsabilidad social corporativa), indicadores, estrategia empresarial, excelencia empresarial.

1. Introducción

En el siglo pasado, el economista M. Friedman (1970) negaba la existencia de la responsabilidad social de la empresa y argumentaba que cualquier actividad que se desvíe de la maximización del beneficio es un mal uso de los recursos. Esta idea liberal difiere de la visión actual que impera en muchos países, pues se considera que la empresa no es sólo responsable ante sus accionistas (*shareholders*), sino ante una serie más amplia de partes interesadas (*stakeholders*) como los trabajadores o la sociedad, y su éxito será mayor y más duradero si se maneja con equilibrio las expectativas de todos estos grupos (Wert, 2006).

Con este nuevo enfoque, se han incorporado objetivos sociales y medioambientales a los objetivos tradicionales de generar valor para el consumidor (ventas) y para el accionista (rentabilidad), y ello ha derivado en la triple cuenta de resultados: económicos, sociales y medioambientales. Precisamente, estos nuevos conceptos en la estrategia empresarial se engloban bajo el término Responsabilidad Social Corporativa (en adelante RSC). La RSC tiene claras sinergias con las disciplinas de calidad, medioambiente y seguridad y salud laboral, y a pesar de haberse fijado distintas guías y principios para la gestión e implantación en las corporaciones, no se dispone, por el momento, de una definición precisa y no existe un sistema de gestión generalizado que integre y controle la estrategia en términos de RSC.

En este trabajo se pretende presentar un conjunto de indicadores de RSC que las empresas puedan aplicar para medir el desarrollo y avances alcanzados en la gestión ética y socialmente responsable, y que a la par sirvan para ganar una mayor confianza de los clientes sobre la corporación, pues las demandas de los consumidores ya no se basan únicamente en la calidad y los costes de los productos y servicios, sino que cada vez valoran más la actuación de la empresa en términos de responsabilidad frente al entorno y a la sociedad.

2. Marco teórico

La RSC puede entenderse como una potente herramienta de gestión (Carroll, 1999) o como un modelo integral de gestión empresarial, orientado hacia la excelencia a largo plazo (Galán, 2008), que persigue la formalización de una opinión positiva del cliente sobre la corporación, y que actúa en beneficio de los distintos grupos de interés de la empresa, mediante el cumplimiento de obligaciones y compromisos legales y éticos. Así pues, no consiste en la única realización de actividades filantrópicas como la colaboración con

organizaciones no gubernamentales, sino que tiene un componente multidimensional e integra cuatro grandes áreas en términos de responsabilidades (Carroll, 1979): económicas, legales, éticas y filantrópicas. De hecho, las iniciativas de RSC van más allá de la obligación de cumplir con la ley en materia de medioambiente, capital humano y relaciones con la comunidad (European Commission, 2001), e integran elementos sociales y medioambientales que obedecen a las expectativas de la sociedad con respecto a la empresa (Araya, 2003).

En base a todo ello, y siguiendo lo indicado por la European Commission (2001), consideramos que se podría definir a la RSC como un concepto a través del cual las organizaciones integran aspectos sociales y medioambientales en sus operaciones y negocios, así como su interacción con las partes interesadas, de manera voluntaria.

3. Normas de RSC

La evolución de la normativa y principios de RSC ha pasado durante los últimos años por distintas etapas, y ha sido desarrollada en tres ámbitos diferentes. En la *Tabla 1* se resumen los puntos principales.

Tabla 1. Evolución de la normativa y principios de RSC. Fuente: elaboración propia.

1)Ámbito universal
<i>Pacto Internacional sobre los Derechos Económicos Sociales y Culturales</i> <i>Pacto Mundial (The Global Compact)</i> <i>The Global Reporting Initiative (GRI) y otros estándares (WBCSR -World Business Council of Sustainable Development; norma SA8000 elaborada por la Social Accountability International)</i>
2)Ámbito Regional: Unión Europea y Occidente
<i>Directrices de la OCDE</i> <i>Constitución Europea: art. II, 97; art. II, 98; art. III, 321</i> <i>El Libro Verde</i> <i>Iniciativas de estandarización en Europa: CSR (Corporate Social Responsibility)</i>
3)Ámbito Nacional: Normativa Española
<i>Constitución Española</i> <i>Legislación administrativa y mercantil: código de Comercio y la Ley de Sociedades Anónimas; Ley 26/84 de Defensa de Consumidores y Usuarios; Ley 1/2005 de Régimen de Comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero; Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente, que incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE; Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Civil Medioambiental; Real Decreto 1795/2008, de 3 de noviembre, por el que se dictan normas sobre la cobertura de la responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de los hidrocarburos para combustible de los buques; Real Decreto 2090 /2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.</i> <i>Jurisprudencia: del Tribunal Supremo (Sentencia del 11 de mayo de 1999; Sentencia del 10 de junio de 2002; Sentencia del 24 de septiembre de 2002) y del Tribunal Constitucional (Sentencia 52/1988, de 4 de abril de 1988; Sentencia 97/2002 de 22 de mayo de 2002; Sentencia 109/2003; Sentencia 16/2004 de 23 de febrero de 2004).</i>

Todas estas regulaciones han derivado en el desarrollo, de guías de implantación para la gestión de la RSC, entre las que se incluye las normas AA 1000:2003, la SGE-21:2008, la SA8000, y la norma ISO 26000 de gran popularidad. Dicha ISO 26000 abarca desde el respeto de los derechos humanos hasta el respeto al medioambiente, y se alinea con las normas ISO 14001 (medioambiente), OHSAS 18001 (seguridad y salud laboral) e ISO 9001

(calidad), facilitando su integración. La norma plantea 7 principios básicos: responsabilidad; transparencia; ética; enfoque *multistakeholder*; respeto a leyes y normas; respeto a normas internacionales de comportamiento; y respeto a los derechos humanos. Y define 7 elementos contextuales: gobierno organizacional; derechos humanos; prácticas laborales; medioambiente; prácticas operativas justas; temas relacionados con el consumidor; y fomento del desarrollo económico de las comunidades locales (ISO, 2008a).

4. Planteamiento

La idea principal del presente trabajo reside en la conveniencia de medir el grado de desarrollo en términos de RSC, por parte de la empresa, de manera periódica. Para ello es preciso disponer de un sistema de indicadores que informen acerca del grado de consecución en cada una de las principales esferas en las que se basa la RSC, puesto que por el momento no existe un indicador consolidado. Así pues, distintos organismos han propuesto sistemas de medida de los resultados alcanzados y han publicado guías de indicadores de RSC, como el *Domini 400 Social Index*, *Dow Jones Sustainability Index*, *FTSE4Good Index*, o el *Global Reporting Initiative (GRI)*. Estos indicadores son utilizados como referencias para las inversiones en bolsa (CECU, 2004).

Aunque estos sistemas de medida son aplicables para cualquier empresa, en algunos casos los datos necesarios podrían ser difíciles de obtener o incluso, el número de criterios ser excesivo en relación con el tamaño de la empresa. De hecho, según datos del estudio realizado por Price Waterhouse Coopers, sólo el 49% de las empresas españolas que han definido objetivos sociales y medioambientales dispone de indicadores para gestionar estos aspectos (Castilla, 2003).

Así que si nos centramos en la medida del grado de RSC, principalmente de pequeñas y medianas empresas (PYMES), puede ser más conveniente un *tableau de bord* más operativo y simplificado. En este contexto, y tomando como punto de partida los fundamentos de la integración de sistemas, se propone un sistema de indicadores de RSC formulado en base a las sinergias existentes con las disciplinas de calidad, medioambiente y seguridad y salud laboral, que aporte facilidad y agilidad en su utilización.

La mayoría de empresas tienen implantados sistemas de gestión de calidad, medioambiente y seguridad y salud laboral, o incluso tienen implantado un sistema integrado de gestión, por lo que la información que habitualmente recogen (con alguna modificación) podrá ser la fuente de datos para el sistema de indicadores de RSC propuesto. Es por este motivo que los autores consideran que, un sistema de indicadores de RSC basado en los pilares de la integración de sistemas puede ser de gran utilidad para el tejido empresarial, especialmente para el tejido empresarial de su entorno (territorio español) en el que predominan las PYMEs.

5. Criterios de RSC

Sea cual sea la estrategia que se adopte, las prácticas de RSC deberán basarse en unos criterios que marquen las directrices principales a seguir. En la *Tabla 2* se resumen los criterios definidos por las principales guías de indicadores de RSC. Cada uno de los criterios lleva asociados un conjunto de indicadores de medida.

Tabla 2. Guías de indicadores de RSC: Contenidos. Fuente: elaboración propia.

Dow Jones Sustainability Index:	
Criterios económicos	gobierno corporativo; riesgos y gestión de crisis; códigos de conducta; criterios específicos a la industria
Criterios ambientales	información medioambiental; criterios específicos a la industria
Criterios sociales	desarrollo del capital humano; atracción y retención de talentos; prácticas laborales; filantropía; información social; criterios específicos a la industria
Domini 400 Social Index:	
Criterios de gobierno	transparencia; responsabilidad; cuentas de resultados; estructura
Criterios ambientales	energías alternativas; cambio climático; sistemas de gestión; prevención de la contaminación
Criterios sociales	relaciones con la comunidad; diversidad de la plantilla de trabajadores; relaciones con los trabajadores; derechos humanos; calidad e innovación
Global Reporting Initiative (GRI):	
Criterios económicos	desempeño económico; presencia en el mercado; impactos económicos indirectos
Criterios ambientales	materiales; energía; agua; biodiversidad; emisiones; vertidos y residuos; productos y servicios; cumplimiento normativo; transporte
Criterios de prácticas laborales éticas	empleo; relaciones empresa/trabajador; salud y seguridad en el trabajo; formación y educación; diversidad e igualdad de oportunidades
Criterios de derechos humanos	prácticas de inversión y abastecimiento; no discriminación; libertad de asociación y convenios colectivos; explotación infantil; trabajos forzados; prácticas de seguridad; derechos de los indígenas
Criterios de sociedad	comunidad; corrupción; política pública; comportamiento de competencia desleal; cumplimiento normativo
Criterios de productos	salud y seguridad del cliente; etiquetado de productos; comunicaciones de marketing; privacidad del cliente; cumplimiento normativo
FTSE4Good Index:	
Criterios ambientales	Políticas y códigos de conducta; sistemas medioambientales; balances medioambientales
Criterios sociales y de <i>stakeholders</i>	Código ético; prácticas de negocio; flexibilidad en los horarios de trabajo; seguridad y salud laboral; relaciones con los trabajadores; ...
Criterios de derechos humanos	Respeto de los derechos humanos; derechos de los indígenas; programas de formación; atención a los <i>stakeholders</i> ; ...
Criterios de adhesión a iniciativas internacionales de respeto de los derechos humanos	Por ejemplo el Global Compact promovido por la ONU

En este caso, proponemos traducir los criterios antes mencionados en un conjunto de 24 cláusulas de RSC, englobadas bajo 3 grupos principales: Medioambiente, Calidad y Seguridad (Tabla 3).

Tabla 3. Cláusulas de RSC. Fuente: elaboración propia.

<p>Grupo A: Calidad</p> <p>A.1. Gestión del ciclo de vida de productos: controles de calidad; materias primas; salud y seguridad para el cliente; innovación de producto</p> <p>A.2. Calidad de las prácticas productivas: producto no conforme; averías en equipos e instalaciones productivas</p> <p>A.3. Relaciones con los <i>stakeholders</i>: relaciones empresa/trabajadores; relaciones empresa/clientes; relaciones empresa/proveedores; competencia justa</p> <p>A.4. Fomento económico de las comunidades locales: trabajos subcontratados a empresas locales; compras de materias primas a empresas locales; trabajadores procedentes de las comunidades locales; beneficios destinados a proyectos sociales; acciones de filantropía</p>
<p>Grupo B: Medioambiente</p> <p>B.1. Explotación racional de recursos: equilibrio con las necesidades de consumo</p> <p>B.2. Tecnologías productivas limpias: emisiones contaminantes; cantidad de vertidos</p> <p>B.3. Gestión de emergencias: accidentes medioambientales; consecuencias para la población</p> <p>B.4. Compromiso con el entorno: respeto de ecosistemas y del entorno natural</p>
<p>Grupo C: Seguridad</p> <p>C.1. Respeto a las personas: principios universales de derechos humanos; principios básicos de seguridad y salud; atención a los grupos vulnerables; no discriminación por razones de sexo, raza, edad, condición sexual, situación económica o deficiencias de salud</p> <p>C.2. Seguridad y salud laboral: principios básicos de seguridad y salud laboral; equipos de protección individual y medidas de protección colectiva; prevención de accidentes laborales y enfermedades profesionales</p> <p>C.3. Vigilancia de la salud: controles médicos periódicos y específicos; respeto a la intimidad y dignidad; confidencialidad de resultados</p> <p>C.4. Formación y capacitación: formación para las tareas a desempeñar; formación básica en seguridad; plan de carrera profesional</p>

6. Principales sinergias de la RSC con los sistemas de gestión

Dentro de la gestión de la RSC se incluyen aspectos que hacen referencia, entre otros, a temas medioambientales, de calidad, de seguridad, o ética, y aunque las iniciativas voluntarias de RSC son diversas (códigos de conducta o de buenas prácticas, incorporación de objetivos en la estrategia de la empresa, o adopción de un sistema de gestión ética y socialmente responsable) existe un enfoque común en las áreas de calidad ambiental, normas laborales y derechos humanos, y prácticas competitivas (Araya, 2003), que podrían relacionarse con la gestión medioambiental, de seguridad y salud laboral, y de calidad de productos y servicios, respectivamente. Estas relaciones se traducen en la existencia de sinergias de la RSC con los sistemas de gestión.

7. RSC y gestión de la calidad

- El Libro Verde de la Unión Europea, establece como parte de la responsabilidad social de las empresas que intenten ofrecer de manera eficaz, ética y ecológica los productos y servicios que los consumidores necesitan y desean, a la par que establecen relaciones duraderas con sus clientes, centradas en la comprensión de las necesidades y expectativas, y basadas en una calidad, seguridad, fiabilidad y servicio superiores, que permitan obtener mayores beneficios (European Commission, 2001).

- Los consumidores son cada vez más responsables socialmente, y es de prever que no solamente influirá en sus decisiones de compra que la empresa cumpla con sus expectativas de calidad del producto y servicio, sino que también lo harán las condiciones en que éste se realice, incluyendo las prácticas de RSC que se adopten (Fernández y Merino, 2005).
- En el pasado las empresas adoptaban una orientación centrada en la satisfacción del cliente, pero actualmente han ampliado la visión y centran su compromiso con todos los grupos de interés, que constituye el objetivo principal de la RSC (Mitchel et al., 1997).
- La gestión de la calidad en las empresas empezó a ganar importancia en el año 1994, con la publicación de las normas ISO 9001, que especificaban cómo debe ser un sistema para gestionar la calidad y qué documentación debe desarrollarse. De hecho, la implantación de sistemas de gestión de la calidad se ha popularizado y extendido a todos los sectores de actividad durante las últimas décadas, según datos del informe publicado por la *International Standards Organization* (ISO, 2007).
- ISO 9001 sigue 8 principios básicos: enfoque al cliente; liderazgo; participación de todo el personal; enfoque basado en procesos; enfoque de sistema para la gestión; mejora continua; enfoque basado en hechos para la toma de decisiones; y relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor (ISO, 2008b).
- Estos principios pueden relacionarse con los criterios de RSC del grupo A (de acuerdo a la propuesta realizada).

8. RSC y gestión medioambiental

- Las prácticas respetuosas con el medioambiente están directamente relacionadas con la gestión de los recursos naturales en la producción, y constituyen uno de los pilares fundamentales de la RSC (European Commission, 2001).
- La adopción de principios y prácticas de trabajo ambientalmente respetuosas se canaliza a través de los sistemas de gestión medioambiental, cuyo objetivo principal se orienta hacia un control operacional de aspectos medioambientales, que asegure una reducción de los impactos negativos sobre el entorno.
- Dos de los sistemas de gestión medioambiental más conocidos son la norma ISO 14001 (elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización ISO en el año 1996), y el Reglamento Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría 1836/93 – EMAS (formulado por la Comisión Europea en el año 1993 y con entrada en vigor en el año 1995). Sin embargo, la popularización de los sistemas de gestión medioambiental se vincula a la edición de 1996 de ISO 14001, y desde entonces la implantación y certificación en las organizaciones ha ido *in-crescendo* (ISO, 2007).
- La norma ISO 14001 establece 8 principios básicos (ISO, 2004): cumplimiento de la normativa medioambiental; unidad de gestión medioambiental; control operacional de aspectos medioambientales; evaluación del impacto medioambiental; ahorro de recursos; priorización de la prevención por encima de la corrección; minimización de residuos en su origen; y vigilancia, control y registro de los impactos ambientales.
- Estos principios pueden relacionarse con los criterios de RSC del grupo B (de acuerdo a la propuesta realizada).

9. RSC y gestión de la seguridad y salud laboral

- La seguridad y salud en el trabajo constituye uno de los puntos principales en los que la empresa puede manifestar su conducta socialmente responsable (European Commission, 2001), atendiendo a los principios de ética y respeto de los derechos humanos definidos por la norma ISO 26000 de RSC.
- La Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA, 2004) considera a la RSC como una prioridad estratégica para la reducción de siniestros laborales y afirma que, debe ser integrada con las medidas de prevención de riesgos.
- Para gestionar las actuaciones de seguridad y salud laboral asociadas a las actividades, en el pasado las empresas utilizaron modelos como el Control Total de Pérdidas o el Modelo Du Pont, pero con la popularización de las normas de calidad ISO 9001 en el año 1994, las empresas se plantearon aplicar la gestión de la seguridad y la salud basada en criterios de calidad (Ruiz y Benavides, 2002).
- Durante los últimos años han ganado importancia los sistemas de gestión de la seguridad y salud laboral (Frick et al., 2000). El estándar más utilizado es OHSAS 18001, por su facilidad de integración con los sistemas de gestión de la calidad ISO 9001 y de gestión medioambiental ISO 14001 (Roughton, 1993).
- OHSAS 18001 sigue los 5 principios básicos de prevención (Aenor, 2007): ética; seguridad integrada; participación; reconocimiento; y comunicación. Y además cumple con los 9 principios de acción preventiva (BOE, 1995): evitar los riesgos; evaluar los riesgos que no hayan podido evitarse; combatir los riesgos en su origen; adaptar el trabajo a la persona; tener en cuenta la evolución de la técnica; sustituir lo que es peligroso por lo que no conlleve peligro; planificar la prevención de manera integral; anteponer la protección colectiva; y dar las instrucciones oportunas a los trabajadores.
- Estos principios pueden relacionarse con los criterios de RSC del grupo C (de acuerdo a la propuesta realizada).

10. Tableau de bord de RSC

El sistema de indicadores propuesto se compone de tres indicadores secundarios (RSC-Calidad, RSC-Medioambiente y RSC-Seguridad) divididos en sub-áreas, y de un indicador global de RSC (*fórmulas 1 a 29*). Esta propuesta se alinea con las tendencias actuales en gestión de sistemas empresariales, que consideran la RSC como cuarto vértice en la integración, o incluso como una actitud que debe estar presente en toda la organización.

$$\mathbf{a. \text{Indicador RSC-Calidad} = (\alpha_1 \times \mathbf{a.1}) + (\alpha_2 \times \mathbf{a.2}) + (\alpha_3 \times \mathbf{a.3})} \quad (1)$$

$$\mathbf{a.1. \text{Calidad de la producción} = (\alpha_{1.1} \times \mathbf{a.1.1}; \alpha_{1.2} \times \mathbf{a.1.2}; \alpha_{1.3} \times \mathbf{a.1.3})} \quad (2)$$

a.1.1. Calidad del producto:

$$1 - \frac{\text{Total producto No Conforme (u.f; Tn; ...)}}{\text{Total producción (u.f.; Tn; ...)}} \quad (3)$$

a.1.2. Calidad de las instalaciones:

$$1 - \frac{\text{Nº de horas afectadas por averías en los equipos e instalaciones}}{\text{Nº de horas productivas}} \quad (4)$$

a.1.3. Índice de satisfacción de clientes:

$$\frac{\Sigma \text{ puntos encuesta (calidad producto + calidad servicio + cumplimiento entregas)}}{\text{Total clientes encuestados} \times (\text{Nº preguntas} \times \text{Valor máximo escala valoración})} \quad (5)$$

$$\text{a.2. Relaciones empresa/trabajadores} = (\alpha_{2,1} \times \text{a.2.1}) + (\alpha_{2,2} \times \text{a.2.2}) + (\alpha_{2,3} \times \text{a.2.3}) \quad (6)$$

a.2.1. Convenios colectivos:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores cubiertos por un convenio colectivo}}{\text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}} \quad (7)$$

a.2.2. Planes de jubilación (subvencionados por la empresa):

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores cubiertos por un plan de jubilación}}{\text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}} \quad (8)$$

a.2.3. Planes de seguro médico (subvencionados por la empresa):

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores cubiertos por un plan de seguro médico}}{\text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}} \quad (9)$$

$$\text{a.3. Fomento de las comunidades locales} = (\alpha_{3,1} \times \text{a.3.1}) + (\alpha_{3,2} \times \text{a.3.2}) + (\alpha_{3,3} \times \text{a.3.3}) + (\alpha_{3,4} \times \text{a.3.4}) + (\alpha_{3,5} \times \text{a.3.5}) \quad (10)$$

a.3.1. Servicios adquiridos localmente:

$$\frac{\text{u.m. trabajos subcontratados a empresas locales}}{\text{total u.m. destinadas a trabajos subcontratados}} \quad (11)$$

a.3.2. Materiales adquiridos localmente:

$$\frac{\text{u.m. compra de materias primas a empresas locales}}{\text{total u.m. destinadas a compra de materias primas}} \quad (12)$$

a.3.3. Mano de obra de comunidades locales:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ total de trabajadores procedentes de las comunidades locales}}{\text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}} \quad (13)$$

a.3.4. Fomento de proyectos sociales:

$$\frac{\text{Beneficios (u.m.) destinados a proyectos sociales}}{\text{Resultado del ejercicio (u.m.) antes de descontar las inversiones sociales}} \quad (14)$$

a.3.5. Filantropía

$$\frac{\text{u.m. o equivalente en u.m. de productos donados a ONG o similares}}{\text{Resultado del ejercicio (u.m.) antes de descontar las inversiones sociales}} \quad (15)$$

$$\mathbf{b. Indicador RSC-Medioambiente} = (\beta_1 \times \mathbf{b.1}) + (\beta_2 \times \mathbf{b.2}) \quad (16)$$

$$\text{b.1. Explotación racional de recursos} = (\beta_{1,1} \times \text{b.1.1}) + (\beta_{1,2} \times \text{b.1.2}) + (\beta_{1,3} \times \text{b.1.3}) \quad (17)$$

b.1.1. Explotación racional en el consumo de agua:

$$1 - \frac{\text{Litros de agua consumidos por periodo y u. producción que superan el umbral}}{\text{Valor Umbral}} \quad (18)$$

b.1.2. Explotación racional en el consumo de energía:

$$1 - \frac{\text{J de energía consumidos por periodo y u. producción que superan el umbral}}{\text{Valor umbral}} \quad (19)$$

b.1.3. Explotación racional en el consumo de materias primas:

$$1 - \frac{\text{Cantidad m. p. (u.f; Tn,...) por periodo y u. producción que superan el umbral}}{\text{Valor umbral}} \quad (20)$$

El umbral deberá definirse como aquel valor máximo que se considera aceptable para un determinado nivel de producción, considerando resultados de ejercicios anteriores y por comparación con empresas del sector.

$$b.2. \text{ Calidad medioambiental} = (\beta 2.1 \times b.2.1) + (\beta 2.2 \times b.2.2) + (\beta 2.3 \times b.2.3) \quad (21)$$

b.2.1. Calidad en la reducción de emisiones contaminantes:

$$1 - \frac{\text{Concentración de emisiones contaminantes}}{\text{Concentración de emisiones contaminantes período anterior}} \quad (22)$$

b.2.2. Calidad en la reducción de vertidos:

$$1 - \frac{\text{Tn de vertidos + residuos contaminantes}}{\text{Total Tn de vertidos + residuos contaminantes periodo anterior}} \quad (23)$$

Para los indicadores b.2.1. y b.2.2.: Debe definirse un valor umbral de valor máximo aceptable (por debajo del cual es prácticamente imposible disminuir). Cuando la cantidad disminuya a este punto, el valor del índice se considerará 1.

b.2.3. Calidad en la reducción de accidentes medioambientales:

$$1 - \frac{\text{Nº de accidentes medioambientales}}{\text{Nº de accidentes medioambientales periodo anterior}} \quad (24)$$

$$c. \text{ Indicador RSC-Seguridad} = (\gamma_1 \times c.1) + (\gamma_2 \times c.2) + (\gamma_3 \times c.3) \quad (25)$$

c.1. Nivel de seguridad

$$1 - \frac{\text{Nº de accidentes (todos)}}{\text{Nº total de trabajadores}} \quad (26)$$

c.2. Cumplimiento de los objetivos de formación:

$$\frac{\text{Horas anuales de formación medias por trabajador cumplidas}}{\text{Horas anuales de formación medias por trabajador programadas}} \quad (27)$$

c.3. Control de situaciones de violencia Nivel de seguridad

$$1 - \frac{\text{Nº de incidentes (violencia, agresiones, maltrato, ...) ocurridos en la empresa}}{\text{Nº total de trabajadores}} \quad (28)$$

$$d. \text{ Valor Global de RSC de la Empresa} = (\alpha \times a) + (\beta \times b) + (\gamma \times c) \quad (29)$$

siendo α , β y γ (y los subfactores correspondientes) factores de ponderación.

11. Conclusiones

La empresa debe tener RSC, organizarse para tenerla y mostrar los resultados alcanzados. Para ello es imprescindible disponer de un conjunto de criterios que marquen las directrices principales a seguir. En la propuesta presentada hemos definido tres grupos de criterios (medioambiente, calidad y seguridad) a los que hemos denominado criterios de RSC, y hemos diseñado un *tableau de bord* compuesto por tres indicadores secundarios (RSC-Calidad, RSC-Medioambiente y RSC-Seguridad) divididos en sub-áreas, y un indicador principal que reporta un valor global de RSC. Además de los indicadores presentados, consideramos esencial la transparencia informativa de las cuentas económicas y un control del cumplimiento de la normativa (valor monetario de sanciones y multas derivadas de incumplimientos de leyes y regulaciones aplicables).

Creemos importante señalar que el marco regulador sobre la publicación de información medioambiental en las cuentas anuales de las empresas ha experimentado un impulso significativo, avanzando en consonancia con la homogeneización de criterios en la

aplicación de las Normas Internacionales de Contabilidad (NIC's), y es de esperar que se haga extensible a todas las esferas de influencia de la RSC.

Referencias

Aenor (2007). Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. OHSAS 18001. Aenor, Madrid.

Araya, M. (2003). Negociaciones de inversión y responsabilidad social corporativa: explorando un vínculo en las Américas. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. 19, pp. 74-81.

BOE (1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, nº 269 de 10/11/1995.

Carroll, A.B. (1979). A three dimensional conceptual model of corporate performance. *Academy of Management Review*, Vol. 4, pp. 497-505.

Carroll, A.B. (1999). Corporate Social Responsibility: Evolution of a definition construct. *Business & Society*, Vol. 38, No. 3, pp. 268-295.

Castilla, M.L. (2003). Responsabilidad social corporativa: Tendencias empresariales en España. PricewaterhouseCoopers.

CECU (2004). Ética y mercado: cómo invertir. Proyecto ETHMA.

European Commission (2001). Promoting a European Framework for Corporate Social Responsibility. Green Paper. Directorate-General for Employment and Social Affairs, Brussels.

Galán, J.I. (2008). Responsabilidad social corporativa, cambio institucional y gobierno: intro-ducción y panorámica. *Revista Europea de Direc. y Econ. de la Empresa*, Vol. 17, N. 3, pp. 7.

Fernández, D. y Merino, A. (2005). ¿Existe disponibilidad a pagar por responsabilidad social corporativa? Percepción de los consumidores. *Universia Business Review*, Vol. 7, pp. 38-53.

Frick, K.; Jensen, P. y Quinlan, M. (2000). Systematic occupational health & safety management – an introduction to a new strategy for occupational safety, health and well-being. In: Frick, K.; Jensen, P.; Quinlan, M. y Wilthagen, T., eds. *Systematic occupational health & safety management – perspectives on an international development*. Pergamon, Amsterdam, pp. 1-14.

Friedman, M. (1970). The social responsibility of business is to increase its profits. *The New York Times Magazine*, September 13.

ISO (2004). Environmental management systems – Requirements with guidance for use. ISO 14001. International Standards Organization, Geneva.

ISO (2007). The ISO survey of certifications; 2007. International Standards Organization, Geneva.

ISO (2008a). Guidance on social responsibility. Committee Draft ISO/CD26000. International Standards Organization, Geneva.

ISO (2008b). Quality management systems – Requirements. ISO 9001. International Standards Organization, Geneva.

Mitchell, R.K.; Agle, B.R. y Wood, D.J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, Vol. 22, pp. 853-886.

OSHA (2004). Corporate social responsibility and safety at work. European Agency for Safety and Health at Work, Luxembourg.

Roughton, J.E. (1993). Integrating quality into safety and healthy management. *Industrial Engineeringm* Vol. 25, pp. 35-40.

Ruiz, J.C. y Benavides, C.A. (2002). El modelo internacional de gestión propuesto por la Organización Internacional para el Trabajo para la prevención de los riesgos laborales. *Revista de economía y empresa*, Vol. 45, pp. 73-87.

Wert, J.I. (2006). El modelo EFQM como generador de resultados, en III Foro de excelencia empresarial. Logroño 9 noviembre 2006. European Foundation for Quality Management.