

PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA SINIESTRALIDAD LABORAL EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Gloria Isabel Carvajal Peláez*
Eugenio Pellicer Armiñana**

Recibido: 21/07/2010

Aceptado: 15/09/2011

RESUMEN

Los accidentes laborales suponen importantes costos humanos y económicos para la empresa, el accidentado y la sociedad. Generalmente, representan una gran repercusión económica negativa para las empresas del sector de la construcción, las cuales soportan un costo mayor del que se refleja debido a la gran cantidad de variables ocultas que se desconocen.

Dado que hasta ahora la evaluación de los costos generados por los accidentes laborales ha tenido lugar mediante el desarrollo de métodos muy dispares entre sí, y según Durán [1], no se ha hecho ningún tipo de evaluación económica que estime de manera exhaustiva el costo de los daños a la salud relacionados con el trabajo, en esta comunicación, se presenta mediante un modelo matemático de aplicación al sector de la construcción español, que el costo de los accidentes laborales es el consumo de recursos materiales y humanos derivados del aseguramiento, la prevención y los siniestros.

Palabras clave: construcción, accidente laboral, aseguramiento, prevención.

* Ingeniera Civil, Ph. D. Ingeniería de la Construcción y Gestión Ambiental, Ms. Consultoría para Ingeniería civil, Profesor tiempo completo Universidad de Medellín. Cr. 87 N° 30-65. Teléfono (57-4)3405555 ext 5611. gicarvajal@udem.edu.co. Fax: (57-4) 3405216.

** Doctor Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Profesor titular Universidad Politécnica de Valencia (España). Camino de Vera S/N CP 46022 Ed. Caminos 2. Teléfono (34)(649887089). Fax: 963877568. Pellicer@cst.upv.es

PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF THE ECONOMIC IMPACT OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

ABSTRACT

Work-related accidents involve significant human and economic costs for the companies, people, and society. Said accidents usually represent a great negative economic impact for the construction industries, which support a higher cost than reflected due to the large amount of hidden variables are unknown. Until now, the evaluation of the costs generated by labor accidents has been based on the development of very different methods and, as Duran [1] has not made any kind of economic assessment that comprehensively considers the economic cost of damage to health associated with work, this paper present a mathematical model applicable to the Spain construction industry, that the cost of labor accidents, is the consumption of material and human resources derived from insurance, prevention and accidents.

Key words: Construction, occupational accident, insurance, prevention

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre el control de costos de seguridad tienen su origen en los trabajos realizados por Heinrich en 1931. Para Heinrich [2], por cada accidente grave que provocaba una lesión incapacitante, se tenían 29 lesiones leves que necesitaban de una cura y 300 accidentes que no causaban lesiones pero sí daños a la propiedad; es el planteamiento conocido como pirámide de Heinrich que fue el origen de una nueva filosofía en el estudio de los costos de los accidentes, comenzando a contabilizarse unos costos que hasta entonces no habían sido tenidos en cuenta. Heinrich introduce los conceptos de costos directos (Cd) y costos indirectos (Ci) y el costo total de los accidentes se determina a partir de la siguiente expresión:

$$CT = Cd + Ci \quad (1)$$

Simonds, citado en [3] por su parte, divide los costos, en costos asegurados (Ca) (como las primas abonadas por los seguros de accidentes) y costos no asegurados (Cna) (que son los demás costos); y el costo total es la suma de ambos:

$$CT = Ca + Cna \quad (2)$$

El método Wallach [3] se basa en el estudio de los costos no asegurados de los accidentes a partir de la suma de las pérdidas que se ocasionan en cada uno de los cinco grupos de elementos de producción utilizados en el cálculo de los costos de producción (mano de obra, maquinaria, materiales, instalaciones y tiempo).

Según Diego Andreoni [4], los anteriores autores trataban de “estimar los costos de las con-

secuencias”, “en lugar de valorar los costos iniciales en los que se incurre al incorporar medidas de prevención de accidentes en el sistema de las fases iniciales”. Por lo cual propone el siguiente modelo de cálculo de costos:

$$G_T = G_{fp} + G_{fs} + G_{vp} + G_{vs} + G_e + G_m + G_{ep} \quad (3)$$

Siendo:

GT = Gasto total

G_{fp} = Gastos fijos de prevención

G_{fs} = Gastos fijos de seguros

G_{vp} = Gastos variables de prevención

G_{vs} = Gastos variables de seguros

G_e = Gastos imputables a las lesiones

G_m = Gastos por pérdidas materiales o maquinaria.

G_{ep} = Gastos de prevención de naturaleza excepcional

En la tabla 1 [5], se exponen algunos de los métodos utilizados por distintos autores para la valoración de los costos de los accidentes laborales, con sus respectivos datos de aplicación y fiabilidad para su mayor comprensión.

A partir de esta información, se presenta un modelo matemático para la estimación de los costos de accidentes laborales en el sector de la construcción; este artículo busca contribuir con la generación de conocimiento acerca de los beneficios que representa para las empresas invertir en prevención de riesgos laborales, tanto desde el punto de vista económico como social. El texto se divide en siete secciones. La primera corresponde a la introducción, la segunda a la metodología,

Tabla 1. Métodos de valoración de costo de accidentes

Método	Conceptos considerados	Aplicación	Fiabilidad
HEINRICH	CT = CD + 4 CD = 5CD	Fácil y simple	Escasa
SIMONDS	CT = C _{asegurados} + C _{no asegurados}	Difícil de calcular	Relativa
WALLACH	Mano de obra, materiales, maquinaria, etc	Laborioso	Excelente
ANDREONI	GT = G _{fp} + G _{fs} + G _{vp} + G _e + G _m + G _{ep}	Muy Laborioso	Excelente

Fuente [5]

en la cual se describe la forma de recopilación y tratamiento de los datos; en la tercera se presentan los resultados, es decir, el modelo propuesto; en la cuarta se presenta un ejemplo de aplicación al caso español; y finalmente el artículo concluye con las secciones quinta, sexta y séptima donde están las conclusiones, recomendaciones y referencias, respectivamente.

2 METODOLOGÍA

Medir el costo de los riesgos laborales es muy complejo, no solo porque hay que determinar el elemento portador de cada factor de costo y su unidad de medida, sino por la dificultad de calcular el costo de cada unidad de medida. Por otra parte, los costos de la siniestralidad son diferentes en cada sector productivo, lo cual nos obliga a centrar el cálculo de los costos en el sector de la construcción.

Para facilitar el proceso de estimación y con la finalidad de hacer posible el cálculo, el análisis de los costos se hizo por bloques, los cuales se determinaron en función de aquellos involucrados en la siniestralidad laboral de una obra. Estos son: costos de aseguramiento, costos de prevención, costo de los siniestros y recuperación de costos.

Los costos de aseguramiento se calcularon a través de un proceso sencillo, involucrando dos variables: “base de cotización” y “porcentaje de contingencias profesionales” [6]. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- a) Estimación de la base de cotización, para lo cual se tomó como referencia la información suministrada por el Boletín Oficial de Estado de España.
- b) Determinación de los componentes del porcentaje de contingencias profesionales, según el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, teniendo en cuenta los valores aplicables al sector de la construcción.
- c) Aplicación de las componentes de las contingencias profesionales a la base de cotización,

para la obtención del valor estimado para los costos de aseguramiento.

Para los costos de prevención, requerimos de dos variables: el “presupuesto de la obra” y el “porcentaje de prevención”. En este caso los pasos a seguir fueron:

- a) Determinación del presupuesto de la obra, el cual se obtiene directamente.
- b) Estimación del porcentaje de prevención, a partir de la revisión de planes de seguridad y salud de diferentes tipos de obra; selección de los más representativos y extracción de valores máximo, mínimo.
- c) Aplicación del porcentaje de prevención al presupuesto de la obra y obtención del valor de los costos de prevención.

Para el cálculo del tercer bloque, costo de los siniestros, se realizó un proceso más complejo ya que contempla 256 variables, dentro de las cuales está el “tiempo de exposición” y las demás agrupadas en dos bloques: el “índice de frecuencia” y el “costo por tipo de siniestro”. El procedimiento de cálculo fue:

- a) Estimación “tiempo de exposición”; mediante la aplicación de las variables “porcentaje de mano de obra” y “costo horario” al presupuesto de la obra.
- b) Determinación los índices de frecuencia para cada tipo de accidente y según su gravedad, los cuales dependen del número de accidentes de cada tipo y el número total de horas-hombre trabajadas en el mismo período.
- c) Al tiempo de exposición obtenido en el paso uno, se le aplicaron las 36 variables de índice de frecuencia (tabla 2) [6] y se obtuvo como resultado el número de siniestros esperados de cada tipo.
- d) Se calculó el costo de los diferentes tipos de siniestros mediante la elaboración de una ficha de costo para cada uno de ellos. (tabla 3) [6].

- e) Al número de siniestros esperados obtenidos en el paso c, se les aplicaron las de costo por tipo de accidente obtenidas en el paso anterior y dio como resultado el costo total de cada tipo de siniestro.
- f) Por último, se sumaron los diferentes tipos de costos de accidentes y obtuvimos el costo total de los siniestros de una obra según su gravedad.

El cuarto bloque, “recuperación de costos”, es un componente indispensable para la obtención del costo neto de la siniestralidad de una obra ya que equivale al dinero que el empleador recupera de la seguridad social por las prestaciones sociales pagadas al trabajador accidentado a partir del segundo día de incapacidad. En este caso se estimó una recuperación de costos del 75% de la base reguladora a partir del día siguiente a la incapacidad, ya que a efectos de cálculo se estimaron valores de cotización de una categoría profesional promedio dentro de una obra y se asumió que su valor se encuentra dentro de las bases de cotización mínimas y máximas. Se identificaron 261 variables. En la

tabla 4 [6] se presenta un resumen de las variables asociadas a cada bloque de costos.

3. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación, son representados en la formulación matemática que se presenta a continuación:

Costo total de la siniestralidad:

$$CT = SS + PR + CS - RC \quad (4)$$

Siendo:

CT: costo total del riesgo laboral

SS: costos de aseguramiento

PR: costos de prevención

CS: costo de los siniestros

RC: recuperación de costos

Costo de aseguramiento:

$$SS = (3,95\% \cdot BC) + (3,50\% \cdot BC) = (7,45\% \cdot BC) \quad (5)$$

BC: base de cotización

Tabla 2. Valores estimados de Índices de frecuencia por tipo de accidente

Constante	Definición	Valores		
		Mínimo	Promedio	Máximo
If ₁	Caída de personas a distinto nivel	7	8	9
If ₂	Caída de personas al mismo nivel	8	25	35
If ₃	Contacto con corriente eléctrica, fuego	1	1	2
If ₄	Choque o golpe contra objeto en movimiento	16	30	37
If ₅	Atrapamiento por o entre objetos	1	3	4
If ₆	Sobreesfuerzo físico	4	17	25
If ₇	Accidentes causados por seres vivos	0	0	1
If ₈	Infartos, derrames cerebrales	0	0,1	0,1
If ₉	Ahogamiento, quedar sepultado	0,1	0,2	0,3
If ₁₀	Contacto con agente material cortante o punzante	10	10	10
If ₁₁	Otros tipos de accidentes	2	3	4
If ₁₂	Accidentes mortales	0,1	0,2	0,2

Fuente: [6]

Costo de prevención:

$$PR = \beta_{ijk} * X \quad (6)$$

Siendo:

X : presupuesto de la obra

β_{ijk} : porcentaje de costos de prevención (i: pesimista; j: medio y k: optimista)

Costo de los siniestros:

$$CS = \sum_{i=1}^{i=12} \sum_{j=1}^{j=12} T * P_i * C_{jk} \quad (7)$$

Siendo:

T: tiempo de exposición

P_i : probabilidad de ocurrencia

i : tipo de accidente (1-12)

C_{jk} : Costos codificados (por tipo de accidente y gravedad)

j : tipo de accidente (1-12)

k : gravedad (nivel 1: leves; nivel 2: graves; nivel 3: muy graves)

Tabla 3. Modelo ficha de cálculo de costos de accidentes

Conceptos		Construcción								
		Datos			Importe			Coste		
		L	G	MG	L	G	MG	L	G	MG
1	Tiempo perdido por el accidente (día que ocurre)									
1.1	Tiempo perdido por el accidentado= horas * coste horario									
1.2	Tiempo perdido por otros= # trab* horas * coste horario									
	# trabajadores									
	Horas (se estiman según tamaño empresa)									
1.3	Tiempo empleado en uso del botiquín= horas * coste									
1.4	Gastos de traslados (ambulancia, taxi, etc.)									
	Total tiempo perdido									
2	Costos servicios médicos = 0,65* C. estructura + 0,35* C. complejidad accidente									
	Costo de estructura									
	Costo de complejidad del accidente									
	Total coste servicios médicos									
3	Costo Seguridad Social durante período de baja									
3.1	Días Baja * Importe diario de cotización									
3.2	Dbaja * 25% salario neto diario (complemento salarial)									
	Total costos seguridad social									
4	Daños materiales									
5	Indemnizaciones									
6	Costos salariales indirectos									
6.1	Directivos									
6.2	Mando directo									
6.3	Personal de administración									
6.4	Investigación del accidente									
	Total costos salariales indirectos									
7	Pérdida de negocio									
7.1	Pérdida de producción (P. prevista -P. real)									
	Producción prevista									
	Producción real									
7.2	Contratación del sustituto									
	Total pérdida de negocio									
8	Otros costos									
	Costo total del accidente									

L: accidentes leves; G: accidentes graves; MG: accidentes muy graves

Fuente: [6]

Tabla 4. Variables de costos de la siniestralidad

Descripción	Variable
Presupuesto de la obra	1
BLOQUE 1 "Aseguramiento"	
Base de cotización	1
Porcentaje de incapacidad temporal (IT)	1
Porcentaje de incapacidad permanente o muerte (IMS)	1
BLOQUE 2 "Prevención"	
Porcentaje de prevención	1
BLOQUE 3 "Siniestros"	
Tiempo de exposición	1
Costo horario	1
Porcentaje de mano de obra	1
Índices de frecuencia	36
Siniestros esperados	36
Costo por siniestro	180
BLOQUE 4 "Recuperación de costos"	
Porcentaje de recuperación	1
TOTAL	261

Fuente: [6]

4.5. Recuperación de costos:

$$CR = 0,75 * SB_d * DB \quad (8)$$

Siendo:

SBd: salario bruto diario

DB: días de baja

Como resultado tenemos el modelo matemático propuesto en la ecuación que se presenta a continuación:

$$CT = (0,0745 * BC) + (\beta_{ijk} X) + ((H_A + H_O + H_m + H_a + H_l) * CH) + CM + ((DB * SB_d) + G_r) + (HE * (DB * SN_d)) - (0,75 * SB_d * DB) \quad (9)$$

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Nombre del proyecto: Urbanización Puerta del Mar

Tipo de Proyecto: Edificación

Descripción: Promoción compuesta por 120 viviendas, 130 garajes y 120 trasteros; viviendas de 1, 2 y 3 dormitorios; urbanización privada con piscina, zonas verdes y área de juegos infantiles.

Presupuesto de la obra: 22.440.000 € (IVA incluido)

4.1. Pasos previos

Tiempo de exposición

$$T = \left(\frac{X * \alpha}{CH} \right) = 593.676 \text{ horas.} \quad (10)$$

Siendo:

X : presupuesto de la obra (22.440.000 €).

 α : porcentaje de mano de obra (37,7%).

CH: costo horario (14,25 €).

Siniestros esperados

A modo de ejemplo y para no ser exhaustivos, se detalla la manera de obtener los siniestros esperados de accidentes de caídas de personas a distinto nivel:

$$SE = I_f * T \quad (11)$$

Siendo:

I_f : índice de frecuencia de caída de personas a distinto nivel

Para los accidentes de caída de personas a distinto nivel, los índices de frecuencia son: 7 mínimo, 8 promedio y 9 máximo; por lo tanto:

$$SE1 = (593.676h * 7) / 1.000.000 = 4 \text{ siniestros leves.}$$

$$SE1 = (593.676h * 8) / 1.000.000 = 5 \text{ siniestros graves.}$$

$$SE1 = (593.676h * 9) / 1.000.000 = 5 \text{ siniestros muy graves.}$$

Tabla 5. Número de siniestros esperados por tipo de accidente (caso práctico)

Tipo de accidente		Valores		
		Mínimo	Promedio	Máximo
1	Caída de personas a distinto nivel	4	5	5
2	Caída de personas al mismo nivel	5	15	21
3	Contacto con corriente eléctrica, fuego	1	1	1
4	Choque o golpe contra objeto en movimiento	9	18	22
5	Atrapamiento por o entre objetos	1	2	2
6	Sobreesfuerzo físico	2	10	15

Tipo de accidente		Valores		
		Mínimo	Promedio	Máximo
7	Accidentes causados por seres vivos	0	0	1
8	Infartos, derrames cerebrales	0	0	0
9	Ahogamiento, quedar sepultado	0	0	0
10	Contacto con agente material cortante o punzante	6	6	6
11	Otros tipos de accidentes	1	2	2
12	Accidentes mortales	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Resultados del caso práctico

CASO PRÁCTICO										
BLOQUE 1										
101	Costo total de aseguramiento	630.261	630.261	630.261	(1) 630.261	(1) 630.261	(1) 630.261			
10101	Incapacidad temporal	334.165	334.165	334.165						
10102	Incapacidad permanente o muerte	296.095	296.095	296.095						
BLOQUE 2										
201	Costo total de prevención	224.400	336.600	448.800	(2) 224.400	(3) 336.600	(4) 448.800			
	Costo de prevención	224.400	336.600	448.800						
Costo total de los siniestros								(8) 95.270	(9) 267.600	(10) 519.292
BLOQUE 3		leves	Graves	M. graves						
301	Caída de personas a distinto nivel	5.101,33	6.644,68	8.840,86						
302	Caída de personas al mismo nivel	3.507,55	4.650,92	6.324,60						
303	Contacto con corriente eléctrica	3.362,32	4.805,65	6.801,72						
304	Choque o golpe	3.362,36	4.805,72	7.879,33						
305	Atrapamiento por o entre objetos	3.997,92	5.041,35	6.737,85						
306	Sobreesfuerzo físico	3.139,75	4.183,13	5.634,33						
307	Seres vivos	3.262,28	4.550,85	6.369,53						
308	Infartos, derrames cerebrales	6.204,67	8.351,63	10.785,12						
309	Ahogamiento, quedar sepultado	2.649,27	5.286,63	8.210,52						
310	Contacto agente material cortante	1.668,47	2.834,63	5.268,12						
311	Otros	2.649,26	4.796,08	9.189,35						
312	Accidentes mortales	7.400,55	7.400,55	7.400,55						
	Subtotal costo de los siniestros				(5) 46.305	(6) 63.351	(7) 89.441			
BLOQUE 4										
400	Recuperación total de costos	25.417	53.046	81.093	(11) 25.417	(12) 53.046	(13) 81.093			
401	Recuperación de costos	25.417	53.046	81.093						
Costo total de la siniestralidad en la obra (euros)					(14) 924.513	(15) 1.181.416	(16) 1.516.860			

Fuente: elaboración propia

Repitiendo este procedimiento para cada tipo de accidente, obtenemos los datos de la tabla 5 [6] donde se presenta el número de siniestros esperados por cada tipo de accidente.

4.2. Cálculo de bloques de costos:

$$\text{Costo de aseguramiento} \\ SS = 7,45\% * BC = 630.261 \text{ €}. \quad (12)$$

Siendo:

$$BC = X * \alpha = 8.459.880 \text{ €} \quad (3)$$

X: presupuesto de la obra (22.440.000 €).

α : porcentaje de mano de obra (37,7%).

Costo de prevención

$$PR = \beta_{ijk} * X \quad (EC.14)$$

$$PR_i = 224.400 \text{ € leves}; PR_j = 336.600 \text{ € graves}; \\ PR_k = 448.800 \text{ € muy graves}.$$

Siendo:

$$\beta_{ijk} = \text{porcentaje de prevención (1\% mínimo; 1,5\% promedio; 2\% máximo)}$$

Costo de los siniestros

$$CS = SE * C_{jk} \quad (EC. 15)$$

Por ejemplo, el costo total de las caídas de personas a distinto nivel se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Accidentes leves} = 4 * 5.101,33 \text{ €} = 20.405,32 \text{ €} \\ (\text{valores mínimos})$$

$$\text{Accidentes graves} = 5 * 6.644,68 \text{ €} = 33.223,4 \text{ €} \\ (\text{valores promedios})$$

$$\text{Accidentes muy graves} = 5 * 8.840,86 \text{ €} = 44.204,3 \text{ €} \\ (\text{valores máximos})$$

De esta misma manera se calculan todos los tipos de siniestros según gravedad y luego se hace la correspondiente suma de estos y obtenemos el costo total de los siniestros de la obra.

Recuperación de costos:

$$RC = 75\% * SB_d * DB$$

$$RC = 25.417 \text{ € leves}; RC = 53.046 \text{ € graves y}$$

$$RC = 81.093 \text{ € muy graves}.$$

Siendo:

$$SB_d = \text{salario bruto diario (50,81 €)}$$

$$DB = \text{días de baja (23 días mínimo; 24 días promedio; 28 días máximo)}$$

En la tabla 6 [6] se presentan los resultados de la integración de las estimaciones de los bloques de costos realizadas para la obra propuesta.

5. CONCLUSIONES

La principal razón para justificar el diseño y desarrollo de un modelo para la estimación de costos de accidentes laborales en el sector de la construcción es el problema que representa para la gerencia determinar a priori la rentabilidad de invertir en prevención. A continuación se describen las principales conclusiones obtenidas en el diseño y desarrollo del modelo:

- Se elaboró un planteamiento teórico de los costos que intervienen en la siniestralidad de una obra en construcción, para lo cual se clasificaron en tres grupos: aseguramiento, prevención y siniestros.
- Los datos relativos a los costos de la siniestralidad laboral no fue posible obtenerlos directamente, por lo cual se tuvo que recurrir a publicaciones de divulgación comercial con el fin de obtener información relevante para establecer un método de cálculo de los mismos.
- Se determinaron tres grupos de variables, uno para cada grupo de costos con sus respectivos componentes: aseguramiento, prevención y siniestros.
- Se hizo la formulación matemática a partir de la cual se describe el proceso de cálculo de los diferentes tipos de costos de la siniestralidad.
- Se estableció un método de estimación de las variables que hacen parte de cada uno de los

grupos de costos, con el fin de poder calcular los tres tipos.

- Se determinaron los índices de frecuencia para cada tipo de accidente por cada millón de horas trabajadas y concluimos que los de tipo choque o golpe contra un objeto en movimiento son los que presentan mayor índice de frecuencia: 16 accidentes como mínimo, 30 accidentes en promedio y 37 accidentes como máximo; en segundo lugar encontramos los de caída de personas al mismo nivel con un mínimo de 8 accidentes, un promedio de 25 accidentes y un máximo de 35 accidentes; en tercer lugar están los de sobreesfuerzo físico cuyos valores mínimo, máximo y promedio son: 4, 17 y 25 accidentes, respectivamente. Los accidentes de tipo caída de personas a distinto nivel pese a ser de los más significativos en el sector de la construcción ocupan en cuarto lugar en índices de frecuencia, con valores de 7, 8 y 9 accidentes como mínimo, promedio y máximo. También podemos observar que el índice de frecuencia de los accidentes mortales es muy bajo, con valores de 0,1 accidentes como mínimo y 0,2 accidentes en promedio y máximo.
- Se diseñó una ficha de costo por cada tipo de siniestro con el fin de determinar el costo de ellos según su gravedad. De ellas concluimos que cada accidente mortal tiene un costo aproximado de 7.400 €, que los infartos, derrames cerebrales cuestan entre 6.000 € y 10.800 €, las caídas de personas a distinto nivel entre 5.000 € y 8.850 €, los accidentes de tipo caída de personas al mismo nivel, contacto con corriente eléctrica, atrapamiento por o entre objetos, sobreesfuerzo físico y los causados por seres vivos oscilan entre 3.000 € y 7000 €, los de tipo contacto con agente material cortante son los que menos cuestan y están entre 1.500 € y 5.300 €, por último los de ahogamiento, quedar sepultado tienen un rango muy amplio de costo entre 2.500 € y 8.250 € (valores aproximados).
- Una vez obtenidos los costos de cada tipo de siniestro concluimos que los accidentes mortales y los causados por infartos y derrames cerebrales son los más costosos, pese a contar con el más bajo índice de frecuencia de entre todos los tipos.
- Se concibió el modelo como algo “vivo”, que captura datos de su entorno y devuelve información que representa una realidad elaborada de conformidad con las especificaciones que se determinaron a lo largo de esta investigación. Está apoyado en un modelo de datos capaz de funcionar en tiempo real para múltiples usuarios y proyectos. Es un modelo que pretende representar la realidad de la siniestralidad laboral en una obra en construcción antes de iniciarla.
- El modelo elaborado tiene la posibilidad de determinar a priori el costo total de la siniestralidad de una obra de construcción, conocer el número de siniestros esperados de cada tipo, conocer la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de accidente, determinar el valor de los costos de aseguramiento, determinar el valor de los costos de prevención, determinar el valor de los costos de cada tipo de siniestro, determinar el valor de la recuperación de costos y establecer comparaciones entre diferentes obras.
- Luego de desarrollar un caso práctico concluimos que el costo total de la siniestralidad de una obra es aproximadamente tres veces la inversión media hecha en prevención.

6. RECOMENDACIONES

- Modificar el parte de accidentes laborales para incluir nuevas variables que permitan conocer la causa del accidente.
- Establecer criterios para determinar la gravedad de los accidentes sin depender exclusivamente del dictamen médico.

- Realizar un seguimiento del accidentado durante el tiempo que esté de baja con el fin de incluir los fallecimientos posteriores como mortales.
- Adoptar técnicas sencillas y adecuadas, que ayuden de forma decisiva a crear una verdadera cultura de seguridad, mediante la formación e información adecuada a todos los agentes participantes y una mayor presión inspectora en los centros de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] F. Durán, *Informe sobre riesgos laborales y su prevención. La seguridad y salud en el trabajo en España*, Reporte Estudio para la elaboración de un informe de riesgos laborales y su prevención, Presidencia de gobierno, Madrid, 2001.
- [2] H. W. Heinrich, "Relation of accident statistics to industrial accident prevention," *Proc. of the Casualty Act. Society*, vol. XVI, no. 33-34, pp. 170-174, 1930.
- [3] J. M. Cortés Díaz, *Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene del trabajo*, 9a ed., Madrid: Tébar Flores, 2007, 844 p.
- [4] D. Andreoni, «Costes de los accidentes relacionados con el trabajo,» en *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, J. Saari, ed., pp. 42-46, Madrid: Oficina Internacional del Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Organización Internacional del Trabajo, 1998.
- [5] M. C. Rubio, "Optimización y propuesta de mejoras en materia de seguridad y salud en las obras de construcción de Andalucía," tesis de Ph D, Universidad de Granada, Granada, 2000.
- [6] G. I. Carvajal, "Modelo de cuantificación de riesgos laborales en la construcción: Ries-co," tesis de Ph D, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2008.