

## Mejora del Proceso de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: Ejemplo del Sector Energético

Noel Varela Izquierdo<sup>1</sup>

*UNITEC, San Pedro Sula, Honduras.*

Damayse Pérez Fernández, Maidelis Curbelo Martínez

*Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos, Cuba.*

(Enviado: Noviembre, 2014 – Publicado: Diciembre, 2014)

---

### Resumen:

Al integrar el uso de modelos matemáticos en los estudios de accidentalidad laboral, pueden establecerse acciones de mejoras objetivas en los planes de prevención y control de factores de riesgos laborales. La investigación se aplica en una empresa de refinación de petróleo. El objetivo es identificar el modelo de regresión que mejor se ajusta a los factores que inciden en la ocurrencia de accidentes laborales. El resultado principal de esta investigación es mostrar que el examen de diferentes modelos matemáticos para explicar la accidentalidad laboral permite identificar que el de regresión binomial negativo es el que brinda resultados con un menor margen de error. Como conclusión de la investigación se propone para estas variables, un programa de acción de mejora e indicadores que viabilicen el control de su desempeño, permitiendo seleccionar los aspectos psicosociales, el compromiso de la dirección, las fuentes ergonómicas, la legislación, la planificación de acciones preventivas y el programa de prevención, como variables con influencia significativa en la accidentalidad laboral.

*Palabras Claves:* Accidentalidad laboral, Análisis factorial, Modelo de regresión, Prevención de accidentes laborales.

### Abstract:

By integrating the use of mathematical models in the study of work-related injuries, objective improvement actions in the plans for prevention and control of occupational risk factors may be established. The research is applied in an oil refining company. The aim is to identify the model that best fit regression factors which affect the occurrence of accidents. The main result of this research is to show that after the review of different mathematical models to explain the accident rate, allows the identification of the negative binomial regression as the one that provides results with a smaller margin of error. As the main conclusion, this analysis allows to select variables with significant influence on labor accidents: psychosocial aspects, management commitment, ergonomic supplies, legislation, planning of preventive actions and a prevention program.

*Keywords:* Occupational accident, Factorial analysis, Regression models, Prevention of occupational accidents.

---

<sup>1</sup> Autor para correspondencia. Email: [nvarela@unitec.edu](mailto:nvarela@unitec.edu)

## **1. Introducción**

A nivel internacional y nacional se observan en la actualidad cifras alarmantes de ocurrencia de accidentes laborales. Los cálculos más recientes de la OIT (2011) revelan que hay 2 millones de fallecimientos anuales y 270 millones de accidentes relacionados con el trabajo, más de 5000 al día, y por cada accidente mortal hay entre 500 y 2000 lesiones según el tipo de trabajo. Estadísticas como estas muestran la necesidad de realizar investigaciones científicas que contribuyan a la disminución de estos indicadores, propiciando con ello la mejora de las condiciones laborales (al ser estas las que favorecen la ocurrencia de estos hechos) y un bienestar físico, psíquico y social del factor humano que realiza sus funciones en los ambientes de trabajo. A partir de esa relación causal se evidencian cada vez más los aportes que brinda el uso de modelos lineales generalizados y/o transformaciones de variables para analizar los accidentes e incidentes laborales.

Los estudios realizados por varios autores constatan que la predicción de la accidentalidad laboral conlleva una problemática especial y demuestran los aportes de los modelos matemáticos a la prevención de los accidentes laborales. En informes emitidos por organizaciones competentes que denotan la ocurrencia de accidentes laborales, se esclarece que los accidentes de trabajo continúan produciéndose como consecuencia de la falta de prevención e identificación de los riesgos que los provocan, asociados a la no investigación de los incidentes.

Lo expuesto anteriormente permite concluir que actualmente el análisis de la accidentalidad laboral no se centra solamente en llevar registros estadísticos y de análisis de tendencia, como lo fue en épocas de antaño que no permitían tomar medidas preventivas porque se analizaban cifras aisladas. En la actualidad se trabaja en el uso de modelos matemáticos que explican la relación entre variables críticas (número de incidentes, lesiones leves, lesiones con incapacidad y accidentes mortales) y explicativas (evaluación de factores de riesgos laborales, clima de seguridad).

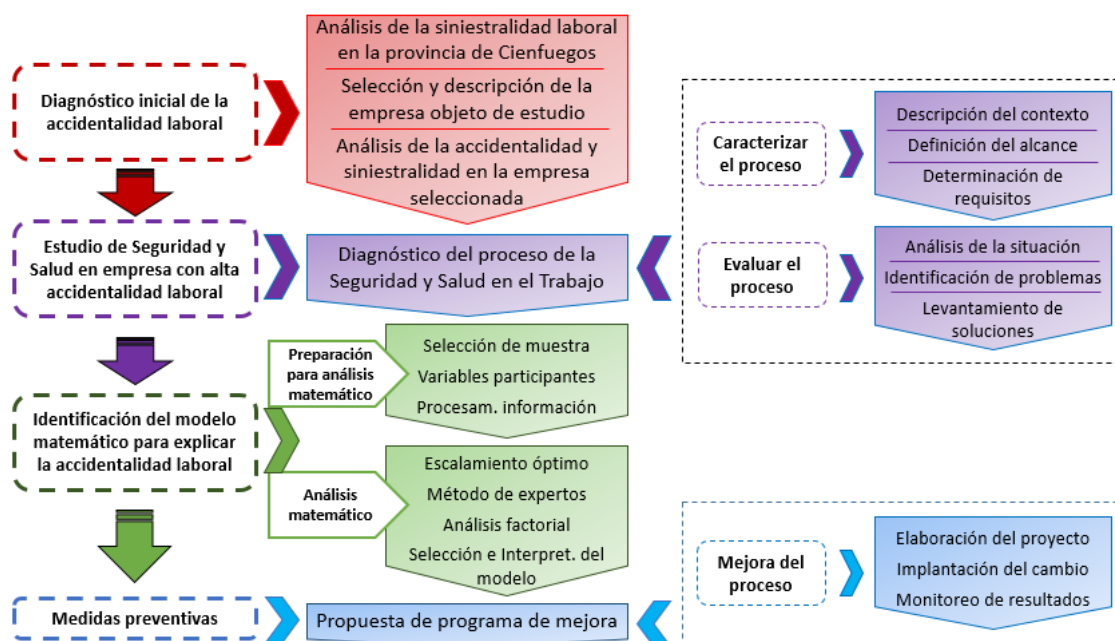
La empresa escogida para este estudio es una de las organizaciones consideradas de gran importancia para el país, la cual se dedica a realizar actividades altamente riesgosas. Esta entidad cuenta con un total de 800 trabajadores; de ellos más del 60% está expuesto a altos riesgos. En los últimos cuatro años (2010-2013) han ocurrido una cantidad considerable de incidentes laborales. Por lo antes expuesto la dirección de la empresa se trazó como objetivo para el 2014, alcanzar un alto desempeño en materia de seguridad y salud en el trabajo.

El objetivo general del trabajo investigativo que se presenta en este artículo es diseñar e implementar un procedimiento que permita la identificación de los factores que más propician la ocurrencia de incidentes laborales, utilizando para ello modelos matemáticos. Se muestran con cifras significativas de accidentalidad laboral los resultados de la implementación de dichos modelos en el sector y empresa identificados y se procede al análisis y discusión de los resultados.

## **2. Metodología, materiales y métodos**

La mejora del proceso de seguridad y salud en el trabajo basado en la utilización de un modelo matemático que permita valorar esta gestión y luego proyectar acciones de mejora que tributen a la disminución de sus debilidades en las organizaciones, está dada en el

control estadístico de los incidentes laborales y puede ser llevada a cabo a partir del procedimiento diseñado en esta investigación la cual se ilustra en la Figura 1.



**Figura 1.** Secuencia de pasos del procedimiento para la mejora del sistema de seguridad y salud en el trabajo basado a partir de un modelo matemático.

Como hipótesis de investigación se tiene:

H1: El uso de la estadística multivariada y el análisis de regresión, unido a la aplicación de técnicas propias de la gestión de la seguridad y salud ocupacional, identifican de manera objetiva variables que han incidido en la ocurrencia de accidentes laborales.

H0: El uso de la estadística multivariada y el análisis de regresión, unido a la aplicación de técnicas propias de la gestión de la seguridad y salud ocupacional, no identifican de manera objetiva variables que han incidido en la ocurrencia de accidentes laborales.

Como se deduce a partir de la figura mencionada anteriormente, el procedimiento se organiza metodológicamente en una secuencia de cuatro etapas básicas conformadas por doce pasos y nueve actividades. Se tuvo en cuenta para la elaboración del procedimiento el criterio de Villa González y Pons Murguía (2006); Barrera García (2010); Curbelo Martínez (2011).

### 3. Resultados y análisis.

A continuación se reflejan los resultados obtenidos al implementar el procedimiento mostrado anteriormente en una empresa de refinación de combustible fósil.

### **3.1 Diagnóstico inicial de la accidentalidad laboral (Etapa 1).**

#### Paso 1: Análisis de la siniestralidad laboral en el sector.

En el período comprendido entre 2008-2009 existió un crecimiento de los indicadores de accidentes laborales, luego decreció durante los años 2010-2011, aumentando nuevamente hasta el 2012 y disminuyendo en 19 accidentes en la etapa 2012-2013. De todo el sector la empresa con mayor índice de accidentes es la empresa objeto de estudio (por razones de confidencialidad se omite el nombre).

Se procedió a la aplicación del resto de los pasos de esta etapa (pasos 2 y 3), los cuales conllevan un conocimiento exhaustivo de la organización estudiada, así como de la situación relacionada con los incidentes laborales. Todo este análisis propicia las bases para corroborar lo obtenido por medio del modelo matemático en las etapas siguientes.

### **3.2 Estudio de seguridad y salud en el trabajo en empresa seleccionada (Etapa 2).**

#### Paso 4: Diagnóstico del proceso de la seguridad y salud en el trabajo.

Para evaluar el grado de cumplimiento de las prácticas en materia de organización y gestión de la seguridad y salud en el trabajo se utilizaron dos etapas del procedimiento para la gestión por procesos elaborado por Villa González y Pons Murguía (2006) que se muestran a continuación:

##### *Paso 4.1: Caracterización del proceso.*

Este paso conlleva la descripción del proceso de gestión de la seguridad y salud en el trabajo de la empresa estudiada a partir de la elaboración del mapa del proceso, subprocesos y de las fichas correspondientes a cada uno de estos. La dirección de seguridad, higiene y medio ambiente de la organización elaboró diagramas de flujo de procedimiento, quedando de esta forma estandarizadas las actividades desarrolladas por los especialistas de esta área.

##### *Paso 4.2: Evaluación del proceso.*

El objetivo general del análisis de la situación es establecer el estado actual de la gestión de la seguridad y salud de los trabajadores por medio de una revisión inicial, así como de los requisitos legales aplicables en la misma. Primeramente se utilizó la matriz causa-efecto para conocer la prioridad de las entradas del proceso y proponer medidas para su control. Estos resultados fueron sometidos a un método de expertos obteniéndose resultados satisfactorios tanto del coeficiente de Kendall (0.864) como de la significación asintótica (0.0).

De las herramientas recomendadas para el diagnóstico se decidió utilizar la guía de diagnóstico para el control del proceso de implantación de la OHSAS 18000: 2005 y el cuestionario elaborado por Bestratén Belloví y Gil Fisa (2000) debido a que estas técnicas recogen los requisitos fundamentales que debe cumplir la gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Con esta información se listaron las principales fortalezas y debilidades del proceso preventivo estudiado. Para dar prioridad a las debilidades detectadas se realizaron sesiones de trabajo con el equipo involucrado en la investigación y se elaboró un análisis

de fallos, modos y efectos del proceso de gestión de la seguridad y salud de la entidad estudiada. Luego se procedió a un levantamiento de soluciones que conlleva a la mejora de este proceso.

Una de las debilidades detectadas está relacionada con la ausencia de análisis estadísticos que propicien de manera objetiva el estudio e identificación de las causas de la ocurrencia de accidentes e incidentes laborales, lo cual permite continuar con la aplicación del procedimiento diseñado, cuyo objetivo fundamental es el uso de la estadística multivariada para el análisis de estos hechos no deseados.

### **3.3 Identificación del modelo matemático para explicar la accidentalidad laboral (Etapa 3).**

#### **Preparación para el análisis matemático.**

##### Paso 5: Selección de la muestra.

Con el estudio de siniestralidad realizado se obtuvo que la planta de proceso es el área de trabajo que tiene mayor cantidad de incidentes durante el período estudiado, por lo se eligió a los trabajadores de dicha planta para realizar el estudio.

##### Paso 6: Selección de variables participantes.

A partir del criterio establecido por Tomás et al. (2005) se escogieron como variables a ser estudiadas las relativas a la satisfacción de las condiciones laborales, los factores de riesgos laborales y gestión de la seguridad y salud. Seguidamente se identifican los instrumentos que permiten valorar el estado de cada una de estas variables.

#### **Análisis matemático.**

##### Paso 8: Escalamiento óptimo.

Se realizó el escalamiento óptimo por la necesidad de trabajar con variables cuantitativas que garanticen un mejor ajuste del modelo, por lo que se transformaron las variables de tipo categórica a numérica. En ambos casos los resultados obtenidos, como el coeficiente Alpha de Cronbach y el porcentaje de varianza total explicada, fueron aceptables (superior a 0,8).

##### Paso 9: Método de expertos.

Se seleccionaron 11 expertos que dan su juicio individualmente, entre los cuales se encuentran especialistas en seguridad y salud, trabajadores con vasta experiencia, así como profesores que investigan en la temática pertenecientes a la universidad del territorio estudiado, con el objetivo de reducir las variables a utilizar en el análisis factorial.

##### Paso 10: Análisis factorial.

Los resultados obtenidos en el análisis factorial relacionado con las variables asociadas a la satisfacción laboral y a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo permiten concluir que se cumple con los supuestos establecidos, por lo que puede proseguirse con el análisis de reducción de factores.

Para este propósito se utilizó el método de los componentes principales que es apropiado cuando el interés primordial se centra en la predicción o reducción del número de factores necesarios para justificar la porción máxima de la varianza representada en la serie de variables originales. Al observar las comunalidades, todas las variables se encuentran por encima de 0.5, por tanto pasan a formar parte del estudio. La matriz de pesos factoriales rotadas muestra que todos los factores saturan en algún componente (según VARIMAX), obteniéndose tres componentes con las variables asociadas a la satisfacción laboral y cinco a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

**Paso 11: Selección e interpretación del modelo.**

Para la elección del modelo que mejor explique los incidentes laborales se utilizaron modelos de regresión Logística, regresión Poisson y regresión Binomial Negativa. Para la comparación de los modelos se utilizaron en primer lugar el test óptimo basado en la regresión propuesta por Cameron y Trivedi (1990) para contrastar la sobredispersión o equidispersión en el modelo de Poisson. A continuación se procedió al procesamiento de los datos para los tres modelos seleccionados utilizando el Statgraphics Centurion XV. Aquí se ajustó cada modelo teniendo en cuenta la máxima verosimilitud que permite estimar los parámetros de un modelo probabilístico, de manera que sean los más factibles a partir de los datos obtenidos. A continuación se muestran en la Tabla 1 los componentes, así como el modelo final de cada regresión utilizada.

**Tabla 1.** Modelos finales ajustados de las regresiones utilizadas.

	Modelos finales ajustados
MRL	$\text{Incidentes de trabajo} = \exp(\eta) / (1 + \exp(\eta))$ <p>en donde <math>\eta = -2,6073 + 0,933911 * \text{Condiciones laborales} - 1,15107 * \text{Legislación}</math></p>
MRP	$\text{Incidentes de trabajo} = \exp(-3,98636 - 2,69721 * \text{Aspectos psicosociales} + 0,89587 * \text{Compromiso de la dirección} + 0,962548 * \text{Fuentes ergonómicas} - 0,804718 * \text{Legislación} + 1,84222 * \text{Plan acciones prev} + 2,46834 * \text{Programa de prevención})$
MRBN	$\text{Incidentes de trabajo} = \exp(-3,98636 - 2,69721 * \text{Aspectos psicosociales} + 0,89587 * \text{Compromiso de la dirección} + 0,962548 * \text{Fuentes ergonómicas} - 0,804718 * \text{Legislación} + 1,84222 * \text{Plan acciones prev} + 2,46834 * \text{Programa de prevención})$

En la Tabla 2 se presentan los valores del porcentaje de desviación explicado y del porcentaje ajustado, obtenidos para los tres modelos.

**Tabla 2:** Porcentaje de desviación explicado y ajustado para los modelos estudiados.

	(MRL)	(MRP)	(MRBN)
Ajuste	Incidentes		
Porcentaje de desviación explicado	23,1347	59,3511	59,3511
Porcentaje ajustado	13,0448	25,0579	25,0579

De la tabla anterior se concluye que los modelos de regresión de Poisson y de regresión Binomial Negativo tienen iguales porcentajes de desviación. Esto se debe a que ambos tipos de regresión son aconsejables utilizarlos cuando la variable dependiente es de tipo recuento, pero la Binomial Negativa es efectiva cuando existe sobredispersión en los datos y la de Poisson debe cumplir como supuesto fundamental la equidispersión. Por lo antes expuesto el modelo finalmente seleccionado para describir la relación entre los incidentes y las variables independientes es el de regresión Binomial Negativo. Téngase en cuenta que estas variables son las que más influyen en los incidentes laborales y fueron identificadas en el diagnóstico del proceso de prevención de riesgos laborales y análisis de siniestralidad como debilidades, lo que valida desde el punto de vista práctico los resultados obtenidos en el mismo.

### **3.4 Medidas preventivas en función de los resultados obtenidos para mejorar el proceso (Etapa IV).**

Derivado de todo el análisis realizado se identificaron los componentes de influencia significativa en la ocurrencia de incidentes laborales (aspectos psicosociales, compromiso de la dirección, fuentes ergonómicas, legislación, planificación de acciones preventivas, programa de prevención) y se propone un conjunto de acciones que deben ser tenidas en cuenta por la dirección de la empresa objeto de estudio y por los jefes de áreas, lo que debería posibilitar la disminución de los incidentes laborales. El aplicar las medidas preventivas propuestas es esencial para disminuir los incidentes laborales en la empresa objeto de estudio, y constituye un punto de partida para que la organización encamine su labor a optimizar la salud y la seguridad del trabajador, así como a disminuir costos.

Se elaboró la proyección de medidas empleando la técnica de las 5W (What, Who, Why, Where, When) y la 1H (How) para cada una de las prioridades identificadas con anterioridad, que no se muestran por confidencialidad de la empresa utilizando un proyecto denominado: Proyección de las medidas preventivas en función de los resultados obtenidos

Objetivo: Elaborar un conjunto de medidas preventivas para minimizar el efecto de las variables identificadas como significativas en la etapa anterior.

El objetivo perseguido en esta etapa permite disminuir la probabilidad de materialización de factores de riesgos presentes durante la ejecución de las diferentes actividades. Es por ello que se hace necesaria la elaboración e implementación de programas de mejoras relativos a la prevención de riesgos laborales, que incluyan actividades, niveles involucrados, evaluación y planificación de acciones preventivas, además de establecer la formación de los trabajadores como pilar fundamental.

Derivado del análisis realizado en la presente investigación que permitió identificar los componentes de influencia significativa en la ocurrencia de accidentes laborales, se propone un conjunto de acciones que deben tomarse en cuenta por la dirección de la empresa objeto de estudio y jefes de áreas, lo cual posibilitaría la disminución de los accidentes laborales. Se realizaron dichas propuestas e indicadores para evaluar su cumplimiento de cada acción de mejora. Cabe destacar que dentro de estos planes se indica una serie de medidas que conllevan a la realización de otras investigaciones referidas al procedimiento de “Análisis de riesgos psicosociales”, “Diseño de sistemas de gestión de la seguridad y salud” y “Análisis ergonómico del trabajo”, que indican de manera específica la solución a la que se quiere llegar

Adicionalmente se proponen indicadores de gestión propios de la actividad preventiva laboral que permiten monitorear la implementación de las acciones y que contribuyen a establecer la mejora continua del proceso de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

## 5. Conclusiones

El procedimiento diseñado e implementado en esta investigación realiza un aporte práctico a supuestos teóricos y trabajos de campo que la anteceden, al comprobarse la hipótesis de que el uso de la estadística multivariada y el análisis de regresión, unido a la aplicación de técnicas propias de la gestión de la seguridad y salud ocupacional, identifican de manera objetiva variables que han incidido en la ocurrencia de accidentes laborales, propiciando la elaboración de planes de mejora para su control. Todo ello posibilita una mayor profundización al efectuar estudios sobre este tema en las organizaciones que presentan cifras significativas de estos hechos súbitos.

El análisis de diferentes modelos matemáticos para explicar la accidentalidad laboral realizado en el objeto de estudio práctico de esta investigación, permite identificar que la regresión binomial negativa brinda estos resultados con un menor margen de error y posibilita seleccionar como variables con influencia significativa en la accidentalidad laboral, los aspectos psicosociales, el compromiso de la dirección, las fuentes ergonómicas, la legislación, la planificación de acciones preventivas y el programa de prevención.

## Bibliografía

- Pons Murguía, R. y Villa González, E., 2006. *Gestión por proceso*. Monografía. Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Barrera Garcia, A., 2010. *Procedimiento para la identificación de factores de mayor incidencia en la accidentalidad laboral en empresas de la provincia de cienfuegos*. 2010. Universidad de Cienfuegos, Cuba. Recuperada de [www.intranet.ucf.edu.cu](http://www.intranet.ucf.edu.cu)



- Curbelo Martínez, M., 2011. *Procedimiento para el análisis de la accidentalidad laboral implementación en una empresa de generación eléctrica*. Tesis de grado, Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cuba.
- Bestratén Belloví, M. y Gil Fisa, A., 2000. *Análisis preliminar de la gestión preventiva: cuestionarios de evaluación*. Recuperada de [www.mtas.inhst/ntp/3082](http://www.mtas.inhst/ntp/3082)
- Tomas, J. M., Oliver, M. A., y Rodrigo, F., 2005. *Modelos lineales y no lineales en la explicación de la siniestralidad laboral*. *Psicotema*, Vol 17(1), pp. 154-163.
- Cameron, A. C. y Trivedi, P. K. 1990. *Regression-based tests for overdispersion in the poisson model*. *Journal of Econometrics*, pp. 347 – 364.
- Alireza, Choobineha, Hosseinib, Hostafa, Lahmic, Mohammadali, Khani Jazanid, Reza, & Shahnavaize, Houshang, 2007. *Musculoskeletal problems in Iranian Hand-woven carpet industry: guidelines for workstation design*. *Applied Ergonomics*, Vol. 38(5), p. 617-624.
- Ashby, S.G, y Diacon, S.R., 1996. *Motives for occupational risk management in large UK companies*. *Safety Science*, Vol. 22(1-3), pp. 229-243. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0925-7535\(96\)00017-3](http://dx.doi.org/10.1016/0925-7535(96)00017-3).
- Beramendi Galdos, C., 2004. *Impacto económico de los accidentes laborales y sus factores asociados en un hospital de salud*. Recuperada de [http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/beramendi\\_gc/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/beramendi_gc/html/index-frames.html).
- Forastieri, V., 2009. *El tiempo perdido por accidentes laborales*. *Revista Seguridad y Medio Ambiente*, No. 115, pp. 6 – 15, ISSN 1888-5438.
- Medina, J., Cevallos L. y Sojos, R., 2010. *Identificación de factores de siniestralidad laboral de una empresa dedicada a la producción de equipos eléctricos*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, pp. 1-6.
- Melia, J.; Peiro, J. M., 1998. Cuestionario de satisfacción laboral s20/23 [en línea], España, [consulta:2010-06-23]. disponible en: [http://www.uv.es/meliajl/research/cuest\\_satisf/s20\\_23.pdf](http://www.uv.es/meliajl/research/cuest_satisf/s20_23.pdf) >
- OIT. (2013). Mueren mil 412 personas al año por accidentes laborales. El informador. México. Recuperado de

<http://www.informador.com.mx/mexico/2010/197013/6/mueren-mil-412-personas-al-ano-por-accidentes-laborales.htm>

Pérez Carrero, A. P. y Duque, G., 2005. *Incidencia de los riesgos profesionales en la productividad de empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales, sectores económico, químico y metalmecánico*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1992/126>.

Sheehy, N. P. y Chapman, A. J., 1987. *Industrial Accidents*. En C.L. Cooper y T. Robertson (Eds.): *International Review of Industrial and Organizational Psychology*. Chichester: Wiley.

Simard, M. y Marchand, A., 1995. *A multilevel analysis of organizational factors related to the taking of safety initiatives by work groups*. *sciencedirect.com - safety science*, Vol. 21(2), pp. 113-129.

Takala, J., 1999. *Global estimates of fatal occupational accidents*. *Epidemiology Resources Inc.*, Vol. 10(5), pp. 640-646. <http://www.bvsde.paho.org>.

Zohar, D., 2000. A group level model of safety climate: testing the effect of group climate on micro-accidents in manufacturing jobs. *Journal of applied psychology*, vol. 85(4), pp. 587-596.

**“LA REVISTA INNOVARE NO SE HACE RESPONSABLE EN NINGÚN CASO DE LOS CONTENIDOS, DATOS, CONCLUSIONES U OPINIONES VERTIDAS EN LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS, SIENDO ESTA RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL (DE LOS) AUTOR (AUTORES)”**