

R.19.941
E-10.790

N.I. 24.160
814.2-4



DOCUMENTOS
D - 4 - 75

Anexo al Boletín Bibliográfico

Centro Nacional de Información y Documentación

PLAN NACIONAL DE HIGIENE
Y SEGURIDAD DEL TRABAJO

MINISTERIO DE TRABAJO.
Dirección General
de la Seguridad Social

EVALUACION MATEMATICA PARA CONTROL DE RIESGOS

Traductor:
Emilio Turmo Sierra (Departamento de Seguridad I.T.
Barcelona - PLANHISSET)

Traducción del trabajo de FINE, William T.: "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards" (incluido en la obra editada por WIDNER, Joanne T.: "Selected Readings in Safety"; Academic Press, International Safety Academy, Macon, Georgia, 1973, pags. 68-84).
El Sr. Fine es Jefe del Departamento de Seguridad del Naval Ordnance Laboratory.

Palabras clave:

Accidentes - Actuaciones correctoras - Catástrofes - Control - Costes evaluación riesgos - Evaluación riesgos - Grado peligrosidad - Gravedad relativa riesgos - Lesiones - Matemáticas - Peligrosidad - Probabilidad accidentes - Riesgos - Seguridad.

RESUMEN

Para el control de los riesgos pueden utilizarse los dos siguientes sistemas:

- 1.- Un método que permita calcular la *relative gravedad y peligrosidad de cada riesgo. Con lo cual podremos determinar como orientar adecuadamente las acciones preventivas.*
- 2.- Otro método que determine la *justificación económica de las diversas y posibles actuaciones correctoras a tomar.*

Para satisfacer estas necesidades se ha ideado una fórmula que, ponderando diversos factores de la inspección de los riesgos, calcula el peligro de un riesgo estableciendo unos "Grados de Peligrosidad" que determinan la urgencia de las acciones preventivas. Estos "grados de peligrosidad" establecen automáticamente las prioridades de los esfuerzos correctores. Mediante una fórmula adicional, frente al "Grado de Peligrosidad", se pondera el coste económico y la efectividad de las posibles acciones correctoras y nos determina si su coste tiene justificación. Se aportan ejemplos de cálculo con ambas fórmulas.

MAPFRE
CENTRO
DE
DOCUMENTACION



PLAN NACIONAL DE
HIGIENE Y SEGURIDAD
DEL TRABAJO
INSTITUTO TERRITORIAL
BARCELONA

INTRODUCCION

Las rutinas normales en Seguridad Industrial tales como, inspecciones e investigaciones, revelan corrientemente numerosas situaciones de riesgo, las cuales, debido a limitaciones de tiempo, facilidad de mantenimiento y económicas, no pueden ser todas corregidas. El Jefe de Seguridad debe entonces decidir qué problemas a breve plazo debe atacar prioritariamente. Una gran ayuda para tomar esta decisión, sería un método para establecer prioridades entre las situaciones de riesgo, basado en el peligro relativo causado por cada riesgo. Por medio de tal sistema de prioridad, el personal de Seguridad puede asignar su tiempo y esfuerzo y solicitar provisión de fondos para corregir riesgos, en proporción al grado de peligrosidad implicado en cada situación. Tal sistema de prioridad está basado en la utilización de una fórmula simple para calcular el peligro en cada situación de riesgo y de este modo llegar a un "grado de peligrosidad" que indique la urgencia de una acción correctora.

Otro problema relacionado estrechamente con el tema es el económico. Cuando surge la Seguridad proponiendo un remedio para un riesgo, puede que sea necesario convencer a la Dirección de que el coste de la acción correctora está justificado. Como la mayoría de los presupuestos son limitados, la Seguridad debe competir con otros órganos en la obtención de fondos para proyectos de Seguridad. Desgraciadamente en muchos casos, la decisión de emprender un proyecto costoso depende en gran manera del talento de vendedor del personal de Seguridad. Como resultado, debido a un trabajo pobre de venta, puede no ser aprobado un proyecto de seguridad importante, o a causa de una excelente venta por Seguridad, un proyecto muy costoso puede obtener aprobación cuando el riesgo puede ser bajo. Esta dificultad puede solventarse añadiendo otros factores a la fórmula del "grado de peligrosidad" que sopesen el coste estimado y la efectividad de la acción correctora ideada frente al riesgo, obteniendo una determinación para saber si el coste está justificado.

FORMULA DEL "GRADO DE PELIGROSIDAD"

La gravedad del peligro debido a un riesgo reconocido, se calcula por medio de la fórmula del "grado de peligrosidad".

Se obtiene una evaluación numérica considerando tres factores: las consecuencias de un posible accidente debido al riesgo, la exposición a la causa básica y la probabilidad de que ocurra la secuencia completa del accidente y consecuencias.

La fórmula del "grado de peligrosidad" es la siguiente:

"Grado de Peligrosidad" = Consecuencias x Exposición x Probabilidad

Al utilizar la fórmula, los valores numéricos o pesos asignados a cada factor están basados en el juicio y experiencia del investigador que hace el cálculo. A continuación sigue una revisión detallada de los elementos de esta fórmula.

El primer elemento, las Consecuencias se define como:

Los resultados más probables de un accidente, debido al riesgo que se considera, incluyendo desgracias personales y daños materiales.

Los valores numéricos asignados para las consecuencias más probables de un accidente oscilan, pasando por varios grados de severidad desde 100 puntos para una catástrofe hasta 1 punto para un corte leve o contusión.

CONSECUENCIAS

| Grado de Severidad de las Consecuencias | Valor |
|---|-------|
| a) Catástrofe: numerosas muertes; grandes daños (por encima de 1.000.000 \$) gran quebranto en la actividad | 100 |
| b) Varias muertes: daños desde 500.000 a 1.000.000 \$ | 50 |
| c) Muerte: daños de 100.000 a 500.000 \$ | 25 |
| d) Lesiones extremadamente graves (amputación, invalidez permanente), daños de 1.000 a 100.000 \$ | 15 |
| e) Lesiones con baja; daños hasta 1.000 \$ | 5 |
| f) Pequeñas heridas, contusiones, golpes, pequeños daños | 1 |

El factor siguiente Exposición se define como :

La frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, siendo tal el primer acontecimiento indeseado que iniciaría la secuencia del accidente.

La frecuencia con que se presenta la situación de riesgo se valora desde "continuamente" con 10 puntos hasta 0,5 para "extremadamente remota".

EXPOSICION

| La situación de riesgo ocurre: | Valor |
|--|-------|
| a) Continuamente (o muchas veces al día) | 10 |
| b) Frecuentemente (aproximadamente una vez por día) | 6 |
| c) Ocasionalmente (de una vez por semana a una vez al mes) | 3 |
| d) Irregularmente (de una vez al mes a una vez al año) | 2 |

| | Valor |
|--|-------|
| e) Raramente (se ha sabido que ocurre) | 1 |
| f) Remotamente posible (no se sabe que haya ocurrido pero se considera remotamente posible) | 0,5 |

El tercer factor, Probabilidad se define como:

La probabilidad de que una vez presentada la situación de riesgo, los acontecimientos de la secuencia completa del accidente se sucedan en el tiempo, originando accidente y consecuencias.

Los valores van de 10 puntos si la secuencia completa del accidente es "muy probable y esperada" hasta 0,1 para el caso "uno en un millón" ó prácticamente imposible.

PROBABILIDAD

La secuencia del accidente, incluyendo las consecuencias:

| | Valor |
|---|-------|
| a) Es el resultado "más probable y esperado" si se presenta la situación de riesgo | 10 |
| b) Es completamente posible; no sería nada extraño; tiene una probabilidad del 50% | 6 |
| c) Sería una secuencia o coincidencia "rara" | 3 |
| d) Sería una coincidencia remotamente posible. Se sabe que ha ocurrido | 1 |
| e) Extremadamente remota pero concebible. No ha sucedido nunca en muchos años de exposición | 0,5 |
| f) Secuencia o coincidencia prácticamente imposible; posibilidad "uno en un millón". Nunca ha sucedido a pesar de exposición durante muchos años. | 0,1 |

Como ejemplos para demostrar la utilización de la fórmula, se han seleccionado una variedad de situaciones.

EJEMPLO Nº 1

Problema. Un edificio de un laboratorio de procesos explosivos contiene varios hornos, que son utilizados para ensayos ambientales (calentamiento) de material explosivo, con cargas de hasta cinco libras de material altamente explosivo en cada horno. Se sabe que este tipo de horno calienta excesivamente debido a controles de calor defectuosos causando de

...nación de los explosivos en el horno. Las personas pasan a lo largo del exterior del edificio. El riesgo potencial considerado aquí es el peligro para personas, que ocasionalmente pasen fuera del edificio.

El primer paso para calcular el peligro es estudiar la situación y hacer una lista de la secuencia más probable de sucesos para el accidente. Estos son los siguientes:

- a) Varios hornos están en utilización, cada uno conteniendo explosivos.
- b) Hay personas en el exterior del edificio.
- c) El termostato de un horno falla y la temperatura del horno sube por encima del valor adecuado de operación. (Esta es la situación de riesgo).
- d) El control secundario de parada de emergencia también falla en su función.
- e) El horno se sobrecalienta.
- f) El explosivo detona.
- g) Un transeunte que pasa cerca del edificio es herido mortalmente por cascotes volantes.

Se consideran y evalúan los factores de la fórmula:

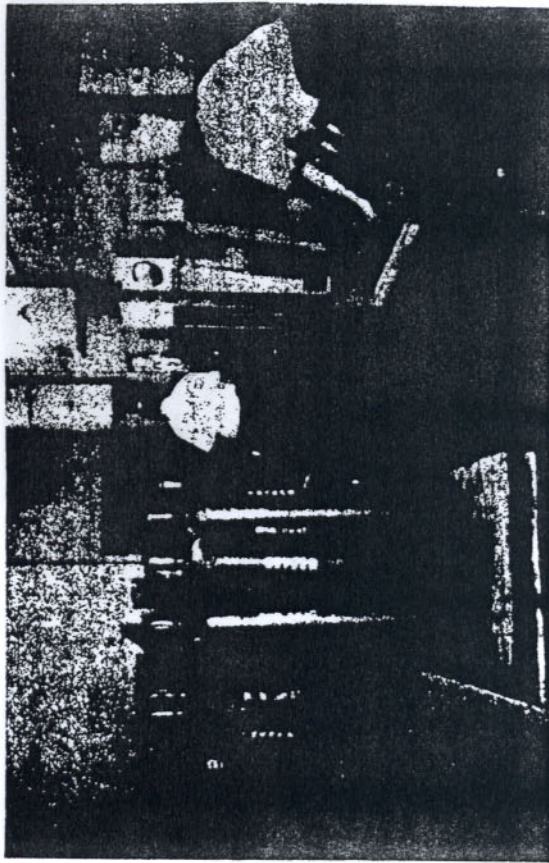
$$\text{Grado de peligrosidad} = \text{Consecuencias} \times \text{Exposición} \times \text{Probabilidad}$$

- a) "Consecuencias". Considerando que una muerte era lo más probable, tendremos para "Consecuencias" el valor 25.
- b) "Exposición". La situación de riesgo es el fallo del termostato. La experiencia muestra que esto ha sucedido antes pero muy "raramente". Por tanto "Exposición" = 1.
- c) "Probabilidad". Basándose en un buen criterio y en la experiencia, debe ser decidida la probabilidad de que la secuencia completa de accidente siga a la situación de riesgo, considerando cada escalón de la secuencia. Estas consideraciones deben incluir el hecho de que todos los hornos han sido equipados con controles secundarios de paro de emergencia y que los sistemas de mantenimiento aseguran el funcionamiento correcto de los controles termostáticos y de paro de emergencia. El fallo de cualquiera de estos aparatos de control es "completamente improbable". El fallo de los dos aparatos al mismo tiempo y en el mismo horno sería una coincidencia muy remotamente posible. Así pues la "probabilidad" es remotamente posible y su valor 1.

- d) Sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Grado de peligrosidad} = 25 \times 1 \times 1 = 25$$

El significado de este grado de peligrosidad se verá cuando se calcule este valor para otros riesgos, utilizando el mismo criterio y juicio y entonces se tendrá una base de comparación de riesgos.



Fotografía n.º 1

Situación peligrosa: Botellas de oxígeno comprimido situadas peligrosamente en un taller hacinado.

EJEMPLO N.º 2

Problema. Varias botellas de oxígeno comprimido están de pie sin apoyos sobre una plataforma de madera en un taller junto a un pasillo concurrido; los tapones están sobre las botellas bien sujetos. En este caso, has dos secuencias posibles de sucesos que pueden ocurrir, por tanto se evalúa el peligro de cada secuencia y los dos grados de peligrosidad se suman para dar una indicación del peligro total implicado. (Ver foto n.º 1)

Las secuencias son:

- 1º) Una botella puede volcarse y causar una lesión en los pies.
- 2º) Una botella puede volcarse, romperse y saltar en forma de cohete debido a la fuga de gas, produciendo daños más graves.

Evaluación del grado de peligrosidad para la primera secuencia peligrosa: con la condición descrita, un transeunte golpea una botella, la vuelca y aplasta su pie.

Aplicando la fórmula:

- a) Para las "Consecuencias" el resultado del accidente en una lesión con hacha, por tanto "Consecuencias" = 5.

- b) Para la "Exposición" la situación de riesgo es: una persona paseando cerca o rozando una botella. Ocurre muchas veces al día. Por tanto "Exposición" = 10.
- c) Para la "Probabilidad", se estima la probabilidad, paso a paso, de cada suceso hasta el pié fracturado. Las probabilidades estimadas de que una botella sea golpeada, que se vuelque, que caiga sobre el pié de alguien y cause una fractura están combinadas para llegar a la opinión de que la "probabilidad neta" para que ocurran esta serie de sucesos es "completamente posible" pero ligeramente extraña. Se llega al valor interpolando entre 6 y 3 de la tabla de valores con la decisión de que la "Probabilidad" = 4.

d) Sustituyendo en la fórmula:

El grado de peligrosidad para la secuencia del riesgo en el pié es:

$$5 \times 10 \times 4 = 200$$

A continuación se evalúa el grado de peligrosidad para la otra posibilidad, el riesgo de la secuencia de acción tipo cohete. En este caso hay una secuencia de sucesos ligeramente distinta. La secuencia de accidente empieza igual, pero rompiéndose la botella o la válvula. El gas comprimido escapa y origina que la botella despegue al estilo de un cohete sin guía. Dado que hay personas en las proximidades, se presume que es probable que ocurran lesiones muy graves.

Aplicando la fórmula para la secuencia del riesgo "acción cohete" tendremos:

- a) Para las "Consecuencias" unas lesiones muy graves dan un valor: "Consecuencias" = 15.
- b) Para la "Exposición" la situación de riesgo, una persona paseando muy cerca de una botella, ocurre muchas veces al día (lo mismo que para la secuencia de lesión de pié). "Exposición" = 10.
- c) Para la "Probabilidad" se estima individualmente la probabilidad de que cada etapa ocurra: que la botella sea golpeada, que vuelque, que la botella o la válvula se rompa, que la fuga de gas cause el efecto cohete y que la botella volante golpee a alguien y le cause lesiones muy graves. Colocando estas probabilidades juntas se determina que la probabilidad neta de que ocurran lesiones muy graves es "remotamente posible" por tanto "Probabilidad" = 1.
- d) Sustituyendo en la fórmula:
El "grado de peligrosidad" para el riesgo de acción cohete es:
- $$15 \times 10 \times 1 = 150$$
- Sumando los grados de peligrosidad de las dos secuencias de sucesos, el Grado de Peligrosidad total = 200+150 = 350

Fotografía nº 2

Tanque-depósito de propano (12.000 galones) situado en las inmediaciones de trabajos con aire comprimido a alta presión.

EJEMPLO Nº 3

Problema. Un tanque de almacenamiento de propano de 12.000 galones está situado al lado de trabajos que utilizan equipo y tuberías de aire comprimido. Se comprimen grandes cantidades de aire y nitrógeno a 15.000 p. s. i. Existe la posibilidad de que ocurra una explosión de una tubería de alta presión por varias causas, y que el golpe de aire a alta presión y fragmentos volantes puedan golpear el tanque de almacenamiento de propano, quebrándolo y haciendo que explote con la consecuencia de varias muertes y daños al edificio hasta \$500.000 \$. Se desea evaluar la gravedad del riesgo debido a tener este tanque situado tan cerca de trabajos a alta presión. (Ver foto nº 2)

La secuencia de sucesos para el accidente hipotético son los siguientes:

- Las actividades normales requieren una sobrecarga de la presión cerca del tanque de almacenamiento de propano.
- Se daña una tubería de 3.000 p. s. i. a 30 pies de distancia del tanque de almacenamiento y pasa desapercibido. (Esta es la situación de riesgo).
- La tubería estalla con una tremenda explosión.
- Fragmentos de metal de la explosión golpean el tanque de almacenamiento con tal fuerza que rompen el tanque.
- El propano escapa del tanque.

- f) Una chispa enciende las emanaciones de propano.
- g) La mezcla de propano y aire explota.
- h) La explosión causa dos muertes y una pérdida en daños materiales del edificio de --- 500.000 \$.

Aplicando la fórmula:

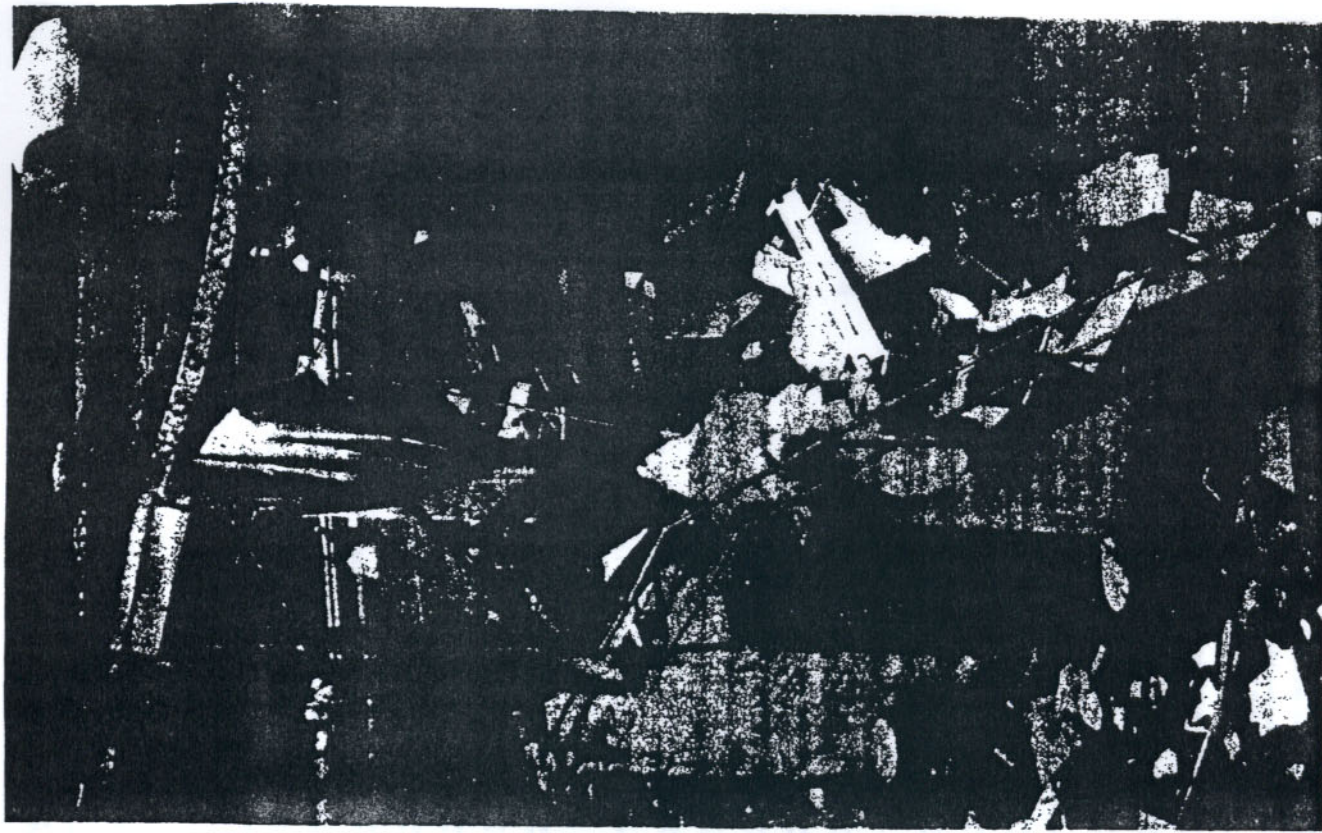
- a) Para las "Consecuencias", el resultado probable de dos muertes y una pérdida en daños de 500.000 \$ da un valor de 50.
- b) Para "Exposición", la investigación descubre que las líneas de aire a alta presión han sido a veces dañadas y descuidadas. La frecuencia de tal suceso es "irregular" por tanto: "Exposición" = 2.
- c) Para "Probabilidad" se estima la probabilidad de la secuencia completa. Esto incluye la consideración de la probabilidad de que una tubería dañada explote, que la explosión ocurra lo suficiente cerca para dañar el tanque de propano con tal fuerza que cause explosión, fuego, víctimas y daños materiales. Se considera que han ocurrido varias explosiones de alta presión en años pasados, una en las inmediaciones del tanque de almacenamiento de propano. Sin embargo, pocas tuberías están lo suficiente cerca para dañar el tanque. Después de cuidadosa deliberación de cada suceso requerido, se decide que la secuencia de accidente completa es "muy remotamente posible", y el valor de la "probabilidad" se sitúa en 0,5. (La foto nº 3 ilustra gráficamente sobre una explosión ocurrida años antes).
- d) Sustituyendo en la fórmula, el grado de peligrosidad para la situación con riesgo del tanque = $50 \times 2 \times 0,5 = 50$.

RESUMEN DE LOS GRADOS DE PELIGROSIDAD

Del mismo modo que se ha demostrado en los ejemplos anteriores se calculan los grados de peligrosidad para muchas otras situaciones de riesgo, utilizando el mismo criterio y juicio. Estos casos se ordenan ahora según sus "grados de peligrosidad", o digamos, en orden de la gravedad relativa de sus peligros" en una hoja llamada Hoja Resumen de Grado de Peligrosidad y Actuación. (Ver tabla nº 1).

La lista de situaciones de riesgo ordenadas por la gravedad de sus peligros, empezando por el riesgo de mayor grado de peligrosidad, se convierte en una lista de prioridad actual.

En el lado derecho de la tabla se han señalado corchetes. Estos dan las líneas divisorias críticas, que señalan las diferentes zonas según los grados de peligrosidad e indican la acción correctora requerida proporcional a estos grados.



Fotografía nº 3

Daños consecutivos a una explosión de aire comprimido en las proximidades de un tanque-depósito de propano.

Para los riesgos con "grado de peligrosidad más altos" (zona de peligro elevado) la columna de Actuación presenta una acción correctora inmediata. En estos casos, o para cualquier otra situación de riesgo cuyo grado de peligrosidad calculado esté en la zona de peligro elevado, cualquier trabajo debe ser detenido hasta que se haga algo para disminuir el peligro y situar el grado en una categoría menos urgente.

Los riesgos de "grado de peligrosidad medio" están en la segunda zona de corchetes y según dictamina la columna de Actuación, estos casos son "urgentes" y requieren una acción correctora lo antes posible. Pero para estos grados de peligro o urgencias no decimos "Pare el trabajo!"

Las situaciones de riesgo en la zona más baja de la tabla son peligros ordinarios menores, los cuales según dice la columna de Actuación, deberían ser corregidos sin excesivo retraso, pero no como situaciones de emergencia.

RESULTADOS Y EMPLEOS DE LOS GRADOS DE PELIGROSIDAD

La "Hoja Resumen de Grado de Peligrosidad y Actuación" puede ser un ingenio muy útil:

- Establece prioridades para la actuación de los Departamentos de Seguridad y Dirección, ya que todos los riesgos están listados según un orden de importancia. La posición de cualquier partida puede ser descendida por medidas correctoras que disminuyan cualquiera de los factores: Consecuencias, Exposición o Probabilidad. Por ejemplo las consecuencias pueden ser reducidas proporcionando vestuario o equipo de protección. Mejores guardas en las máquinas o métodos de trabajo mejorados pueden disminuir Exposición y Probabilidad.

- Para un nuevo riesgo descubierto, la lista proporciona una guía para indicar su urgencia. Una vez se ha calculado su "grado de peligrosidad" su urgencia estará indicada por la zona de "Actuación" en que le sitúe el valor de su grado de peligrosidad.

- Puede ser utilizado para evaluar un Programa de Seguridad o para comparar Programas de Seguridad de varias plantas, por un método más real que las estadísticas de accidentes. En cualquier momento dado, la tabla completa para una planta industrial representa su estado actual de seguridad.

Por ejemplo: digamos que la tabla señala siete "actuaciones inmediatas" para partidas de emergencia, seis partidas en la categoría "urgente" y doce riesgos "menores".

El cumplimiento del Programa de Seguridad en un periodo de tiempo demostrará la eficacia reduciendo los grados de peligrosidad y desplazando partidas hacia abajo de la tabla, de las categorías de peligro elevado hacia zonas de peligro más bajo. Así, habrá progreso si el número de partidas de "Actuación de Emergencia" fueran reducidas de siete a dos y las partidas "urgentes" de seis a cuatro, o si el "grado de peligrosidad" promedio total es reducido de 140 a 115; etc. Si se desea comparar el estado actual de la seguridad de cada una de varias

TABLA N° 1:

SITUACIONES DE RIESGO ORDENADAS DE ACUERDO CON SU GRAVEDAD HOJA - RESUMEN DE GRADO DE PELIGROSIDAD Y ACTUACION

| Descripción del riesgo. | Grado de Peligrosidad | Actuación |
|--|-----------------------|--|
| Limpieza de ventosas en un tercer piso. Sin estación de seguridad, se cuelga con una mano y se saca hacia fuera. | 1,500 | |
| Hombres trabajando en una saja de seis pies de profundidad, no entubada, con barro blando, espasmos o derrumbe de tierra. | 750 | |
| Pintores en andamio sin barandilla, altura de 30 pies sin utilizar cinturones de seguridad. | 750 | |
| Bocanoso utilizado para limpiar el suelo de un taller, zona muy concurrida, con gente fumando y otras fuentes de chispa alrededor. | 450 | |
| Botellas de gas comprimido inflamable de pie y sin sujetar sobre plataformas de madera a lo largo de pasillos frecuentados, con los tapones puestos. | 375 | |
| Aire comprimido hasta 90 p.s.i. incontrolado y utilizado en taller de máquinas para limpieza general. | 300 | Se requiere corrección inmediata. La actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya disminuido. |
| Hombres fumando en almacén de productos inflamables, sin sistema de aspiración, material altamente inflamable. | 270 | |
| Taladro eléctrico portátil empleado sin puesta a tierra y utilizado sin cuidado por varias personas. | 200 | |
| Deposito receptor de aire comprimido sin válvula de seguridad; parada automática a 200 p. s.i. equipo viejo. | 180 | |
| Cable pasado al lado de saja profunda sin protección; tráfico considerable; iluminación pobre. | 150 | Urgente. Requiere atención lo antes posible. |
| Instrumentos pesados inestables sobre una estantería de siete pies de altura, expuesta a ser golpeada por los empleados. | 150 | |
| Cinturones girando por una saja sin visibilidad, sin hacer stop, con tráfico contrario y peatonal; límite de 10 millas por hora. | 135 | |
| Escalones de edificio resbaladizo cada vez que están mojados; sin barandilla, muchos peatones al día. | 90 | |
| Botellas de refresco comprimido de pie sin sujetar cerca de pared; poco tráfico o movimiento. | 85 | |
| Peatones y tráfico de carretillas de mano en saja sin visibilidad en pasadizo de un almacén. | 60 | |
| Botellas de refresco y recipientes almacenados juntos; con los tapones puestos, buena ventilación; alrededores incombustibles. | 45 | |
| Barandilla inadecuada a lo largo de pasarela exterior, empleo ocasional cada día. | 40 | |
| Gran taque de almacenar propeno en zona muy concurrida; tráfico de vehículos y trabajo con aire a alta presión. | 37,5 | |
| Peatones y vehículos utilizando la misma carretera. La carretera no siempre es lo suficiente ancha para ambos. | 37,5 | |
| Productos químicos almacenados en refrigeradores no a prueba de chispa, ocasionalmente incluyendo líquidos volátiles inflamables. | 30 | |
| Acera rota; tráfico ocasional de peatones; agujeros y hormigón suelto. | 30 | |
| Personas cerca de edificio de explosivos; al alcance de posibles elementos volátiles; método de trabajo seguro en el edificio. | 25 | |
| Bomba de vacío portátil sin protección en la corre: la bomba se trasladó ocasionalmente alrededor por varias personas. | 18 | |
| Operario utilizando lima pesada sin mango; empleo diario. | 18 | |
| Operario utilizando martillo con la cabeza floja; empleo diario para trabajos de poca monta. | 18 | |

plantas industriales se puede hacer simplemente comparando el promedio de los "grados de peligrosidad" de todas las principales situaciones de riesgo en cada planta. Por ejemplo la planta con un "grado de peligrosidad" promedio de 90 sería un lugar más seguro para trabajar que una con un "grado de peligrosidad" promedio de 120.

JUSTIFICACION PARA UNA ACTUACION CORRECTORA

Para determinar si está justificada la acción correctora propuesta para aliviar una situación de riesgo se compara, el coste estimado de las medidas correctoras con el grado de peligrosidad. Esto se hace añadiendo dos factores adicionales en la fórmula del grado de peligrosidad.

La fórmula de Justificación es la siguiente:

$$\text{Justificación} = \frac{\text{Consecuencias} \times \text{Exposición} \times \text{Probabilidad}}{\text{Factor de Coste} \times \text{Grado de corrección}}$$

Nótese que el numerador de esta fracción es realmente el grado de peligrosidad. Se ha añadido un denominador, compuesto de dos nuevos elementos: Factor de Coste y Grado de Corrección.

FACTOR COSTE

El "Factor de Coste" es una medida estimada del coste en dólares de la acción correctora propuesta. Los valores son los siguientes:

| Coste | Valor |
|---------------------------------|-------|
| a) Más de 50.000 \$ | 10 |
| b) 25.000 a 50.000 \$ | 6 |
| c) 10.000 a 25.000 \$ | 4 |
| d) 1.000 a 10.000 \$ | 3 |
| e) 100 a 1.000 \$ | 2 |
| f) 25 a 100 \$ | 1 |
| g) Menos de 25 \$ | 0,5 |

GRADO DE CORRECCION

El "Grado de Corrección" es una estimación del grado de disminución del riesgo por medio de la acción correctora propuesta. Sus valores son los siguientes:

| Descripción | Valor |
|---|-------|
| a) Riesgo absolutamente eliminado 100% | 1 |
| b) Riesgo reducido al menos 75% pero no completamente | 2 |
| c) Riesgo reducido del 50% al 75% | 3 |
| d) Riesgo reducido del 25% al 50% | 4 |
| e) Ligero efecto sobre el riesgo (menos del 25%) | 6 |

Para emplear la fórmula y determinar si un gasto propuesto es justificado, se sustituyen los valores y se obtiene un valor numérico para la "Justificación". El Valor de "Justificación Crítico" ha sido arbitrariamente fijado en 10. Para cualquier valor sobre 10 el gasto será considerado justificado. Para un valor menor de 10, el coste de la acción correctora ideada no está justificado.

Para demostrar el empleo de la Fórmula de Justificación utilizaremos los mismos ejemplos de la demostración del grado de peligrosidad.

Consideremos el ejemplo del riesgo de personas cerca de un edificio en que se trabaja con explosivos. La acción correctora que fue propuesta era la construcción de una barrera a todo lo largo del exterior del edificio para proteger a los transeúntes en caso de una explosión interior. El coste estimado era 5.000 \$. Empleando la fórmula "J":

1º) Las Consecuencias, Exposición y Probabilidad tal como ya se discutieron, fueron calculadas en 25, 1 y 1 respectivamente.

2º) Factor de Coste. El coste estimado es 5.000 \$. Por tanto, según la tabla de valores, el Factor de Coste = 3.

3º) Grado de Corrección. La efectividad de la barrera para proteger a los transeúntes es ta considerada en más del 75%. Por tanto el Grado de Corrección = 2.

4º) Cálculo:

$$J = \frac{25 \times 1 \times 1}{3 \times 2} = \frac{25}{6} = 4,20$$

5º) Conclusión. El gasto de 5.000 \$ para construir una barrera que proteja a los transeúntes está muy debajo de 10 y por tanto no está justificado.

6º) Consideración complementaria. Ya que el grado de peligrosidad es 25 esta situación totalmente requiere atención. Una revisión de este problema reveló que se podían tomar otras medidas para disminuir el peligro. La probabilidad de la secuencia completa de accidente probable que ocurra fue considerada como remota, pero podría ser hecha mucho más remota (y el grado de peligrosidad dividido por dos) por medio de controles tales como vallas por

tiles y señales de aviso, para reducir o eliminar la presencia de transeuntes en la zona peligrosa.

En el siguiente ejemplo, se consideraba la localización peligrosa del tanque de almacenamiento de propano de 12.000 galones de capacidad. La acción correctora propuesta fue situar el tanque bajo tierra, en un lugar donde fuera menos probable que fuese dañado por una causa externa, con un coste estimado de 28.000 \$.

Determinando los valores para los elementos de la fórmula:

18) Consecuencias x Exposición x Probabilidad ya fueron determinados con valores de $50 \times 2 \times 0,5 = 50$. Ahora debemos dividir esto por el producto Factor de Coste x Grado de Corrección.

28) Factor de Coste de una nueva localización es de 28.000 \$. Por tanto, Factor de Coste=6.

39) Grado de Corrección. En la localización subterránea se considera que no hay posibilidad de daño para el tanque. Por tanto Grado de Corrección = 1.

49) Sustituyendo en la fórmula:

$$J = \frac{50 \times 2 \times 0,5}{6 \times 1} = \frac{50}{6} = 8,3$$

Conclusión. El Valor de Justificación es inferior a 10. Según el criterio establecido, el coste de una nueva localización del tanque no está justificado. Pero el valor de 8,3 es próximo, por tanto todos los factores son examinados de nuevo cuidadosamente.

Debe ponerse de relieve que no decimos que el riesgo sea de poca o ninguna importancia. El grado de peligrosidad es 50 y esto es de apreciable importancia. Debemos hacer lo posible para reducir el peligro. Ideando otras acciones correctoras menos costosas, ó reduciendo la Exposición o la Probabilidad. En este caso se consideraron otras actuaciones posibles. Se decidió que una valla de plancha de acero podía ser levantada para proteger el tanque de los trabajos con aire comprimido con un coste inferior a 1.000 \$. Esto rebaja el Factor de Coste a 2. Pero como esta acción no elimina completamente el peligro, el Grado de Corrección es 2. Ahora calculamos la justificación con estos valores:

$$J = \frac{50 \times 2 \times 0,5}{2 \times 2} = \frac{50}{4} = 12,5$$

El coste de esta acción de ingeniería se considera justificado. Con la valla de plancha de acero instalado, se calcula de nuevo el grado de peligrosidad: las Consecuencias y Exposición permanecen iguales. Pero la Probabilidad es reducida a "prácticamente imposible" con un valor de 0,1. Por tanto el grado de peligrosidad = $50 \times 2 \times 0,1 = 10$ un peligro que está dentro de la zona despreciable.

Debe notarse aquí en este caso que el empleo de este sistema estaba en desacuerdo

con un gasto de 28.000 \$ y en cambio están justificadas medidas costando 1.000 \$ que han reducido el peligro a la zona despreciable.

Los ejemplos anteriores demuestran cómo la fórmula puede ahorrar dinero. Además puede ser una herramienta de valor elevado para Dirección. Por ejemplo, inmediatamente después de un accidente muy grave, tal como una explosión con una víctima, existe la tendencia tanto para Directores como Jefes de Seguridad de superreaccionar e ir a extremos en favor de la Seguridad. El juicio puede llegar a estar un tanto influido en favor de medidas de seguridad excesivas. Tal acción perjudica la imagen de la Seguridad tarde o temprano, porque cuando el ambiente se enfría y la gente vuelve otra vez a ser racional y razonable, el juicio sobre de tales proyectos es evidente. Además en circunstancias de excitación cuando se consideran proyectos costosos que pueden ser precipitadamente aprobados, la Fórmula de Justificación puede mostrar si las medidas son justificadas o no, lógica y simplemente. Esta fórmula es una herramienta simple y positiva para ayudar a Dirección a tomar una decisión adecuada.

CONCLUSION

Los sistemas de evaluación del riesgo presentados aquí pueden ser empleados efectivamente por cualquiera que tenga un criterio claro y experiencia en seguridad como una instrucción y guía.

La Fórmula del Grado de Peligrosidad se emplea para calcular la gravedad relativa de riesgos. Este proceso establece prioridades a tener en cuenta para los riesgos, tanto para Seguridad como Dirección. La Tabla Resumen de Grado de Peligrosidad y Actuación da una rápida visión o evaluación del estado de Seguridad de la organización en cualquier momento; puede mostrar el progreso de Seguridad en un período de tiempo y da una guía a Seguridad para determinar donde concentrar sus esfuerzos.

La Fórmula de Justificación proporciona a Seguridad y Dirección una guía para decidir si el coste de un proyecto de Seguridad propuesto está justificado. Esta fórmula da una base sólida en la cual Seguridad puede basar sus recomendaciones para una acción correcta. Su empleo asegurará a Dirección que los proyectos de Seguridad que actualmente no están justificados no serán recomendados. En consecuencia Dirección tendrá más fe en Seguridad y dará mayor apoyo a Seguridad. Servirá para convencer que Seguridad es un negocio rentable.

Para facilidad de empleo, todos los factores utilizados en este sistema de evaluación del riesgo se dan en una tabla única. (Ver tabla nº 2)

RESUMEN DE VALORES DE FORMULA DE JUSTIFICACION

| Factor | Clasificación | Valor |
|---|---------------|-------|
| 1.- Consecuencias (Resultado más probable de un accidente por causa) | | |
| a) Catastrofe numerosas víctimas, daños superiores a 1.000.000 \$, gran quebranto de actividad. | | 100 |
| b) Varias muertes; daños de 500.000 \$ a 1.000.000 \$ | | 50 |
| c) Muerte; daños de 100.000 \$ a 500.000 \$ | | 25 |
| d) Lesiones extremadamente graves (amputación, incapacidad permanente) daños de 1.000 \$ a 100.000 \$ | | 15 |
| e) Lesiones con hajo, daños hasta 1.000 \$ | | 5 |
| f) Heridas leves, contusiones, golpes, pequeños daños | | 1 |
| 2.- Exposición (Frecuencia con que ocurre la situación de riesgo) | | |
| La situación de riesgo ocurre: | | |
| a) Continuamente (o muchas veces al día) | | 10 |
| b) Frecuentemente (aproximadamente una vez al día) | | 6 |
| c) Ocasionalmente (de una vez por semana a una vez al mes) | | 3 |
| d) Irregularmente (de una vez al mes a una vez al año) | | 2 |
| e) Raramente (se sabe que ocurre) | | 1 |
| f) Remotamente posible (no se sabe que haya ocurrido) | | 0,5 |
| 3.- Probabilidad (Probabilidad de que la consecuencia de accidente se com- plete) | | |
| Secuencia completa de accidente | | |
| a) Es el resultado más probable y separado el la situación de riesgo tiene lugar | | 10 |
| b) Es completamente posible; nada extraño; tiene una probabilidad del 50% | | 6 |
| c) Sería una sucesión o coincidencia rara | | 3 |
| d) Sería una coincidencia remotamente posible. Se sabe que ha ocurrido | | 1 |
| e) Nunca ha sucedido en muchos años de exposición pero concebible. | | 0,5 |
| f) Secuencia prácticamente imposible (nunca ha sucedido) | | 0,1 |
| 4.- Factor de costo (Costo estimado en dólares de la acción correcta propuesta) | | |
| a) Más de 50.000 \$ | | 10 |
| b) 25.000 \$ a 50.000 \$ | | 6 |
| c) 10.000 \$ a 25.000 \$ | | 4 |
| d) 1.000 \$ a 10.000 \$ | | 3 |
| e) 100 \$ a 1.000 \$ | | 2 |
| f) 25 \$ a 100 \$ | | 1 |
| g) Menos de 25 \$ | | 0,5 |
| 5.- Grado de Corrección (Grado en que será reducida el riesgo) | | |
| a) Riesgo completamente eliminado 100% | | 1 |
| b) Riesgo reducido al menos el 75% | | 2 |
| c) Riesgo reducido del 50% al 75% | | 3 |
| d) Riesgo reducido del 25% al 50% | | 4 |
| e) Ligero efecto sobre el riesgo (menos del 25%) | | 6 |

MAPFRE
CENTRO
DE
DOCUMENTACION