

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



**Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales**

**POR:**

**YAMILETH HOLGUIN ARZOLA**

**MONOGRAFIA:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TITULO DE**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila, México

Febrero, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales**

Por:

**YAMILETH HOLGUIN ARZOLA**

**MONOGRAFÍA**

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

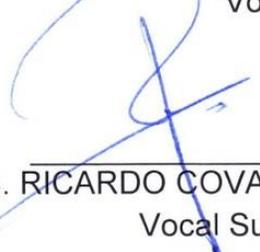
**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

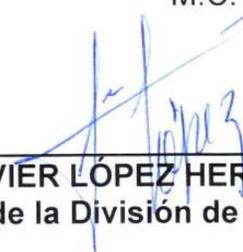
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
DR. JESÚS LUNA ANGUIANO  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. RICARDO COVARRUBIAS CASTRO  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
**M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ**  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
FEBRERO 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales**

Por:

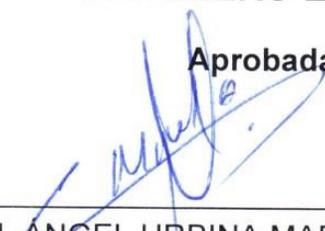
**YAMILETH HOLGUIN ARZOLA**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**Aprobada por el Comité de Asesoría:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ANGEL URBINA MARTÍNEZ  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
DR. JESÚS LUNA ANGUIANO  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. RICARDO COVARRUBIAS CASTRO  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ**  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
FEBRERO 2019



## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez por su apoyo incondicional y asesoramiento en el transcurso de mi investigación.

Al Dr. Alain Buendía García por su apoyo y colaboración en mi investigación.

Al Dr. Jesús Luna Anguiano por colaborar en la investigación.

Al M.C. Ricardo Covarrubias Castro por apoyo y colaboración en la investigación.

A mi Alma Terra por abrirme sus puertas y ser mi segundo hogar

A mis amigos Argentina, Lucero, Lu, Araceli, Gume y Fernando por ser mi segunda familia y estar conmigo en las buenas y en las malas, por todos los bellos momentos que pasamos juntos.

A Dios por tantas cosas buenas que me ha dado en mi vida.

## **DEDICATORIAS.**

A mi madre que siempre estuvo apoyándome en todo y jamás se rindió para sacarme adelante.

A mi padre por su apoyo en los últimos dos años de la carrera y por el esfuerzo que ha hecho por mí

A mi novio por estar incondicionalmente a mi lado apoyándome en todo momento, gracias a sus palabras de aliento no me di por vencida.

A mis hermanos que desde lejos siempre me llamaban para motivarme a terminar mi carrera.

A mi hermano Gustavo que se me adelanto en el camino, sé que desde el cielo me mandaba fuerzas para continuar.

## RESUMEN

La evaluación de la seguridad para el análisis cuantitativo de riesgos puede ser una simulación, la probabilidad de accidentes y su extensión de la avería para que seleccione el diseño óptimo con el fin de adoptar medidas eficaces para reducir la destrucción de la vida, el medio ambiente e inversión (XU-Xiaonan, 2012). En consecuencia, aconsejan que las organizaciones están considerando la adopción de servicios en la nube, deben entender claramente los riesgos y definir los controles necesarios, antes de que cualquier información sensible se migre a la nube (Brender, 2013). La colaboración con los proveedores en un riesgo operacional bajo podría reducir las posibilidades de pérdidas para todos los miembros de la cadena de suministro (Ping-Shun, 2013).

La seguridad e higiene del trabajo son las ciencias encargadas de reducir y eliminar dichos riesgos y su metodología implica la prevención, identificación, evaluación y control de riesgos; muchas organizaciones presentan dificultades para iniciar actividades de seguridad e higiene del trabajo pues no tienen personal preparado, percibiendo como difícil y costoso cumplir la normativa a que están obligadas aunque no es así (Anaya, 2006). Existe un método de resaltar la importancia de la Seguridad, y es aquilatarla en función de sus efectos económicos. Por supuesto, la peor repercusión de la siniestralidad son las defunciones, y la mayor parte de la Normativa de seguridad va dirigida a la protección de la vida humana. Todo lo anterior, tanto la metodología analítica como la operativa, confluye en el término cultural de seguridad, por la cual se entiende que las responsabilidades en materia de seguridad se extienden entre todos los factores intervinientes, se comprenden, y se está en disposición de afrontarlas con suficientes garantías. Adicionalmente a esta primera aproximación, cabe la identificación de medidas de protección individual y general para mitigar los efectos ordinarios de las variables físicas y químicas sobre los trabajadores (Muñoz Antonio *et al.*, 1998b).

Palabras Clave: Riesgos, Peligro, Análisis, Seguridad, Trabajadores.

## Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
RESUMEN .....	III
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
CONCEPTOS GENERALES.....	4
Riesgo.....	4
Lugar de trabajo.....	4
Condición de trabajo.....	4
Salud.....	5
Peligro.....	5
Daño derivado del trabajo .....	5
Riesgo laboral.....	5
La evaluación de riesgos.....	6
El análisis comparativo de riesgos.....	7
La comunicación de riesgos.....	8
Determinación del nivel del estudio .....	9
CLASIFICACION DE LOS RIESGOS.....	9
Con respecto a las personas.....	9
Se pueden considerar dos tipos de riesgos: el riesgo individual y el riesgo social. ....	9
Con respecto a las consecuencias.....	10
Con respecto al origen.....	10
TASA DE RIESGO.....	10
TIPOS DE RIESGOS.....	11
Riesgos químicos.....	11
Clasificación de los riesgos químicos.....	12
Clasificación según su estado físico.....	12
Clasificación según la composición química .....	13
Clasificación fisiológica .....	13
Riesgos biológicos.....	13

Riesgos físicos.....	14
Riesgo psicosocial .....	14
IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:.....	15
IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO .....	15
Materias primas, productos acabados y productos auxiliares .....	17
Productos intermedios, subproductos y residuos .....	18
Identificación de riesgos por exposición a agentes biológicos .....	18
Identificación de riesgos por exposición a agentes físicos .....	19
Ruido.....	20
Ambiente térmico.....	21
Estrés térmico por calor .....	22
Estrés térmico por frío .....	23
Radiaciones .....	23
Identificación y evaluación de riesgos de seguridad.....	23
MÉTODOS EXISTENTES PARA ANALISIS DE RIESGOS .....	29
MÉTODO HAZOP.....	29
MÉTODO AMFE .....	30
MÉTODO DEL ÁRBOL DE FALLOS .....	32
MÉTODO DEL ÁRBOL DE SUCESOS .....	34
CONCLUSIONES.....	38
REFERENCIAS: .....	39

## INTRODUCCIÓN

Una parte muy importante del medio ambiente afectado por las actividades productivas, entendido en un sentido amplio o global es el medio ambiente de trabajo, que en muchas ocasiones es un ambiente interior o separado del ambiente que podría llamarse exterior, respecto del recinto donde se realiza la mayoría de actividades industriales o laborales, otra peculiaridad del medio ambiente laboral consiste en su espacio relativamente reducido, el lugar de trabajo, muchas veces separado físicamente del medio ambiente exterior. También es peculiar el medio ambiente laboral por que suele estar acondicionado por las diversas tecnologías y frecuentemente se puede llegar a utilizar equipos, materiales e instalaciones de mayor peligrosidad que en la mayoría de actividades extra laborales (Grau-Rios y Grau-Sáenz, 2009).

Los conceptos de riesgo y peligro están entrelazados de manera indisoluble. Peligro implica una probabilidad de efectos adversos en una situación dada. Riesgo es una medición de la probabilidad, en algunos casos tal medición es subjetiva, o sea, un riesgo advertido. Los científicos e ingenieros buscan modelos para calcular el riesgo estimado, en ciertas ocasiones es posible utilizar datos reales para estimar el riesgo, tales estimaciones se elaboran respecto a una amplia gama de fenómenos ambientales. En los últimos dos decenios se ha intentado que el proceso de estimación sea más riguroso. Hoy, se le llama evaluación cuantitativa del riesgo o, más brevemente, evaluación del riesgo (Mackenzie L y Masten, 2004).

El empleo de los resultados de tal evaluación en la toma de decisiones políticas se denomina administración del riesgo, se estudian mediciones alternativas para la administración de riesgo mediante la reducción de la cantidad de contaminantes ambientales. El análisis de los accidentes y de los incidentes son tan importantes, que algunas veces, un riesgo tiene múltiples orígenes y debe realizarse un análisis de causas potenciales (Asfahl y Rieske, 2010). La preocupación por la seguridad es una de las características más sobresalientes de nuestra civilización. Ello se denota de diversas formas, siendo una de las más significativas la cobertura de riesgos mediante las pertinentes pólizas de seguros. No hay ámbito de la actividad humana

que sea ajeno a esta práctica, con la que intentamos precavernos respecto al daño que podamos sufrir por diversas actividades, siendo este daño a veces biológico, a veces económico, a veces mixto. Esta cierta obsesión por la seguridad es, como hemos dicho, genera, y adopta precauciones contra múltiples tipos de amenaza, desde las catástrofes naturales al robo, pasando por los accidentes en el transporte o la baja por enfermedad (Muñoz Antonio *et al.*, 1998a). Por lo tanto, la tarea de cómo reducir el riesgo de insolvencia se convierte en un tema cada vez más importante (Chen, 2008). Muchas razones pueden ser atribuidas a la jugada de estas empresas de construcción en el extranjero. Para algunos, el cambio está motivado. Basado en la predicción de que la empresa puede obtener lo que se denomina comúnmente como una "ventaja del primer movimiento" - la ventaja de que se gana por el primer ocupante de un segmento de mercado (Sarah, 2009.).

La evaluación de la seguridad para el análisis cuantitativo de riesgos puede ser una simulación, la probabilidad de accidentes y su extensión de la avería para que seleccione el diseño óptimo con el fin de adoptar medidas eficaces para reducir la destrucción de la vida, el medio ambiente e inversión (XU-Xiaonan, 2012). En consecuencia, aconsejan que las organizaciones están considerando la adopción de servicios en la nube, deben entender claramente los riesgos y definir los controles necesarios, antes de que cualquier información sensible se migre a la nube (Brender, 2013). La colaboración con los proveedores en un riesgo operacional bajo podría reducir las posibilidades de pérdidas para todos los miembros de la cadena de suministro (Ping-Shun, 2013).

La seguridad e higiene del trabajo son las ciencias encargadas de reducir y eliminar dichos riesgos y su metodología implica la prevención, identificación, evaluación y control de riesgos; muchas organizaciones presentan dificultades para iniciar actividades de seguridad e higiene del trabajo pues no tienen personal preparado, percibiendo como difícil y costoso cumplir la normativa a que están obligadas aunque no es así (Anaya, 2006). Existe un método de resaltar la importancia de la Seguridad, y es aquilatarla en función de sus efectos económicos. Por supuesto, la peor repercusión de la siniestralidad son las defunciones, y la mayor parte de la Normativa

de seguridad va dirigida a la protección de la vida humana. Todo lo anterior, tanto la metodología analítica como la operativa, confluye en el término cultural de seguridad, por la cual se entiende que las responsabilidades en materia de seguridad se extienden entre todos los factores intervinientes, se comprenden, y se está en disposición de afrontarlas con suficientes garantías. Adicionalmente a esta primera aproximación, cabe la identificación de medidas de protección individual y general para mitigar los efectos ordinarios de las variables físicas y químicas sobre los trabajadores (Muñoz Antonio *et al.*, 1998b). Aquí se plantea un procedimiento para diagnosticar el lugar de trabajo a través de listados de verificación elaborados y probados como guías para identificar condiciones y agentes ambientales, obtenidos de la normatividad vigente en la materia en México (Anaya, 2006).

Es posible hacer un análisis de tipo probabilístico con objeto de determinar cuál es el grado de inseguridad y de consecuencias perjudiciales que puede asociarse a esa instalación según el proyecto concreto realizado (Muñoz Antonio *et al.*, 1998b).

## REVISION DE LITERATURA

### CONCEPTOS GENERALES.

#### **Riesgo**

Efecto de dañar, definiendo a daño como causar deterioro, perjuicio, menoscabo, dolor o molestia. En términos generales, es la probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas (usepa 2001). Los riesgos nos rodean en la vida diaria y existen a cierto nivel en todas las actividades que realizamos: corremos un riesgo al manejar un automóvil, al poner dinero en la bolsa de valores o al ingerir un medicamento. Todas estas actividades conllevan importantes beneficios pero (Evans *et al.*, 2003) Una definición completa de riesgo tiene que comprender el concepto de exposición a un peligro. La exposición a un peligro puede ser voluntaria: por ejemplo, el esquiar o saltar con un para- caídas son actividades peligrosas en las cuales se decide libremente correr el riesgo de llegar a sufrir un accidente. Pero también existe la exposición involuntaria a un peligro, como lo es, por ejemplo, la exposición a sustancias tóxicas presentes en el medio ambiente, en el aire que respiramos o en el agua y alimentos que ingerimos. Los efectos negativos de una exposición de este tipo dependerán de la toxicidad de la sustancia, de la dosis y del tiempo y frecuencia de la exposición (Evans *et al.*, 2003).

#### **Lugar de trabajo**

Es el área o espacio en el que se ejecutan las tareas y funciones encomendadas como trabajo, con inclusión de cualquier zona, al que la persona acceda, como puede ser los vestuarios, almacenes, servicios, locales de descanso, etc.

#### **Condición de trabajo**

Cualquier característica de mismo que puede tener influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador. Comprende las condiciones generales de los locales, instalaciones, productos, equipos y demás útiles, los agentes químicos, físicos y biológicos presentes en el ambiente laboral y la

organización y desarrollo del trabajo en cuanto puede influir en el comportamiento del trabajador, es decir, en su equilibrio físico, mental y social (Creus y Mangosio, 2011).

### **Salud**

Es el estado completo de bienestar físico, psíquico y social y no solo la ausencia de afectaciones y enfermedades (Grau-Rios y Grau-Sáenz, 2009).

Enfermedad profesional: Se denomina enfermedad profesional a aquella enfermedad adquirida en el puesto de trabajo de un trabajador por cuenta ajena. Dicha enfermedad está considerada por la ley y derecho o en el BOE. Son ejemplos la neumoconiosis, la alveolitis alérgica, la lumbalgia, el síndrome del túnel carpiano, la exposición profesional a gérmenes patógenos y diversos tipos de cáncer, entre otras (Creus y Mangosio, 2011).

### **Peligro**

Se entiende por peligro la propiedad o capacidad intrínseca de algo, ejemplo: Equipos, productos, situaciones, procesos, métodos, etc. Para ocasionar daños.

### **Daño derivado del trabajo**

Son enfermedades o alteraciones patológicas o lesiones producidas con motivo u ocasión del trabajo.

### **Riesgo laboral**

se define como la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo (Grau-Rios y Grau-Sáenz, 2009).

En términos generales, riesgo es la probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas. Los riesgos nos rodean en la vida diaria y existen a cierto nivel en todas las actividades que realizamos: corremos un riesgo al manejar un automóvil, al poner dinero en la bolsa de valores o al ingerir un medicamento. Todas estas actividades conllevan importantes beneficios pero también pueden tener consecuencias negativas con diferente grado de severidad. Una definición completa de riesgo tiene que comprender el concepto de exposición a un peligro. La

exposición a un peligro puede ser voluntaria: por ejemplo, el esquiar o saltar con un para- caídas son actividades peligrosas en las cuales se decide libremente correr el riesgo de llegar a sufrir un accidente. Pero también existe la exposición involuntaria a un peligro, como lo es, por ejemplo, la exposición a sustancias tóxicas presentes en el medio ambiente, en el aire que respiramos o en el agua y alimentos que ingerimos. Los efectos negativos de una exposición de este tipo dependerán de la toxicidad de la sustancia, de la dosis y del tiempo y frecuencia de la exposición. El riesgo se expresa a menudo en términos cuantitativos de probabilidad: por ejemplo, cuál es el riesgo de morir por cualquier causa a lo largo de un año en México. Para calcular este riesgo se muestran datos sobre la población y la mortalidad. En el año 2000 hubo alrededor de 435,000 muertes en México, un país con 97.5 millones de habitantes. Sin tomar en cuenta las consideraciones de edad, se puede decir que, en promedio, el riesgo anual o probabilidad de que un mexicano muera es alrededor de 0.45% o 45 en 10,000 ( $435,000/97,500,000 = 0.0045$ ). Hay que notar que no hay una unidad asociada con el riesgo aunque a menudo se necesiten datos adicionales, por ejemplo, si es un riesgo que enfrenta la población en general o sólo los individuos que realizan cierto tipo de actividad (Evans *et al.*, 2003).

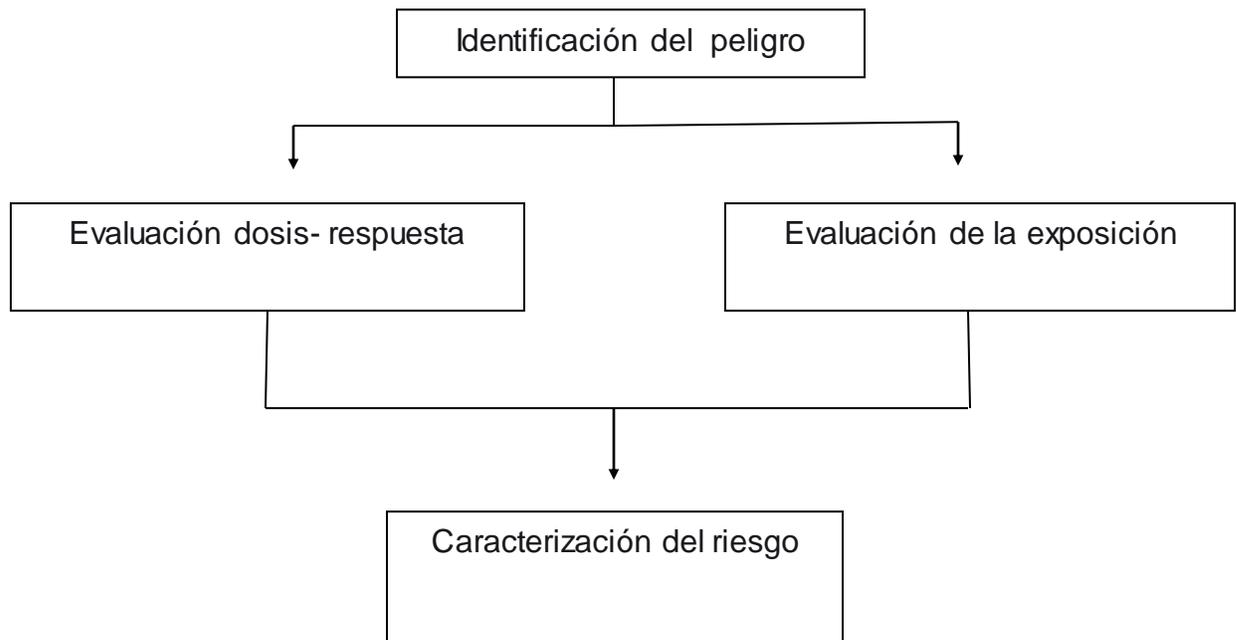
### **La evaluación de riesgos**

La evaluación de riesgos es el uso de los datos y observaciones científicas para definir los efectos a la salud o a los ecosistemas causados por la exposición a materiales o situaciones peligrosas. La evaluación de riesgos abarca un amplio rango de disciplinas y puede tener un alto grado de complejidad, dependiendo de su propósito final. Puede ir desde un simple análisis que incluya algunas proyecciones generales, hasta evaluaciones detalladas que pueden durar varios años.

La evaluación del riesgo recoge información de una variedad de disciplinas como son la toxicología, la epidemiología y la ecología así como de la química, la física, las matemáticas, la ingeniería y las ciencias ambientales.

La evaluación de riesgos abarca un amplio rango de disciplinas y puede tener un alto grado de complejidad, dependiendo de su propósito final. Puede ir desde un simple

análisis que incluya algunas proyecciones generales, hasta evaluaciones detalladas que pueden durar varios años. Los componentes básicos de una evaluación de riesgos, que se discutirán a detalle en los próximos capítulos, incluyen: la identificación del peligro, la evaluación de la exposición, la evaluación de dosis-respuesta, y la caracterización de riesgos (Evans *et al.*, 2003).



### **El análisis comparativo de riesgos**

El análisis comparativo de riesgos proporciona un método sistemático para abordar los problemas que pueden causar diferentes tipos y grados de riesgos a la salud. Se pueden realizar análisis comparativos de riesgos rápidos y económicos utilizando datos de fuentes disponibles para identificar los problemas de salud más significativos. De esta manera, los resultados del análisis comparativo pueden utilizarse para establecer prioridades en el manejo de los riesgos, tomando en cuenta también consideraciones como los costos, la factibilidad técnica y la percepción social, entre otros factores.

La fortaleza de este tipo de análisis radica en la habilidad de comparar y evaluar los efectos de varios contaminantes o peligros. El análisis comparativo de riesgos puede ser utilizado, en naciones desarrolladas, para establecer las prioridades en materia ambiental, para orientar la legislación, y escoger entre diferentes enfoques regulatorios.

### **El manejo de riesgos**

El manejo de riesgos es el proceso que permite evaluar diferentes políticas alternativas y seleccionar la acción reguladora más apropiada integrando los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos, tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos y políticos inherentes a la toma de decisiones.

El manejo del riesgo es un proceso que consiste en la toma de decisiones para la asignación de recursos de una forma que se optimice la protección de la salud y del medio ambiente. Es evidente que para este tipo de decisiones es necesario considerar, además de los criterios de salud y ambientales, los aspectos sociales, económicos y políticos más relevantes (Evans *et al.*, 2003).

### **La comunicación de riesgos**

La comunicación de riesgos es la etapa del análisis de riesgos en la cual se explica cómo el público percibe y procesa los riesgos y se identifican formas de mejorar la transferencia de información entre los expertos y el público. La respuesta del público a los riesgos es compleja, multidimensional y diversa, porque «el público» es, en realidad, muchos públicos con diferentes valores e intereses.

Los problemas inherentes a la comunicación y la educación son un verdadero reto y todavía queda mucho por realizar en el área de la educación y la comunicación de riesgos. El proceso de análisis de riesgos debe ser un proceso abierto a una mayor participación y escrutinio de los públicos afectados. esto implica la necesidad de incrementar la capacidad y habilidad del público para entender la información sobre el riesgo y aumentar la habilidad de los tomadores de decisiones para entender cómo el público percibe el riesgo (Evans *et al.*, 2003).

## **Determinación del nivel del estudio**

La presente guía establece cuatro niveles diferentes de información para la presentación de los estudios del riesgo; así el siguiente procedimiento tiene como finalidad establecer cuáles son los criterios que definirán el estudio de riesgo a presentar por el particular.

## **CLASIFICACION DE LOS RIESGOS.**

Los riesgos pueden ser clasificados de distintas maneras. Una de las formas más comunes es la siguiente: a) con respecto a las personas; b) con respecto a las consecuencias; c) con respecto al origen.

### **Con respecto a las personas**

Se pueden considerar dos tipos de riesgos: el riesgo individual y el riesgo social.

El riesgo individual es el que afecta a una persona considerada en forma aislada. A su vez el riesgo individual puede ser clasificado como voluntario o involuntario, aunque la línea divisoria no siempre es clara.

Riesgo voluntario es aquel que es posible aceptar o rechazar, como por ejemplo: fumar, viajar en moto, etc. Riesgo involuntario, en cambio, es aquel que no es posible evitar, por ejemplo: caídas accidentales, enfermedades. Desde el punto de vista laboral, se presupone que el trabajador está aceptando un riesgo inherente a su actividad; en cambio, no se supone lo mismo para el resto de la comunidad.

Cuando se calculan riesgos individuales se considera que toda la población está expuesta; sin embargo, para algunas actividades es preferible expresar el riesgo en función de la población realmente expuesta. Por ejemplo es el caso de los accidentes laborales ya que para ellos existen diversos índices de riesgos que son considerados más adelante.

El riesgo social está relacionado con el número de individuos afectados por un clase de eventos, enfermedad, es decir, el riesgo social es el detrimento que sufre la sociedad como consecuencia de una enfermedad, tipos de accidentes, etc.

### **Con respecto a las consecuencias.**

Existen diferentes tipos de consecuencias como pueden ser:

- Muertes
- Lesiones
- Días de trabajo perdidos.
- Daños materiales a bienes (costo en pesos).
- Reducción de la esperanza de vida.

Generalmente los riesgos se expresan sobre la base de la consecuencia.

### **Con respecto al origen**

Se pueden distinguir entre riesgos naturales y riesgos inducidos por el hombre. Por ejemplo: la electrocución por rayos frente a los accidentes automovilísticos.

### **TASA DE RIESGO**

Toda tasa es una proporción. Se establece una relación entre el número de individuos afectados por muertes, lesiones, días de trabajos perdidos o días de esperanza de vida perdida y la población total, durante un periodo. O sea, e número de individuos que padecieron el riesgo sobre el número total de individuos expuestos. También se puede hablar de costo de una clase de eventos, dividido el número total de eventos (Creus y Mangosio, 2011).

## TIPOS DE RIESGOS

### Riesgos químicos

Son sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, de estructura definida y con propiedades fisicoquímicas específicas, que se encuentran en los ambientes laborales y pueden producir un deterioro en la salud de quienes se exponen a ellas.

Las sustancias químicas pueden causar una gran variedad de daño y enfermedades debido a su corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad. Las sustancias inflamables y combustibles son generalmente volátiles, lo que significa que su punto de ebullición es muy bajo, porque a temperaturas relativamente bajas generan vapores que al ser inhalados llegan a provocar daños severos en el sistema respiratorio. Algunas sustancias químicas pueden ocasionar daños físico severo en forma abrupta; por ejemplo, el hidróxido de sodio (NaOH) ácido clorhídrico (HCL) llegan a provocar quemaduras si son ingeridos en forma accidental o si entran en contacto con la piel. Los ojos son especialmente susceptibles a sufrir daños por sustancias químicas (Arellano-Díaz y Rodríguez-Cabrera, 2013).

El control de los agentes químicos contaminantes del aire, en relación con la protección de la salud en el trabajo, requiere el conocimiento de la forma de contacto de dichos agentes con el organismo, su modo de acción y la forma en que son o pueden ser eliminados. Los posibles medios de contactos son la piel, inhalación por vía respiratoria y absorción por vía bucal. El contacto con la piel es el que afecta a mayor número de personas en el trabajo. La inhalación por el aparato respiratorio es, a su vez, de primordial importancia para la salud ocupacional. La absorción oral es de escasa significación, excepto cuando se superpone a la inhalación o en el caso tratarse se agentes extremadamente tóxicos.

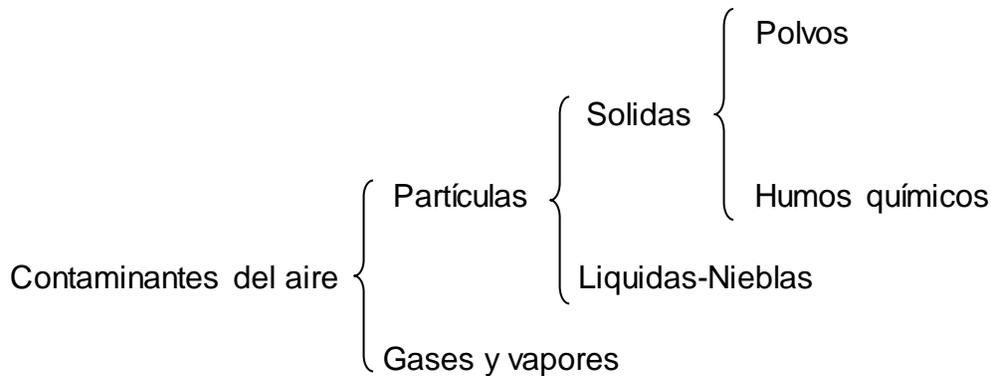
### Clasificación de los riesgos químicos

Los agentes químicos pueden clasificarse de acuerdo con su estado físico, su composición química o su acción fisiológica.

### Clasificación según su estado físico

Es de la mayor importancia práctica. El estado físico de los contaminantes condiciona el comportamiento en el aire y su modalidad de acción en el aparato respiratorio. Los principios de separación de los contaminantes son diferentes según el estado físico y, en consecuencia, son también distintos los químicos de muestreo y de tratamiento del aire o las características de funcionamiento.

El siguiente cuadro resume la clasificación del riesgo químico:



**Los polvos** son partículas solidas, de tamaño relativamente grande (1/4 a 20 micrones) capaces de estar temporalmente suspendidas en el aire. Se generan en operaciones de manipulación, trituración, molienda, impacto, detonación o calcinación de materiales inorgánicos, tales como rocas, minerales, metales, carbón, maderas, cereales, etc.

**Los humos químicos** son partículas aerodispersadas generadas por condensación a partir del estado gaseoso, generalmente después de la vitalización de metales fundidos. Su tamaño es menor que el de los polvos, no sobre pasan el  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de micrón. La mayoría están comprendidos entre 0,1 y 0,01 de micrón.

**Las nieblas** son gotas en suspensión en el aire que se generan por condensación a partir del estado gaseosos o por la dispersión mecánica de un líquido en operaciones que produzcan salpicaduras, espumas o atomizaciones.

**Los gases** son fluidos que, en condiciones normales, no tienen forma, ocupan el espacio del recipiente que los contiene y pueden pasar al estado líquido o sólido por efecto de variaciones de presión y temperatura.

### **Clasificación según la composición química**

Las clasificaciones varían según el aspecto de la composición que se desea destacar. La mayor dificultad para establecer una clasificación racional radica en que no es posible establecer una correlación general entre las estructuras químicas y los efectos biológicos de los contaminantes, si bien en ciertos casos pueden señalarse algunas tendencias a las leyes cuya extrapolación a nuevas sustancias deben hacerse con cautela y sujeta a la posterior confirmación experimental.

### **Clasificación fisiológica**

Esta clasificación ofrece dificultades. Por ejemplo, la acción fisiológica de muchos gases y vapores depende de la concentración. Un vapor a cierta concentración puede actuar como anestésico, mientras que a menor concentración puede no ser anestésico, pero sí dañar el sistema nervioso, el sistema hematopoyético o alguna visera (Creus y Mangosio, 2011).

### **Riesgos biológicos**

Son virus, bacterias u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que pueden contener toxinas producidas por microorganismos que llegan a causar efectos nocivos a los seres vivos o al ambiente (Arellano-Díaz y Rodríguez-Cabrera, 2013).

Los riesgos biológicos para la salud en trabajo comprenden infecciones originadas por los virus, bacterias, hongos y protozoarios. Pueden tener origen laboral infecciones tales como SIDA, ántrax, tuberculosis, infecciones fúngicas, brucelosis, fiebre tifoidea, paludismo, fiebre amarilla, etc.

Las condiciones patológicas resultantes de la acción de los riesgos biológicos se consideran de carácter laboral en la medida en que pueda demostrarse que han sido producidas o grabadas por circunstancias emergentes del trabajo (Creus y Mangosio, 2011).

### **Riesgos físicos**

Son aquellos que se generan de algún tipo de energía, los cuales se clasifican en ruido, vibraciones, presión, temperatura, radiaciones no ionizantes (visibles, infrarrojas, ultravioletas, laser, máser y microondas), radiaciones ionizantes (rayos x) y partículas ionizantes (alfa, beta, neutrones).

El ruido se clasifica en intermitente, continuo y fluctuante o de impacto. Para la medición de ruido se ha desarrollado una escala que se basa en la variación de presión, dado que el oído humano percibe una gama amplia de presiones sonoras. La proporción de la potencia más débil de sonido al mayor, percibida sin dolores, va de aproximadamente de uno a un millón (Arellano-Díaz y Rodríguez-Cabrera, 2013).

### **Riesgo psicosocial**

La organización del trabajo y su contenido es decisiva para la realización personal del trabajador. Es el factor del riesgo psicosocial en el que se incluye: jornada del trabajo (jornadas y horarios), ritmo de trabajo, nivel de automatización, comunicación, estilos de mando y participación con la organización, estatus social, identificación con la tarea, iniciativa y estabilidad en el empleo.

Los factores de riesgo psicosociales abarcan en conjunto de exigencias y características del trabajo y su organización y, al coincidir con las capacidades, necesidades y expectativas del trabajador, incidente en su salud con el resultado de un gran ausentismo laboral o su envejecimiento prematuro. Se produce un desequilibrio en el estado del trabajador como consecuencia de la imposibilidad de responder adecuadamente a las demandas del trabajador a ver frenada sus aspiraciones y expectativas, lo que recibe el nombre de estrés (Creus y Mangosio, 2011).

## **IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:**

Esta fase consiste en conocer las posibles fuentes de riesgo, así como los activos que pueden verse afectados por la materialización de la situación de riesgo. El objetivo es conocer los sucesos que, en una instalación o actividad, pueden dar lugar a un daño ambiental. Ejemplos de peligros ambientales son la fuga de gas de un depósito, o el vertido sobre el suelo de una sustancia durante el trasiego de la misma. La identificación de peligros se basa en la revisión y análisis de información sobre la actividad (proceso productivo, materias primas, y sensibilidad ambiental del entorno). De forma complementaria es posible el uso de herramientas de apoyo para la identificación de peligros (análisis histórico de accidentes, lista de chequeo, árbol de fallos, etc.) sobre las que existe una amplia bibliografía (CROEM, 2008).

## **IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO**

Tradicionalmente, el primer contacto de las empresas con el mundo de la seguridad y la salud laboral se ha debido a problemas (deficiencias y factores de riesgo) relacionados con la seguridad. Por este motivo, los riesgos de seguridad son a menudo los más conocidos, no sólo por los profesionales competentes sino también por las empresas. Sin embargo, el cambio continuo que se produce en las condiciones de trabajo a raíz de la utilización de nuevos productos, equipos y tecnologías, junto con la actualización de la normativa vigente, hace que los riesgos clásicos de seguridad también vayan cambiando y se vayan modificando y, por lo tanto, es necesario disponer de elementos de referencia que ayuden en esta tarea de identificación y evaluación.

Para ayudar a la identificación de los factores de riesgo, se puede utilizar la tabla S1, en la que se muestra una relación de posibles deficiencias y factores de riesgo estructurado en 4 unidades, que responden a las agrupaciones de los diversos agentes materiales presentes en los puestos de trabajo:

Locales de trabajo (paredes, suelo, techos, vías de comunicación). Equipos de trabajo (máquinas, herramientas, aparatos).

Energías e instalaciones (electricidad, gas, aire comprimido, etc.). Productos y sustancias (materias primas, productos químicos, etc.)

Para cada una de estas unidades se han desarrollado unos indicadores que quieren orientar a los técnicos evaluadores en la identificación de los factores de riesgo de seguridad más relevantes, pero que no pretenden, en absoluto, ser exhaustivos (mar, 2006).

### **Identificación de riesgos por exposición a agentes químicos**

La identificación de los distintos factores de riesgo químico y los riesgos asociados a estos factores es un paso previo e indispensable, no sólo para evaluar el riesgo, sino también para gestionarlo. En la identificación de riesgos higiénicos derivados de la exposición a agentes químicos (ficha H2) debe especificarse la naturaleza y la forma del agente químico, además de su vía de entrada.

De acuerdo con el criterio de materiales utilizados, la presencia de agentes químicos en el ambiente del lugar de trabajo puede tener su origen en lo siguiente:

- Materias primas utilizadas.
- Productos auxiliares.
- Productos intermedios.
- Subproductos.
- Residuos.

De acuerdo con el criterio de procesos, la presencia de agentes químicos en el ambiente de trabajo puede tener su origen en lo siguiente:

- Proceso principal.
- Procesos auxiliares.
- Mantenimiento.
- Manutención.
- Limpieza.
- Tratamientos con plaguicidas.

El primer paso, pues, consiste en estudiar cada una de estas opciones en cada uno de los lugares de trabajo. Por eso se ha creado una tabla para la recogida de información (véase la ficha H1 del anexo H) a fin de facilitar esta tarea.

En cada uno de estos supuestos es necesario obtener información que nos lleve a poder definir los factores de riesgo y los riesgos asociados. A continuación, se exponen las principales fuentes de información para cada supuesto:

### **Materias primas, productos acabados y productos auxiliares**

- Etiquetado (frases R).
- La hoja de datos de seguridad.

Las recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la evaluación del riesgo y sobre la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.

La clasificación del producto de acuerdo con los criterios que establece la normativa relativa a la notificación de sustancias nuevas y a la Clasificación, el envasado y el etiquetado de sustancias y preparados peligrosos (Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 255/2003). Los valores límite ambientales y biológicos (VLA y VLB) que se citan en el párrafo b, apartado a, del Real Decreto 374/2001 se definen para el agente en cuestión o sus componentes. La normativa existente sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR), por ferrocarril (RID), por vía aérea (IATA) y por vía marítima (IMGD) o fluvial (ADN).

Las monografías y las hojas de datos para sustancias químicas elaboradas por distintas instituciones a partir de la información científica y técnica existente.

Los bancos de datos a los que se pueden acceder por CD-ROM o mediante una conexión en línea. Las bases de datos bibliográficos, en las que se recogen resúmenes de trabajos publicados en revistas especializadas.

## **Productos intermedios, subproductos y residuos**

Descripción de los procesos productivos de la empresa.

Monografías y hojas de datos para sustancias químicas elaboradas por distintas instituciones a partir de la información científica y técnica existente. Bancos de datos a los que se pueda acceder por CD-ROM o mediante una conexión en línea.

Las recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la evaluación del riesgo y sobre la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.

La clasificación del producto de acuerdo con los criterios que establece la normativa relativa a la notificación de sustancias nuevas y a la clasificación, el envasado y el etiquetado de sustancias y preparados peligrosos (Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 255/2003).

Los valores límites ambientales y biológicos que se citan en el párrafo b, apartado ha, del Real Decreto 374/2001 se definen para el agente en cuestión o sus componentes.

## **Identificación de riesgos por exposición a agentes biológicos**

La identificación de los riesgos derivados de la exposición de los trabajadores a agentes biológicos no es sólo el paso previo para evaluar y gestionar el riesgo, sino que, debido a las características de muchas exposiciones a estos agentes (en particular, la incertidumbre acerca de la presencia de los agentes en cuestión en determinadas actividades), también es la actuación más importante para prevenirlos correctamente. Por este motivo, es preciso tratar por separado las actividades en las que se trabaja con agentes biológicos de forma deliberada (manipulación deliberada) y, por lo tanto, conocida, y las actividades en las que se puede producir la exposición de los trabajadores a estos agentes sin que haya intención deliberada de trabajar con los mismos (exposición accidental), tal y como hace la normativa aplicable, el Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos

relacionados con la exposición a agentes durante el trabajo, y sus modificaciones posteriores (Orden de 25 de marzo de 1998, por la cual se adapta el Real Decreto 664/1997, en función del progreso técnico, y su corrección de erratas, de 15 de abril de 1998). A fin de facilitar esta tarea, se presenta el cuestionario H1 para la identificación de actividades con riesgo de exposición a agentes biológicos, completada con listas de los agentes biológicos que pueden aparecer con mayor probabilidad en las distintas actividades (listas H1 a H8). Dado que las actividades en las que puede darse exposición accidental suelen tener el problema de la incertidumbre en lo concerniente a la presencia de estos agentes en el centro de trabajo, resulta particularmente importante hacer una identificación teórica correcta de los agentes biológicos más probables, considerando sus focos de exposición, los reservorios, la información científica y los posibles estudios epidemiológicos de los que se pueda disponer. Es importante mencionar que las listas de agentes biológicos potencialmente presentes en una o varias actividades que se proporcionan en este documento son meramente indicativas, y no pueden considerarse listas cerradas. También es necesario indicar que existen numerosas fuentes de información para facilitar esta identificación (anexo II del Real Decreto 664/1997, notas técnicas de prevención -NTP- del INSHT, registros de salud pública, bibliografía, etc.). Finalmente, en determinados casos, también se pueden identificar algunos agentes biológicos utilizando métodos específicos de muestreo, como los que se indican en el anexo 3 de la Guía técnica. En la ficha H3 se recopila la información relativa a la identificación de los agentes biológicos potencialmente presentes en el lugar de trabajo, junto con su clasificación según el anexo II del Real Decreto 664/1997.

### **Identificación de riesgos por exposición a agentes físicos**

A la hora de trabajar con agentes físicos, es preciso tener en cuenta algunos aspectos que los diferencian de los agentes químicos y de los biológicos, y que condicionan su tratamiento:

- La naturaleza de los distintos agentes físicos no es la misma.

- Es posible que la percepción de la presencia de estos agentes en el lugar de trabajo no sea tan evidente como la de los agentes químicos, por lo que es primordial identificar las actividades o sus fuentes generadoras.
- Las vías de entrada del agente pueden ser varias o, incluso, indeterminadas.
- La valoración de la exposición para cada tipo de agente físico ha de ser particular.

Por lo tanto, a la hora de identificar, evaluar y proponer medidas preventivas relativas a los agentes físicos, es necesario prestar atención a estos aspectos a fin de no caer en dinámicas de trabajo de otros agentes, como los químicos o los biológicos. Con objeto de realizar una primera aproximación a la presencia de agentes físicos en el lugar de trabajo.

### **Ruido**

El ruido puede causar daños a la salud, principalmente a la audición. El sonido se define como una variación de la presión atmosférica originada por una vibración mecánica, que se caracteriza por su presión acústica y frecuencia. A fin de hacer una primera aproximación del nivel sonoro esperado en los lugares de trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Consultar el nivel de ruido que producen los equipos y las máquinas, especificado en la información técnica del fabricante.
- Consultar bibliografía sobre el nivel sonoro producido por equipos, máquinas o actividades similares a los existentes.
- Identificar la existencia de daños en la capacidad auditiva de los trabajadores que tengan relación con una posible exposición al ruido en los lugares de trabajo.

Para identificar los puestos de trabajo con riesgo de exposición al ruido, se incluye un cuestionario con la intención de facilitar dicha tarea (véase el cuestionario H2). La presencia de ruido en el ambiente de trabajo puede tener su origen en los siguientes procesos o situaciones:

- Proceso principal.

- Procesos auxiliares.
- Mantenimiento.
- Manutención.
- Limpieza.
- Equipos propios del puesto de trabajo.
- Instalaciones propias del puesto de trabajo.
- Otros equipos o instalaciones ajenas al puesto de trabajo, u otros motivos.

Para tener identificada cada una de estas situaciones definidas en el apartado anterior, se puede utilizar la ficha H4 antes mencionada del anexo H. El paso siguiente consiste en tomar mediciones del ruido existente en los puestos de trabajo identificados para poder evaluarlo.

### **Ambiente térmico**

La temperatura en el puesto de trabajo puede dar lugar a dos situaciones que, pese a tener la misma fuente, determinan el modo de evaluar el riesgo producido por este agente físico y las medidas preventivas que deben adoptarse. Estas dos situaciones son las siguientes:

- Las que presentan disconfort térmico, tanto si es por calor como por frío.
- Las situaciones en las que se sufre estrés térmico, tanto si es por calor como por frío. La diferencia entre ambas radica en el hecho de que las situaciones de disconfort provocan incomodidad, malestar y consecuencias leves en los trabajadores, mientras que las situaciones de estrés térmico representan un riesgo para la salud de los trabajadores, que podrían llegar a sufrir consecuencias muy graves e irreversibles en períodos de exposición cortos.

La valoración del disconfort térmico pertenece al campo de la ergonomía, y debería valorarse mediante la norma UNE-EN ISO 7730.96, mientras que la del estrés térmico pertenece al campo de la higiene industrial, y eso es lo que se trata en los siguientes apartados.

### **Estrés térmico por calor**

Los ámbitos en los que se pueden encontrar situaciones de estrés térmico por calor son variados, aunque hay actividades en las que esta situación se puede presentar de forma más habitual debido a las características de los trabajos desempeñados.

Por ejemplo:

- fundiciones.
- Inyección de plásticos.
- Procesos de termo conformado (prensado con calor).
- Recubrimiento de superficies.
- Alimentación (fabricación de pan y productos de bollería). Metalurgia.
- Trabajos en el exterior en la época de verano.

Es preciso tener en cuenta que las situaciones de estrés térmico requieren la combinación de temperaturas altas (por encima de los 27 °C) y de actividades intensas. Factores como una humedad elevada, fuentes de radiación, hornos, estufas e insolación, tanto en ambientes interiores como exteriores, son altamente penalizadores. En cualquier caso, a fin de caracterizar y evaluar el posible riesgo de estrés térmico, es necesario tomar medidas ambientales de campo. De acuerdo con los métodos normalizados existentes, las variables básicas que se deben considerar son las siguientes:

- Temperatura seca del aire ( $t_a$ ), en °C.
- Temperatura húmeda ( $t_h$ ), en °C.
- Temperatura de globo ( $t_g$ ), en °C.
- Velocidad del aire, en m/s.

### **Estrés térmico por frío**

Los ámbitos en los que se pueden encontrar situaciones de estrés térmico por frío son variados, aunque hay actividades en las que esta situación se puede presentar de forma más habitual debido a las características de los trabajos desempeñados.

### **Radiaciones**

Las radiaciones son una forma de propagación de la energía que tiene su origen en los cambios del nivel energético de átomos o moléculas. Se pueden originar en fuentes naturales o artificiales. Todos los cuerpos emiten y absorben radiaciones, es decir, las radiaciones interactúan con la materia.

Las radiaciones son de naturaleza ondulatoria, con intercambio de materia corpuscular y/o energía electromagnética; en este último caso, llevan asociados campos electromagnéticos originados por el movimiento de cargas eléctricas y magnéticas. Se caracterizan por su frecuencia, el número de ciclos por segundo (en Hz), y la energía o la intensidad, en electronvoltios (eV). La energía está relacionada con la frecuencia, de modo que, cuanto mayor es la frecuencia de una onda electromagnética, tanto mayor es su energía. Así se dibuja el espectro electromagnético, que va desde ondas de frecuencia sumamente baja hasta los rayos X y gamma, pasando por las radiaciones ópticas (mar, 2006).

### **Identificación y evaluación de riesgos de seguridad**

La seguridad en el trabajo es la disciplina que tiene como objetivo principal la prevención de los accidentes laborales en los que se produce un contacto directo entre el agente material, sea un equipo de trabajo, un producto, una sustancia o bien una energía y el trabajador con unas consecuencias habitualmente, pero no exclusivamente, traumáticas (quemaduras, heridas, contusiones, fracturas, amputaciones, etc.).

Este documento para la identificación y la evaluación de los riesgos de seguridad consta de una primera ficha (ficha S1) en la que los profesionales que efectúen la evaluación tienen que anotar las deficiencias y los factores de riesgo detectados y los riesgos que estos últimos pueden originar, y tienen que marcar, en la columna del margen, si se trata de un riesgo evitable o no. Los datos de la ficha S1 se trasladarán

a la ficha D3 de Identificación de deficiencias, factores de riesgo y Riesgos asociados de este manual.

Por lo que respecta a la descripción de los riesgos<sup>1</sup> y su codificación, es necesario utilizar la combinación de dos conceptos, el hecho anormal o desviación que altera el desarrollo habitual del trabajo y la forma de contacto/tipo de lesión que se produce cuando el trabajador entra en contacto con el agente material.

Que le causa una lesión determinada. Estos dos conceptos determinan la probabilidad de que se produzca toda la secuencia del accidente:

Una vez se han clasificado los riesgos en evitables o no, se pasa a la evaluación (valoración) de los riesgos que no se han podido evitar (ficha S2) para cuantificar la gravedad de los mismos (magnitud). Hay varios sistemas para cuantificar la gravedad de los riesgos de seguridad. Su adecuación depende de la cualificación de quien los aplica y de la forma en la que se hace.

La evaluación de los riesgos que no tengan una metodología propia se realiza utilizando la tabla S4, basada en el sistema binomial adoptado por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)<sup>2</sup>, en la que se tienen en cuenta la probabilidad de actualización de la secuencia del accidente y la severidad de los daños (consecuencias) producidos a los trabajadores. Por último, en la ficha S3 se tienen que describir las medidas preventivas, tanto de eliminación de los factores de riesgo, en el caso de los evitables, como de control y reducción, en el caso de los no evitables. Los datos de esta ficha se trasladan posteriormente a la ficha D4 de Planificación de las medidas preventivas de eliminación, control y reducción de este manual, en la que se reúnen todas las medidas preventivas que se tienen que adoptar para un puesto de trabajo determinado, sean de la disciplina preventiva que sean.

Tabla S1. DEFICIENCIAS Y FACTORES DE RIESGO DE SEGURIDAD	
LOCALES DE TRABAJO	
Seguridad estructural	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solidez inadecuada del edificio o local del centro de trabajo para el tipo de utilización realizado o previsto.</li><li>• Falta de un sistema de armadura, sujeción o apoyo que asegure la estabilidad.</li><li>• No hay señalización del límite de carga.</li><li>• Circulación de personas sobre techos, cubiertas (fibrocemento) o plataformas no estables.</li></ul>

Espacios de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie libre por trabajador inferior a 2 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Altura de los techos inferior a 3 m (2,5 m en oficinas y comercios).</li> <li>• Separación insuficiente entre materiales del puesto de trabajo para realizar trabajos en condiciones de seguridad y salud.</li> <li>• Falta de autorización para entrar en un espacio confinado.</li> <li>• Tipo de suelo inestable o deslizante.</li> <li>• Falta de diferenciación entre los pasillos definidos para el tráfico de personas y los destinados al paso de vehículos.</li> <li>• Áreas de trabajo no delimitadas, no señalizadas y con visibilidad insuficiente.</li> <li>• Falta de orden y limpieza en las áreas de trabajo.</li> <li>• Aberturas directamente accesibles, en las paredes o en el suelo, a más de 2 m sobre el nivel inferior.</li> <li>• Lados abiertos de escaleras y rampas a más de 60 cm de altura sin proteger.</li> <li>• Falta de resistencia en estanterías y estructuras de apoyo para almacenamiento.</li> <li>• Inestabilidad de los apilamientos de materiales.</li> <li>• Plataformas de trabajo de altura (&gt; 2 m) no protegidas o con una superficie de trabajo insuficiente.</li> <li>• Anchura de los pasillos inferior a 1 m.</li> <li>• Anchura de las puertas exteriores a los pasillos inferior a 80 cm.</li> <li>• Iluminación del puesto de trabajo no adecuada a las características de trabajo u operación.</li> </ul>
Escaleras fijas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anchura de las escaleras fijas inferior a 40 cm.</li> <li>• Distancia máxima entre escalones superior a 30 cm.</li> <li>• Distancia entre el frente de los escalones y las paredes más próximas al lado de ascenso inferior a 75 cm.</li> </ul>

Escaleras manuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaleras de mano sin resistencia suficiente o con elementos de apoyo y sujeción inseguros o inexistentes.</li> <li>• Escaleras de tijera sin elementos de fijación segura contra la abertura total.</li> <li>• Utilización de escaleras de forma deficiente o insegura (suelo inestable, inclinación excesiva, más de un trabajador, mientras se transportan o manipulan objetos, etc.).</li> <li>• Escaleras de mano de madera pintadas.</li> <li>• Utilización de escaleras de mano o de otro tipo de más de 5 m de longitud (sin tener garantías de su resistencia).</li> </ul>
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro, o de lucha contra incendios.</li> <li>• Concurrencia de señales que afectan a la percepción o la comprensión del mensaje.</li> <li>• Mantenimiento y limpieza deficientes de los medios o dispositivos de señalización.</li> <li>• Existencia de señales de seguridad no normalizadas</li> </ul>

### EQUIPOS DE TRABAJO

	<p>Falta de mantenimiento preventivo de conformidad con unos procedimientos documentados.</p> <p>Revisiones obligatorias por normativa (aparatos elevadores, de presión, etc.) no efectuadas.</p> <p>Falta de dispositivos de accionamiento para parada total en condiciones de seguridad.</p> <p>Inexistencia de manual de instrucciones del fabricante del equipo de trabajo o, en caso de existir, no comprensible para el usuario.</p> <p>Falta de procedimientos documentados para las tareas de limpieza y preparación de los equipos de trabajo.</p> <p>Resguardos fijos no resistentes a los esfuerzos mecánicos que se deben soportar.</p>
--	---

<p>Máquinas, aparatos e instalaciones</p>	<p>Resguardos y dispositivos de protección fácilmente anulables, fuera de servicio o inexistentes.</p> <p>Utilización de los equipos de trabajo contraria a los usos previstos por el fabricante.</p> <p>Inexistencia o no utilización de equipos de protección individual (EPI) necesarios para los trabajos desempeñados.</p> <p>Inexistencia de instrucciones para la parada o la desconexión del equipo, comprobación de la inexistencia de energías residuales peligrosas y evitación de una puesta en marcha o una conexión accidental durante las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo.</p> <p>Inexistencia o no utilización de medidas complementarias como empujadores, ganchos, arrastradores, tenazas... las necesarias para los trabajos desarrollados.</p> <p>Equipos de trabajo que no disponen de marcado CE, cuando la normativa lo requiere.</p> <p>Zona de operación/mecanización accesible directamente con el cuerpo o partes del cuerpo.</p> <p>Punto de atrapamiento entre una parte móvil y una fija accesible con el cuerpo o partes del cuerpo.</p> <p>Zona entre dos cilindros de giro coincidente accesibles para el cuerpo o partes del cuerpo.</p> <p>Transmisiones, árboles, poleas, ejes, engranajes, cardan, tomas de fuerza, cintas de transporte con movimiento libre y/o al descubierto y accesibles para el cuerpo o partes del cuerpo.</p>
---	--

## **METODOS EXISTENTES PARA ANALISIS DE RIESGOS**

### **MÉTODO HAZOP**

#### **Descripción teórica**

El análisis de peligros y operabilidad (HAZard and OPerability analysis, HAZOP) conocido también como análisis funcional de operabilidad (AFO), fue diseñado inicialmente en Inglaterra en la década de los setenta por la compañía Imperial Chemical Industries (ICI) para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas.

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema, y consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas palabras guía.

La metodología del análisis comprende las siguientes etapas:

- 1) Descripción de la instalación. Se describen los elementos de la instalación y su funcionamiento y su funcionamiento.
- 2) Definición del objetivo y alcance. Consiste en delimitar las áreas del sistema a las cuales se aplica la técnica.
- 3) Definición de los elementos críticos o nodos de estudio

En cada área seleccionada se identificarán una serie de nodos o puntos claramente localizados en el proceso. Ejemplos de nodos pueden ser: la tubería de alimentación

de una materia prima, la altura de impulsión de una bomba, la superficie de un depósito, etc. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nodo vendrá caracterizado por unos valores determinados de las variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc. Los criterios para seleccionar los nodos tomarán, básicamente, en consideración, los puntos del proceso en los cuales se produzca una variación significativa de alguna de las variables del proceso.

4) Definición de las desviaciones para cada una de las variables de proceso, a partir de las palabras guía.

El HAZOP consiste en una aplicación exhaustiva de todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión aquellas combinaciones que no tengan sentido para un nodo determinado (mulet *et al.*, 2011).

## **MÉTODO AMFE**

### **Descripción teórica**

El análisis modal de fallos y efectos con criticidad (AMFEC) es una herramienta de análisis sistemático y de detalle de todos los modos de fallo de los componentes de un sistema, que identifica su efecto sobre el mismo. Así, componente a componente, se analiza cada modo de fallo independientemente y se identifican sus efectos sobre otros componentes del sistema y sobre el sistema en su conjunto.

Los pasos para realizar un AMFEC son:

1) Descripción de la instalación

Consiste en analizar los componentes de la instalación y su funcionamiento.

2) Definición del objetivo y alcance

Se trata de definir qué elementos forman parte del análisis y cuál es el objetivo del mismo, y de identificar qué riesgos son prioritarios de cara a un mejor funcionamiento del sistema.

3) Determinación de funciones

Consiste en indicar lo más brevemente posible la función de la pieza o conjunto que se está analizando. Cuando el conjunto tiene varias funciones, hay diferentes modos potenciales de fallo y puede ser preferible relacionar las funciones separadamente.

4) Determinación de modos de fallo de cada función

El modo de fallo es la manera en que una determinada función no se realiza correctamente. En este paso hay que relacionar cada modo de fallo potencial, para cada pieza en particular, con la función que realiza la misma.

5) Determinación de causas para cada modo de fallo

Consiste en relacionar todas las causas potenciales atribuibles a cada modo de fallo, con el fin de estimar su probabilidad de aparición, descubrir efectos secundarios y prever acciones correctoras recomendables. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes.

6) Determinación de las formas de detección

Se identifican qué señales podrían apreciarse en el caso de que ocurriera un modo de fallo, tal y como se indica en los ejemplos de la siguiente tabla:

<b>Función</b>	<b>Modo de fallo</b>	<b>Detección</b>
Ventilar	No ventila	Aumento de temperatura No se oye ruido
Conducir un fluido	Flujo restringido	Sale muy poco fluido o muy lentamente

7) Determinación de los efectos sobre otros componentes y sobre el sistema

Identificar, evaluar y registrar las consecuencias de cada modo de fallo sobre:

- Otros componentes.

- El sistema en su conjunto, ya que puede resultar en un fallo múltiple.
- 8) Estimación de la frecuencia de fallo, la gravedad y la probabilidad de que el fallo sea detectado.

Es la estimación cuantitativa de la importancia de los fallos, según la probabilidad de que ocurra el fallo, el grado de gravedad del mismo y la probabilidad de que sea detectado (mulet *et al.*, 2011).

## **MÉTODO DEL ÁRBOL DE FALLOS**

### Descripción teórica

La técnica del árbol de fallos fue creada en la década de los sesenta por técnicos de Bell Telephone Laboratories para mejorar la fiabilidad del sistema de control del lanzamiento de cohetes. Posteriormente su utilización se extendió a otros campos de la industria y, en especial a la industria nuclear.

La utilización de árboles de fallo es una técnica deductiva que se aplica a un sistema para la identificación de los sucesos o cadena de sucesos que pueden conducir a un incidente no deseado, en general a un accidente o fallo del sistema. Esta técnica permite, asimismo, cuantificar la probabilidad o frecuencia con que se puede producir un suceso; es decir, permite el cálculo de la no fiabilidad o no disponibilidad del sistema.

Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del álgebra de Boole y permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él. De esta manera se puede apreciar, de forma cualitativa, qué sucesos son menos probables porque requieren la ocurrencia simultánea de numerosas causas.

Para la aplicación del método se aplican los siguientes pasos:

1.- Descripción de la instalación

Consiste en describir los elementos que componen la instalación y su funcionamiento.

## 2.- Definición del objetivo y alcance:

La primera etapa del árbol de fallos consiste en establecer claramente cuál va a ser el suceso cumbre o top y las condiciones límite del análisis. El suceso top puede ser cualquier suceso que pueda provocar daño a equipos, sistemas, a la planta o al entorno, daño a la salud del personal de planta o al público en general, o pérdida de producción.

Del mismo modo, es necesario definir cuáles son las condiciones límite del análisis, haciendo referencia a los siguientes aspectos del suceso:

Límites físicos: partes de la planta o sistema a analizar.

Condiciones iniciales: modo de operación de la planta y los sistemas.

Condicionantes externos: sucesos externos que contribuyen al suceso cumbre.

Nivel de resolución: grado de detalle requerido para la representación del suceso top y las causas que lo originan.

## 3.- Definición del árbol de fallos para el suceso no deseado

Para la construcción del árbol de fallos es necesario conocer inicialmente la simbología. En el proceso de descomposición del árbol se recurre a una serie de puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos. Los dos tipos más elementales corresponden a las puertas And y Or:

La puerta Or se utiliza para indicar un «o» lógico y significa que la salida lógica ocurrirá siempre y cuando ocurran por lo menos una de sus entradas lógicas.

La puerta And se utiliza para indicar un «y» lógico, y para que ocurra la salida lógica es necesario que ocurran conjuntamente sus entradas lógicas.

El procedimiento de construcción de un árbol de fallos se basa en un método sistemático que parte del suceso top y lo desarrolla en sucesos más elementales. Así, los fallos del siguiente nivel inferior determinan las causas inmediatas, necesarias y suficientes por las que se puede dar el suceso top. Por lo general, estas causas no son básicas sino que son sucesos intermedios que requieren un desarrollo adicional. El suceso top y las causas se conectan mediante puertas lógicas adecuadas al tipo de relación establecida entre las entradas, o causas, y la salida, o suceso top. A continuación, cada causa no básica es considerada un nuevo suceso intermedio que se desarrolla en el siguiente nivel inferior en función de las causas que lo pueden originar, y se establece así una nueva relación. De este modo se procede de nivel en nivel hasta alcanzar el grado de resolución establecido como límite, donde se situarán las causas básicas o sucesos básicos

Contribuyentes al suceso top, los cuales no requieren un mayor desarrollo (mulet *et al.*, 2011).

## **MÉTODO DEL ÁRBOL DE SUCESOS**

### Descripción teórica

El objetivo del árbol de sucesos es la identificación de las cadenas de sucesos que siguen a un suceso iniciador. Se diferencia de la técnica de árbol de fallos en que este persigue el análisis en profundidad de las causas que provocan dicho suceso iniciador. Por ello normalmente ambos métodos se utilizan de forma complementaria en el análisis de accidentes.

El árbol de sucesos es una forma de estudiar las secuencias de un accidente, ya que relacionan cada suceso iniciador con la secuencia de propagación temporal de los sucesos que están en el origen de las consecuencias de un accidente. Posteriormente se valoran de forma cualitativa y cuantitativa dichas secuencias accidentales con el objeto de identificar las más importantes, teniendo en cuenta que la ocurrencia de un suceso de la secuencia puede estar condicionada a la ocurrencia de su precursor en la cadena de sucesos.

El análisis por árbol de sucesos tiene dos aplicaciones principales:

- Preaccidente, que trata de analizar el origen de los distintos accidentes posibles y el papel que desempeñan las funciones de protección. El suceso iniciador se corresponde con el desarrollo de un peligro que puede desembocar en un accidente.
- Postaccidente, que investiga las posibles consecuencias de un determinado accidente. El suceso iniciador es un accidente, el cual puede incluso haber sido desarrollado mediante la aplicación de un Preaccidente.

El árbol de sucesos se construye a partir de un suceso iniciador. Este árbol incluye éxitos y fallos de las funciones previstas, conectando dicho iniciador con las posibles consecuencias finales. Cada rama del árbol representa una línea de evolución que conduce a un efecto final, generalmente no deseado (daño). También es posible que una secuencia de acontecimientos favorables lleve a un efecto final sin consecuencias adversas. Así, dado un iniciador, cada rama o cadena de sucesos representa la evolución del accidente (secuencia accidental), que conduce a una de varias consecuencias finales posibles. A continuación se describen los pasos para construir y analizar el árbol de sucesos.

#### 1.- Descripción de la instalación

Consiste en identificar los principales elementos de la instalación y en describir el funcionamiento de la misma.

#### 2.- Definición del objetivo y alcance

Consiste en definir cuál es el propósito del análisis.

#### 3.- Identificación de sucesos iniciales de interés

Los sucesos iniciadores son fallos u otros factores que, en el caso de producirse, originan la respuesta de las medidas de seguridad, para evitar consecuencias negativas. Un suceso iniciador puede ser tanto un fallo del sistema (sobrecarga de un depósito, aumento de temperatura de un reactor, etc.), como factores externos al mismo (caída de un rayo, fallo de la red de suministro eléctrico, etc.).

#### 4.- Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas para el control de sucesos.

Identificar la secuencia de medidas de seguridad que entrarían en funcionamiento en el caso de que ocurriera el suceso iniciador, tales como parada automática de una

bomba, puesta en marcha de un sistema de enfriamiento, etc.; así como de posibles circunstancias adversas, como por ejemplo, aparición de un punto de ignición.

5.- Construcción del árbol de sucesos con inclusión de todas las posibles respuestas del sistema.

Para construir el árbol de sucesos se parte del suceso iniciador. A partir de este, y dependiendo de cada sistema, entrarían en funcionamiento las medidas de seguridad frontales, es decir, aquellas que están establecidas para que respondan directamente en el caso de que ocurran determinados fallos. Las medidas de seguridad frontales pueden responder positivamente o no, lo que provocaría la entrada en funcionamiento de las medidas de seguridad redundantes, que son aquellas que están previstas sólo para el caso de que fallen las medidas de seguridad frontales.

El árbol de sucesos está formado por una línea de cabecera en la que aparece en primer lugar el suceso iniciador, y, a continuación, las medidas de seguridad frontales, ordenadas según el orden de actuación previsto para estas, y las medidas redundantes, ordenadas también según el orden de actuación previsto.

Una vez producido el suceso iniciador, pueden ocurrir dos cosas: que la primera medida de seguridad actúe según lo previsto (éxito), o que no sea así (fracaso). Esto se representa en el árbol desglosando el suceso iniciador en dos ramas. El proceso continúa preguntando, para cada una de las ramas, si la medida de seguridad o la circunstancia adversa actuará (éxito) o no (fracaso), y se definen así todas las posibles secuencias en las que podrá derivar el suceso iniciador hasta llegar a la consecuencia final.

Así, cada una de las secuencias accidentales asociadas a un suceso iniciador corresponde a un escenario o rama del árbol de sucesos. De esta forma, cada escenario viene caracterizado por la actuación con éxito o fracaso, de las funciones de protección diseñadas para contrarrestar el desarrollo de dicho suceso iniciador.

Cada una de las secuencias derivará en una consecuencia (incendio, situación controlada con paro del proceso, situación controlada y el proceso continúa, etc.).

#### 6.- Estimación de la probabilidad de cada secuencia del árbol de sucesos

El siguiente paso es calcular la probabilidad de ocurrencia de cada secuencia, multiplicando la probabilidad del suceso iniciador por la probabilidad de que ocurran los eventos de éxito y fracaso por los que se deriva en cada una de las subdivisiones (ramas) que conforman la secuencia.

#### 7.- Cuantificación de las situaciones con peligro

Para conocer la probabilidad de cada una de las consecuencias negativas (incendio, explosión, etc.), se sumarán las probabilidades de cada una de las secuencias del árbol que den lugar a una misma consecuencia negativa.

#### 8.- Verificación de todas las respuestas del sistema

Para comprobar que no ha habido ningún error, la suma de las probabilidades de todas las secuencias debe ser igual a la probabilidad del suceso iniciador.

#### 9.- Medidas correctoras

Una vez cuantificada la probabilidad de las posibles situaciones de peligro, se proponen medidas correctoras para mejorar el sistema. Estas medidas pueden ser nuevas funciones de seguridad, mejora de las existentes, eliminación de circunstancias adversas o implantación de medidas paliativas de estas, etc.

#### 10.- Esquema de la instalación mejorada

En este punto se describe la instalación una vez implantadas las medidas correctoras.

## **CONCLUSIONES**

Concluimos que un análisis de riesgo es muy importante hacerlo en ambientes donde se maneje y se manipule información, consideramos que las amenazas siempre han existido, la diferencia es que ahora, el enemigo es más rápido, más difícil de detectar y mucho más atrevido. Por tal motivo se debe saber implementar sistemas de seguridad basados en análisis de riesgo para evitar o minimizar las consecuencias no deseadas.

Se dio a conocer que las vulnerabilidades se encuentran más que todo en lo físico por lo cual se podrían presentar amenazas en las instalaciones, ya que en los ambientes los estudiantes pueden aprovecharse de sus conocimientos sobre el funcionamiento de la red y podrían de una forma u otra surgir incidentes malintencionados.

**REFERENCIAS:**

- Anaya, a. 2006. "diagnostico de seguridad e higiene del trabajo listados de verificación en la normatividad mexicana e-gnosis." universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 4.
- Arellano-Díaz, j. y r. rodríguez-cabrera 2013. "salud en el trabajo y seguridad industrial." alfa omega primera edición: pp. 6-7.
- Asfahl, c. r. y d. w. Rieske 2010. "seguridad industrial y administración a la salud." Pearson tercera edición: p. 35.
- Brender, n. 2013. "risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies." international Journal of Information Managemen 33: pp. 726-733.
- Creus, a. y j. Mangosio 2011. "seguridad e higiene en el trabajo." alfa omega primera edición: pp. 139-144,.
- Croem, c. r. d. o. e. d. m. 2008. "manual de gerencia de riesgos medioambientales para la industria de la región de Murcia." Primera edición: p. 10.
- Chen, a. 2008. "loss analysis of a life insurance company applying discrete-time risk-minimizing hedging strategies." Mathematics and Economics 42: pp. 1035-1049.
- Evans, j., a. fernández-bremauntz, a. gavián-García, i. lze-lema, m. a. Martínez-cordero, p. Ramírez-romero y m. Zuk 2003. "introducción a los riesgos ambientales." instituto nacional de ecología (ine-semarnat) primera edición, octubre 2003: pp. 13,14,16,18.
- Grau-ríos, m. y m. Grau-Sáenz 2009. "riesgos ambientales en la industria." universidad nacional de educación a distancia primera edición, enero 2006: pp. 13-14.
- Mackenzie I, d. s. j. y s. j. Masten 2004. "ingeniería y ciencias ambientales." McGraw-Hill interamericana primera edición: 178.

- Mar, s. c. 2006. "manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales." Generalitat de Catalunya tercera edición: 50,51 y 52.
- Mulet, e., c. alberola, v. chulvi, j. e. ramos y m. d. bovea 2011. "análisis de riesgos en instalaciones industriales." Departament D'enginyeria mecánica primera edición: 91-93.
- Muñoz Antonio, rodríguez h. José, Martínez-val y j. maría 1998a. "la metodología de la seguridad industrial; ministerio de ciencia y tecnología." Primera edición: p. 46.
- Muñoz Antonio, r. h., m.-v. José y. j. maría 1998b. "la metodología de la seguridad industrial " ministerio de ciencia y tecnología. Primera edición: p. 46.
- Ping-shun, c. 2013. "Computers & industrial Engineering." Computers & industrial Engineering 66: pp. 634-642.
- Sarah, s.-p. l. a. h. 2009. "External risk management Practices of Chinese Construction Firms in Singapore." civil Engineering 13:: pp. 85-95.
- Xu-xiaonan, w. f., huang min, bai Jing, li li. "." 2012. "security quantitative risk analysis of ethylene horizontal tanks of a petrochemical company." Procedia Engineering 45: pp. 485-489.