



# Tesis de Grado

***Título:***

*Procedimiento para la Gestión del Riesgo  
de Incendio en la Unidad Básica 420  
Cienfuegos.*

**Autor:** Michel López Ramírez

**Tutor:** M.Sc. Roberto Santana Vizcaíno.

*“Año 49 de la Revolución”*

**Pensamiento.**

*“Somos lo que hacemos día a día, de modo que la excelencia no es un acto, sino un hábito”*

*Aristóteles.*

## Dedicatoria.

*Dedico esta tesis de grado a todos mis seres queridos, mi esposa e hijas, pero fundamentalmente a los que han sido mi fuente de inspiración y ejemplo: mi padre y mi hermano mayor; que siempre me han dado el aliento para continuar luchando.*

## Agradecimientos.

*Agradecemos la colaboración de todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis de grado y en especial al M.Sc. Roberto Santana Vizcaíno quien ha puesto todo su empeño y dedicación en la tutoría de este trabajo.*

## RESUMEN

El presente trabajo fue realizado durante el primer semestre del año 2007 en la Unidad Básica 420 Cienfuegos, perteneciente a la Empresa Mayorista de Productos Alimenticios y otros Bienes de Consumo, teniendo como **objetivo general** :Elaborar un procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio en la Unidad Básica 420 Cienfuegos, explicando las diferentes etapas y sus métodos de cálculo, con vistas a proporcionar seguridad sobre Recursos Humanos, Tecnológicos y Financieros existentes en la organización antes mencionada.

Para el logro de este objetivo fue necesario realizar un exhaustivo estudio bibliográfico, incluyendo normas de alcance internacional, las cuales superan en profundidad a la Norma Cubana actual (NC-212, 2002). Se describen las diferentes etapas del procedimiento propuesto y se aplican a la actividad de almacenamiento de la Unidad Básica objeto de estudio, específicamente en la nave 3 , donde se almacenan productos como :aceites comestibles y azúcar.

El trabajo finaliza con una serie de conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos.

# ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo I. Consideraciones teóricas sobre la Gestión de Riesgos de Incendio.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Riesgo.....</b>	<b>9</b>
1.1.1. Riesgo Industrial.....	11
1.1.2. Síndrome de la Negación.....	12
1.1.3. La Gestión del Riesgo.....	13
<b>1.2. La Protección Contra Incendio (PCI) en Instalaciones Industriales.....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Estadísticas mundiales sobre PCI.....	14
La Siniestralidad Industrial. Incendios en almacenes y fábricas.....	14
En Buques.....	15
Grandes almacenes y centros comerciales.....	15
<b>1.3. Normas relacionadas con Protección Contra Incendio.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Panorama de la industria de control de incendios.....</b>	<b>17</b>
Normas pobres e incompetencia.....	18
<b>1.5. Definición matemática de riesgo.....</b>	<b>19</b>
<b>1.6. La Protección Contra Incendio en establecimientos Industriales. Medios utilizados.....</b>	<b>20</b>
1.6.1. Clasificación del fuego, tipos de Riesgo, y utilización de extintores.....	20
<i>Métodos de eliminación del fuego.....</i>	<i>21</i>
1.6.2. Los extintores de incendios.....	23
<i>Extintores para fuego clase "A".....</i>	<i>23</i>
<i>Extintores para fuego clase "B".....</i>	<i>24</i>
<i>Extintores para fuego clase "C".....</i>	<i>24</i>
<i>Extintores para fuegos clase "D".....</i>	<i>24</i>
<i>Tipos y Colores de Extintores Portátiles.....</i>	<i>24</i>
<i>Como Identificar el Extintor Apropriado.....</i>	<i>24</i>
Sistema de Rociadores Automáticos.....	25
Hidrantes exteriores.....	25
Bocas de Incendio Equipadas.....	25
<b>1.7. La Ingeniería Industrial y la Ingeniería en Protección Contra Incendios.....</b>	<b>26</b>
<b>Conclusiones del capítulo 1:.....</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo II. Procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1. Planificación.....</b>	<b>29</b>
2.1.1. Compromiso de la dirección.....	29
2.1.2. Definir alcance del Estudio.....	29
2.1.3. Otras características de la etapa Planificación.....	29
2.1.4. Diagnóstico general en materia de PCI.....	30
<i>Selección del tamaño de la muestra.....</i>	<i>30</i>
<i>Procesamiento de los Resultados.....</i>	<i>31</i>
2.1.5. Identificación de procesos.....	31
<b>2.2. Etapa Hacer.....</b>	<b>31</b>
2.2.1. Determinar el Riesgo de Incendio.....	31
<i>Método del Riesgo Intrínseco.....</i>	<i>32</i>
<i>Cálculo de la Carga de Fuego.....</i>	<i>32</i>
<i>Método a partir del volumen [ m<sup>3</sup> ]......</i>	<i>32</i>
<i>Cálculo rápido de la carga de fuego.....</i>	<i>33</i>
2.2.2. Necesidad de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.....	34

<i>Necesidad, cantidad y posición de Rociadores.</i> .....	34
<i>Necesidad, cantidad y posición de Hidrantes.</i> .....	34
<i>Necesidad, cantidad y posición de BIE's.</i> .....	34
<i>Resumen de la lógica de cálculo.</i> .....	34
2.2.3. <i>Diseño Hidráulico de las Redes de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.</i> .....	34
<i>Introducción a Cálculos hidráulicos y Redes de Tubería.</i> .....	35
<i>Diseño de redes.</i> .....	36
<i>Cálculo de Redes según Hardy -Cross.</i> .....	37
<i>Recomendaciones generales en la Succión:</i> .....	38
<i>Recomendaciones generales en la Descarga:</i> .....	38
<i>Redes Ramificadas o en Serie (Árbol, Tree).</i> .....	38
<i>Principios que rigen los sistemas en Serie o en Árbol (Tree).</i> .....	39
<i>Redes Malladas o en Paralelo (Grid).</i> .....	39
2.2.4. <i>Seleccionar Equipo de Bombeo.</i> .....	39
<i>Cálculo del NPSH (Net Positive Suction Head) disponible.</i> .....	40
<i>Otras características de la Etapa Hacer.</i> .....	40
<b>2.3. Verificación y acción correctiva.</b> .....	<b>41</b>
2.3.1. <i>Chequear y Actuar (Check &amp; Act) desde una perspectiva técnica.</i> .....	42
2.3.2. <i>El control reactivo.</i> .....	42
2.3.3. <i>Casos de no conformidad y acciones correctoras.</i> .....	43
<b>2.4. Análisis económico de la inversión.</b> .....	<b>43</b>
<b>Capítulo III: Aplicación del Procedimiento en la Unidad 420 Población.</b> .....	<b>44</b>
<b>3.1. Planificación.</b> .....	<b>44</b>
3.1.1. <i>Compromiso de la dirección y creación de equipos.</i> .....	44
<i>Definir alcance del Estudio.</i> .....	45
<i>Breve reseña de la unidad básica.</i> .....	46
<i>Breve reseña del proceso de distribución a la población.</i> .....	46
3.1.3. <i>Diagnóstico general en materia de PCI.</i> .....	47
<i>Plan de medidas.</i> .....	48
3.1.4. <i>Identificación de procesos.</i> .....	49
<b>3.2. Etapa Hacer.</b> .....	<b>49</b>
3.2.1. <i>Determinar el Riesgo de Incendio.</i> .....	49
<i>Método rápido.</i> .....	49
3.2.2. <i>Necesidad y Cantidad de Extintores.</i> .....	49
3.2.3. <i>Necesidad y Cantidad de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.</i> .....	50
<i>Necesidad y cantidad de Rociadores.</i> .....	50
<i>Necesidad y cantidad de Hidrantes.</i> .....	51
<i>Necesidad y Cantidad de BIE's.</i> .....	51
<b>Resumen.</b> .....	<b>51</b>
<b>3.3. Análisis económico del estudio.</b> .....	<b>52</b>
<b>Conclusiones.</b> .....	<b>54</b>
<b>Recomendaciones.</b> .....	<b>55</b>
<b>Bibliografía.</b> .....	<b>56</b>

## **Introducción.**

La Seguridad Industrial es el conjunto de técnicas que tienen por objeto la prevención de los accidentes. A través del tiempo el énfasis puesto sobre la seguridad industrial ha ido creciendo. Al producirse la revolución industrial se incrementó el número de establecimientos industriales, los cuales disponían de gran cantidad de mano de obra producto de la desocupación en el agro, dado por la introducción de nuevas técnicas. En tal situación, poca fue la atención puesta para resguardar la salud de los trabajadores.

A medida que transcurre el siglo XIX aumentan las presiones sociales originadas, así como los movimientos de trabajadores para prevenir y compensar los accidentes de trabajo. Los empresarios comenzaron a tomar conciencia de las grandes pérdidas, producidas por no contar con un sistema que asegurara el capital humano, financiero y tecnológico.

La protección Contra Incendio (PCI) ha evolucionado a la par del desarrollo industrial, llegando incluso a ser de obligatorio cumplimiento en los países desarrollados así como, en la gran mayoría de los países en vías de desarrollo.

El uso cada vez más generalizado de elementos energéticos no sólo con fines industriales, sino incluso domésticos, las grandes concentraciones humanas en cercanías a las instalaciones industriales y las aglomeraciones urbanas, fenómenos sumamente característicos y condicionantes de la sociedad de nuestros días, hacen del incendio no sólo un riesgo frecuente, sino también de posibilidades catastróficas, como lo evidencia la experiencia de todos los días.

Evitar los incendios, tan frecuentemente ocasionados por imprudencias, omisiones o fallas humanas y conocer los principios básicos de la detección y de la extinción, son ahora deberes sociales de primer orden, puesto que la seguridad total es consecuencia de la suma de las ACTITUDES de los individuos que integran la colectividad.

A partir de 1990, con la llegada de empresas con capital extranjero a Cuba, y las normativas vigentes en sus países de origen, se ve la necesidad de renovar la norma vigente con relación a PCI, y en el 2002 surge la Norma Cubana (NC 212) relacionada con este tema, que aunque primitiva en comparación con los avances mundiales en este sentido, constituye un primer intento y una prueba de la preocupación del estado cubano en tal sentido.

**Situación Problemática:**

A partir de los años 90 comenzó la apertura a la inversión de capital extranjero en Cuba, importando, las nuevas empresas sus normativas relacionadas con diversas actividades empresariales, entre ellas, la actividad de Protección Contra Incendios.

Una década después, en el año 2002, se publica la NC- 212 (Protección Contra Incendios. Suministro de Agua Contra Incendios. Requisitos Generales), lo cual constituyó un paso de avance, aunque falta mucho por hacer en esta dirección, en cuanto a capacitación y formación de profesionales con capacidad para utilizar e instalar las tecnologías relacionadas con Protección Contra Incendios (PCI).

Las empresas de subordinación nacional existentes en el país, se rigen por las normas de protección antes mencionadas, pero no poseen profesionales capacitados en el tema, lo que determina en muchas entidades situaciones pésimas en este aspecto. Todo lo anterior trae consigo ineficacia en el diseño de sistemas basados en Rociadores automáticos, Hidrantes, Bocas de Incendio Equipadas, y Extintores en diferentes sectores de la Economía Nacional.

**Problema Científico:** La Empresa Mayorista de Productos Alimenticios y otros Bienes de Consumo, no cuenta con un procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio, que explique las etapas a seguir y las técnicas a emplear.

**Hipótesis:** Si se elabora un procedimiento para la Gestión del Riesgo, La Unidad Básica 420 Cienfuegos podrá contar con las herramientas para diseñar un Sistema de Protección Contra Incendio adecuado a la actividad de almacenamiento.

**Objetivo General:** Aplicar un procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio en La Unidad Básica 420 Cienfuegos, explicando las diferentes etapas y sus métodos de cálculo, con vistas a determinar el riesgo de incendio, así como la necesidad y cantidad de medios PCI.

**Objetivos Específicos:**

1. Establecer los aspectos teóricos sobre el riesgo de incendio en establecimientos Industriales.
2. Establecer las diferentes etapas en el Diseño de Sistemas de Protección Contra Incendio.
3. Aplicar el procedimiento diseñado con vistas a determinar el riesgo de incendio y la cantidad de equipos de protección necesarios en la Unidad básica objeto de estudio.

**Tareas:**

1. Revisar la literatura relacionada con Gestión de Riesgos y Seguridad Industrial, incluyendo tanto las Normas Cubanas (NC), como publicaciones extranjeras sobre el tema, incluyendo las Normas Europeas.
2. Definir las etapas del procedimiento.
3. Diseñar una encuesta para evaluar el riesgo de Incendio, aplicarla en la organización objeto de estudio, y procesarla estadísticamente.
4. Calcular la **carga de fuego** con vistas a determinar el nivel de riesgo en las áreas de almacenamiento (según Normas UNE).
5. Determinar la necesidad y cantidad de rociadores automáticos, hidrantes, Bocas de Incendio Equipadas (BIE's), y extintores.

El trabajo quedó estructurado en 3 capítulos:

**Capítulo I: Consideraciones teóricas sobre la Gestión de Riesgos de Incendio.**

En este capítulo se realiza un recuento histórico relacionado con la Gestión de Riesgos y el origen de la Protección Contra Incendio, así como el estado actual en el mundo, en América latina, y en Cuba. Además se describen los equipos de extinción de incendio y sus principales características.

**Capítulo II: Procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio.**

Se describen las diferentes etapas del procedimiento diseñado, según la Norma a considerar, comenzando por la preparación y la realización de un diagnóstico. Posteriormente se muestran las posibles técnicas a utilizar en la determinación del riesgo intrínseco y la necesidad de equipos de protección. Finalmente se explican las fórmulas para la realización del diseño hidráulico.

**Capítulo III: Aplicación del Procedimiento en la Unidad Básica 420 Cienfuegos.**

Se aplica el procedimiento descrito en el capítulo 2. Primeramente se realiza una caracterización del objeto de estudio y se define el alcance de la investigación, la cual está encaminada a proporcionar protección a las áreas de almacenamiento. A continuación se ejecutan las diferentes etapas del procedimiento.

## Capítulo I. Consideraciones teóricas sobre la Gestión de Riesgos de Incendio.

En este capítulo se realiza un recuento histórico relacionado con el origen de la protección Contra Incendio, así como el estado actual en el mundo, en América latina, y en Cuba. Además se describen los equipos de extinción de incendio y sus principales características.

### 1.1. Riesgo.

Los estudios relacionados con el tema del riesgo industrial son relativamente nuevos, principalmente porque la problemática ha adquirido una mayor importancia en las últimas décadas producto del aumento de las actividades industriales y del desarrollo tecnológico. Para una aproximación al tema analizaremos algunas definiciones de riesgo.

Los riesgos han acompañado la vida cotidiana del hombre desde siempre. Una vida sin riesgos no existe y nunca existirá. Friedrich Nietzsche (1885) planteaba que la condición más motivadora de la vida humana era vivir en peligro, estar en permanente riesgo. La seguridad permanente, el control total sobre el riesgo, conducía al hombre a la apatía espiritual” (GARCÍA, 1987). Entonces, pareciera que el riesgo es una condición humana.

En este contexto resulta necesario hacer una distinción. El español utiliza como sinónimos las palabras riesgo y peligro. Sin embargo, en el idioma inglés dichos conceptos presentan diferencias. De hecho, la palabra risk (riesgo) significa la probabilidad de que ocurra un peligro específico. En cambio, hazard (peligro) es una amenaza potencial a los humanos y a su bienestar. El peligro es la consecuencia. El riesgo es la causa (Smith, 1996).

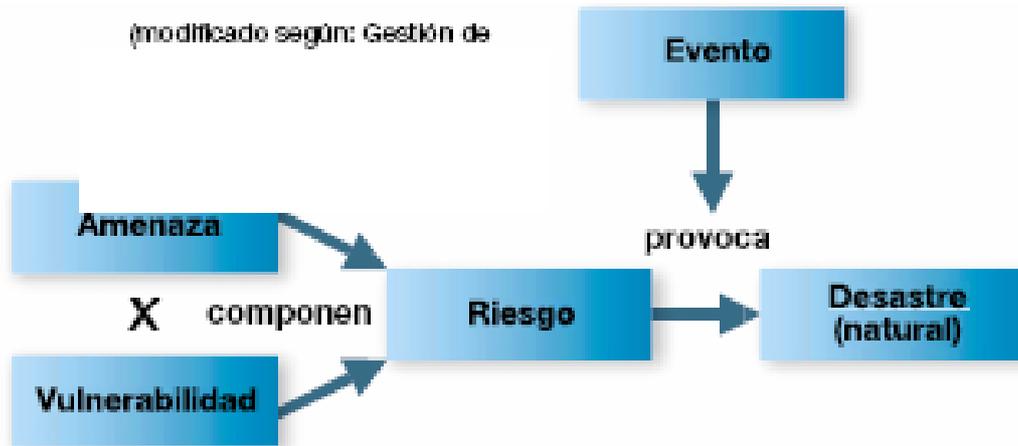


**Fig. 1. 1. El Concepto de Riesgo.**

“La distinción fue ilustrada por Okrent (1980) que consideraba dos personas cruzando un océano, uno en un barco y el otro en un bote a remo. El principal peligro de aguas profundas y grandes olas es el

mismo en ambos casos, pero el riesgo (o sea la probabilidad de ahogarse) es mucho más grande para la persona en el bote” (Smith, 1996:5).

En la Fig. 1.1 los lugares y las poblaciones en el sector amarillo se caracterizan por tener determinados tipos de vulnerabilidades, los que están en el área roja o naranja, se encuentran amenazados por fenómenos naturales. Sin embargo, sólo están en riesgo los que se encuentran en la zona anaranjada, puesto que allí es donde la amenaza coincide con la vulnerabilidad (ver Fig. 1.2).



**Fig. 1.2. El riesgo de desastre como resultado de amenaza y vulnerabilidad**

Según la figura anterior, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo causante de daños con una determinada magnitud en un determinado lugar y en un determinado momento. El riesgo se refiere a personas o bienes materiales que están amenazados por determinados fenómenos.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, mediante medidas preventivas y la capacidad de auto-protección (“coping strategies”), las personas pueden reducir gran parte de las vulnerabilidades. De manera que la inexistencia de “coping strategies” forma parte de la vulnerabilidad y debe ser tomada en cuenta en el momento de analizar la misma.

De esta forma el concepto de riesgo, según Calderón (1997), se ha transformado en una construcción social y que, de seguir un incremento en el número de desastres con menores posibilidades de recuperación, tanto por la situación de pobreza de la población, como por los pocos recursos que manejan los países para invertir en reconstrucción, entonces los efectos en la población serán cada vez más negativos. Es por ello que no sólo se requiere de prevención (Calderón, 1997), sino que como señala Arenas (1991) se requiere de un manejo ambiental del territorio que minimice las áreas de riesgos.

### 1.1.1. Riesgo Industrial.

El Riesgo Industrial obedece a un concepto que en el campo de la Geografía no ha sido completamente definido; fuera de ella existen ciertas ambigüedades en cuanto a su significado. Por lo tanto, es prioritario partir analizando diversos conceptos asociados con el tema para así poder proponer algunos lineamientos conceptuales que permitan contribuir a este debate.

De acuerdo a Smith (1996), los peligros, riesgos y desastres operan en diferentes escalas y conforme a la severidad, se les pueden reconocer las siguientes amenazas:

- ✓ Peligro para la gente (muerte, lesiones, enfermedad, stress)
- ✓ Peligro para los bienes (daños a la propiedad, pérdida económica)
- ✓ Peligro para el ambiente (pérdida de flora y fauna, contaminación)

Para la OIT (1993) los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión o dispersión (escape) de sustancias químicas tóxicas (gases). En el primer caso, “los incendios se producen en la industria con más frecuencia que las explosiones y las emanaciones de sustancias tóxicas, aunque las consecuencias medidas en pérdidas de vidas humanas suelen ser menos graves”. Sin embargo, presentan efectos letales, sobre todo porque al producirse un incendio disminuye el oxígeno en la atmósfera debido al consumo de este elemento químico en el proceso de combustión. Este efecto se limita al entorno inmediato del lugar del incendio y afecta la salud de quienes están en los alrededores por la exposición al humo, se pueden incluir gases tóxicos, como: dióxido de azufre y derivados de la combustión de disulfuro de carbono y de óxidos nitrosos en incendios en los que interviene el nitrato amónico.

En el caso de una explosión, ésta se caracteriza “por una onda de choque que puede producir un estallido y causar daños a los edificios, romper ventanas y arrojar materiales a varios cientos de metros de distancia. Las lesiones y los daños son ocasionados primeramente por la onda de choque de la explosión... La historia de las explosiones industriales muestra que los efectos indirectos de los edificios que se derrumban y los cristales y escombros que vuelan por al aire causan mucho más pérdidas de vidas humanas y heridas graves” OIT (1993)

Debido a la diversidad y complejidad que presenta la actividad industrial, la OIT (1993) indica a través de su experiencia que las siguientes instalaciones son las que tienen mayores riesgos:

- fábricas de productos petroquímicos y refinerías.
- fábricas de productos químicos.
- almacenamiento y terminales de gas licuado de petróleo.
- Almacenes y centros de distribución de productos químicos.

- grandes Almacenes de fertilizantes.
- fábricas de explosivos.
- fábricas que utilizan cloro en grandes cantidades.

En este contexto es importante señalar que no sólo la presencia de riesgos de accidentes mayores forma parte de los peligros tecnológicos, sino también la permanente contaminación que desarrollan estos establecimientos, los que sólo pueden ser analizados a través de mediciones de sus contaminantes y de estudios médicos a la población circundante.

Para Allaby (1984) la contaminación se entiende por “la alteración directa o indirecta de las propiedades radioactivas, biológicas, térmicas o físicas de una parte cualquiera del medio ambiente, que puede crear un efecto nocivo o potencialmente pernicioso para la salud, supervivencia o bienestar de cualquier especie viva” (Mollar, 1997).

### **1.1.2. Síndrome de la Negación.**

Las consecuencias en la salud de la población y en el ambiente que genera un desastre industrial han llevado a empresarios y autoridades involucradas a negar la gravedad de su alcance. En el mediano y largo plazo es prácticamente imposible predecir y controlar esas consecuencias. De ahí que tras uno de estos casos se produzca una serie de acusaciones mutuas para escapar a las responsabilidades por los daños producidos, tanto por una cuestión de imagen corporativa, como una forma de minimizar las indemnizaciones pertenecientes a las víctimas.

Casos emblemáticos de este Síndrome de Negación fueron los de Bhopal, India, y Chernóbil, URSS. Respecto al primero, en la madrugada del 3 de diciembre de 1984, 40 toneladas de metil-isocianato se escaparon desde la planta de la Unión Carbide en Bhopal, produciendo 2.500 muertos en los primeros momentos. Otras 10 mil personas quedaron lesionadas, unas 20 mil incapacitadas y 180 mil más, afectadas de una u otra forma. La empresa no pudo negar su responsabilidad, pero ante protestas masivas la Unión Carbide culpó a las autoridades locales de no haber fiscalizado mejor la producción y en un momento dado, habló de sabotaje para deslindar responsabilidades (Sich, 1996).

Por otro lado, el 26 de Abril de 1986 en la madrugada, la Unidad 4 de la planta nuclear de Chernóbil, Ucrania, explotó lanzando radioactividad sobre zonas de Ucrania, Bielorrusia y Rusia. El accidente fue provocado durante la realización de una prueba de “seguridad” mal diseñada y torpemente ejecutada. Las autoridades ocultaron el accidente en un comienzo, pero los isótopos radioactivos lanzados por los vientos a Europa Occidental fueron captados en Suecia, donde la contaminación afectó la ropa de trabajadores. Como era imposible seguir ocultando el hecho, la estrategia soviética fue minimizar el accidente y cuando aún no se lograba apagar el fuego del reactor, se afirmó que se trataba de una campaña antisoviética. Treinta y una personas murieron al momento del desastre; se

ignora cuántos fallecieron al descontaminar la planta, pero hacia 1990 por lo menos 5 mil trabajadores habían muerto luego de faenas descontaminantes. Según Alexander R. Sich (1996) en el artículo "Síndrome de la Negación" la minimización del accidente no solo corrió por cuenta de las autoridades gubernamentales, también lo hizo la Agencia Internacional de Energía Atómica que apoyó la versión soviética de los eventos y calificó el manejo del accidente como "generalmente exitoso".

En este sentido, el concepto de Síndrome de la Negación resulta fundamental en el análisis de la percepción del riesgo industrial, ya que frente a un siniestro la comunidad con menor conocimiento en torno al tema tenderá a una mayor credibilidad hacia las autoridades gubernamentales y empresarios. Esta situación entra en conflicto cuando grupos ambientalistas y/o ligados al área de la salud (Colegio Médico, por ejemplo) comienzan a denunciar las graves consecuencias que podrían ocasionar dichos eventos en la salud de la población y el medio ambiente, generando de esta forma incertidumbre, desinformación y poca coordinación, tanto en las autoridades comunales como en la propia población afectada. Esto dificulta cualquier medida que minimice los riesgos y que ponga, no sólo en alerta a la comunidad, sino que se desarrollen planes de emergencia a la mayor brevedad posible.

### **1.1.3. La Gestión del Riesgo.**

La tarea de actuar adecuadamente sobre el riesgo con el fin de evitarlo o mitigarlo, se conoce como **Gestión del Riesgo**. Comprende tanto actividades de prevención, mitigación, preparación, y transferencia de tecnología; ejecutándose antes de la ocurrencia del evento potencialmente dañino, como aquellas de atención y rehabilitación en caso de desastre. En el caso particular de Protección Contra Incendio (PCI) se ejecutan las etapas de: Prevención, Detección, y Extinción.

El enfoque integral de la gestión del riesgo pone énfasis en las acciones , medidas de prevención y de mitigación que dependen esencialmente de: (a) la identificación y análisis del riesgo; (b) la concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación; (c) el fortalecimiento de las instituciones encargadas de la prevención y mitigación de riesgos y de la atención de los desastres (d) la protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo; y (e) los preparativos y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción.

## **1.2. La Protección Contra Incendio (PCI) en Instalaciones Industriales.**

La Protección Contra Incendios (PCI) se puede llevar a cabo en:

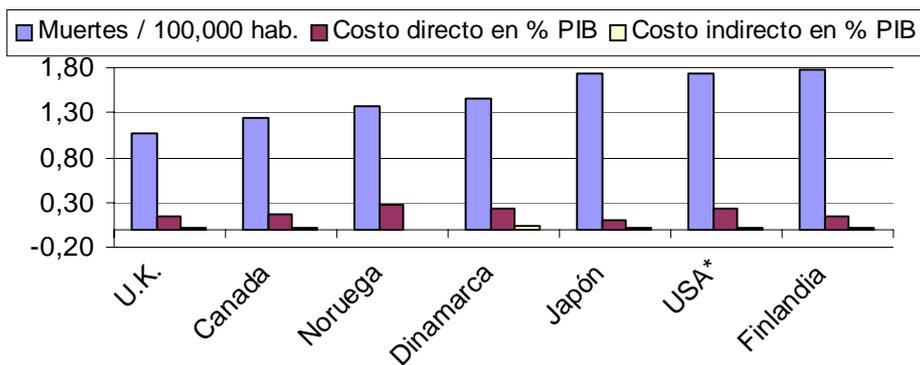
1. Locales de pública concurrencia (oficinas, escuelas, hospitales, etc.).
2. Plantas de producción.
3. Grandes almacenes o centros comerciales (incluye el transporte marítimo de mercancías).

La presente investigación se centra en los aspectos relacionados con las instalaciones de protección contra Incendio en este último caso: almacenes. A continuación se mostrarán algunas estadísticas sobre este tema.

### 1.2.1. Estadísticas mundiales sobre PCI.

Existen pocas fuentes de información con respecto a estadísticas relativas a la Industria de PCI.

El boletín de Estadísticas de Incendios Mundiales<sup>1</sup> muestra alarmantes cifras.



**Fig. 1.3. Estadísticas mundiales de PCI. (\* Incluye 2791 muertes y pérdidas por 33.4 Billones de dólares en el atentado del 11 de Septiembre).**

La figura 1.3 muestra los altos costos de accidentes industriales causados por incendios.

Según un informe publicado en el 2005 por la Agencia Nacional de Protección Contra Incendio en los Estados Unidos (NFPA):

- ✓ Estados Unidos es el líder mundial en el campo de la Protección Contra Incendios.
- ✓ Ocurren 3500 muertes por incendio al año como promedio.
- ✓ Un Incendio en hogares cada 85 segundos
- ✓ Un Incendio en hogares con muertes cada 3 horas
- ✓ Un accidente con fuego ocurre cada 24 minutos.
- ✓ Como promedio mueren 150 Bomberos anuales en EE.UU.
- ✓ Los daños a propiedades se estiman superiores a 10 Billones de dólares anuales.

### La Siniestralidad Industrial. Incendios en almacenes y fábricas.

El incendio de una fábrica en el que se registró el mayor número de muertes se produjo en la Triangle Shirtwaist de la ciudad de Nueva York en 1911, con un total de 146 trabajadores fallecidos. Esta triste marca se mantuvo hasta el 10 de mayo de 1993, fecha en la que se declaró un incendio en la fábrica

<sup>1</sup> Information Bulletin of the World Fire Statistics: 2005; [www.genevaassociation.org](http://www.genevaassociation.org)

Kader Toy, ubicada en Tailandia, que acabó con la vida de 188 trabajadores, en lo que representa la mayor pérdida de vidas humanas por accidente en un edificio industrial acaecida en el mundo durante el presente siglo.

Fue a partir de este momento que la presión de los sindicatos, unido a las pérdidas económicas ocasionadas, obligó a los empresarios a tomar consciencia del problema. Aún así, no fue hasta 1944 que oficialmente se dio a conocer la primera resolución relacionada con la protección del trabajador y la seguridad industrial, primero para prevenir la ocurrencia de incendios, y en segundo lugar para damnificar al trabajador por los daños causados. Otros accidentes de gran repercusión fueron: Flixborough (1974), Seveso (1976) y Bhopal (1984).

### En Buques.

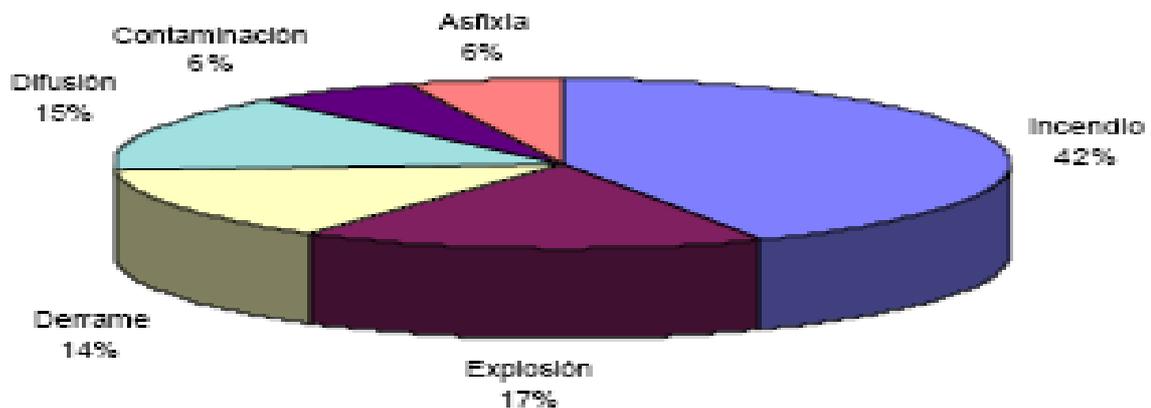
Según un informe de la dirección general de la Marina Mercante Española, durante el año 1994, 44 buques sufrieron incendios. Dentro de los accidentes marítimos en los que se han visto involucradas mercancías peligrosas, podemos distinguir dos tipos:

- Los accidentes que han sido provocados por las mercancías peligrosas, que como consecuencia han derivado un hundimiento, una varada, una embarrancada, etc.
- Accidentes marítimos de colisión, varada, embarrancada, provocándose una explosión, derrame, emisión a la atmósfera, etc.

### Grandes almacenes y centros comerciales.

En la fig. 1.4. se muestran los accidentes causados por una estiba incorrecta en almacenes, demostrando la importancia de seleccionar una adecuada forma de almacenamiento (en bloques, estantería convencional simple o doble profundidad, anaqueles, contenedores)

Teniendo en consideración las causas analizadas, puede confirmarse que el incendio se trata del principal riesgo que afecta la integridad de una edificación destinada al almacenamiento, y puede materializarse con importantes daños a las personas y a la propiedad. Por ello es importante destinar un buen número de medios a la prevención y extinción, para intentar reducir dicho riesgo.



### **1.3. Normas relacionadas con Protección Contra Incendio.**

La preocupación por la seguridad en las instalaciones industriales ha experimentado un crecimiento espectacular, especialmente en los países desarrollados. Se han desplegado un gran número de marcos legislativos y políticas tanto por la unión Europea como por América del Norte. La Agencia Nacional de Protección Contra Incendios de los EE.UU. (NFPA) publica un paquete de normas que constituyen el patrón por el cual se han redactado el resto de las legislaciones en todo el mundo.

Ha contribuido también a ello de forma importante el desarrollo en paralelo de los sistemas de Gestión de Calidad y las Políticas Medioambientales en la empresa. Hoy día, la gestión integral Calidad - Medio Ambiente - Seguridad, es ya una realidad, y la tendencia es que se incremente su implantación en los próximos años [Mewis, 1995].

La competitividad comercial en los mercados libres y las crisis energéticas del último cuarto de siglo XX han agudizado la necesidad de incrementar la calidad del producto y la eficiencia de los procesos productivos. Las modernas tecnologías de automatización y control, así como nuevos planteamientos de gestión y optimización de recursos, han permitido estas mejoras. Los niveles de seguridad no han quedado ajenos a esta evolución y las medidas preventivas presentes en las instalaciones modernas no pueden compararse con las que existían en el pasado [Renshaw, 1990].

Sin embargo, año tras año se incrementa significativamente la fabricación, comercio y consumo de productos de alto valor añadido que requieren procesos industriales cuya complejidad y sofisticación va en aumento [Alonso, 1993]. Ello conlleva a la utilización de sustancias a menudo reactivas y peligrosas, y procesos con márgenes de seguridad más estrechos y algunas veces en condiciones extremas de operación (Como las preformas utilizadas en la elaboración del frasco de agua mineral embotellada, las cuales son de polietileno altamente combustible).

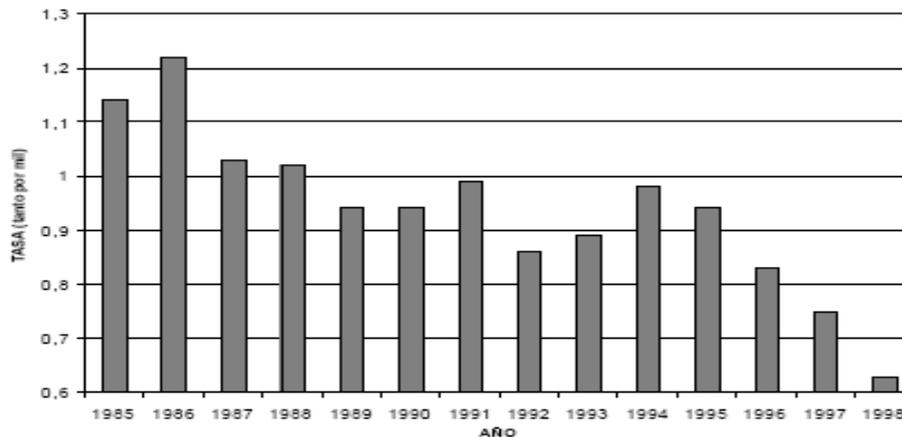
Simplemente a título de ejemplo, y sin pretender desarrollar un estudio comparativo o exhaustivo sobre el tema, se presentan en este apartado una serie de datos de diversas fuentes que justifican por sí mismos los daños socioeconómicos de los accidentes industriales acaecidos en España en los últimos años. Sin olvidar el aspecto humano del problema, se centra esta revisión en las cuestiones económicas del mismo, por ser perfectamente objetivas.

En el informe "Estadística de Accidentes de Trabajo 1998" sobre siniestrabilidad laboral, confeccionado por el Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales [www.mtas.es], se recopilan 753,396 accidentes con bajas producidas durante la Jornada laboral, de ellos, el 24,8 % fueron debido a incendios. Esto representa un costo anual de 11 mil millones de pesetas anuales [Coashiq, 1998].

Frank E. Bird, trabajando para la Insurance Company of North América (INA), publicó en 1966 un estudio sobre 1 700 000 accidentes según el cual, por cada accidente grave o mortal se producen 10

accidentes con baja, 30 con daños materiales y 600 incidentes, en los que no se produce lesión ni daño material [APA, 1984], [Jones, 1999].

Sorprendentemente, esta relación (1-10-600) se mantiene en la estadística de siniestralidad laboral en España. La evolución de la tasa media anual (Fig. 1.5) muestra una clara tendencia decreciente en el periodo analizado, dado por una mejora en la seguridad industrial.



**Fig. 1.5.** Tasa media anual de incendios en riesgos industriales (1985 - 1998)

El equipo que realizó esta investigación afirma que no existen estadísticas sobre América Latina y el Caribe disponibles en ningún tipo de formato. Lo demuestran los artículos encontrados en Internet criticando la pasividad de empresarios en cuanto a este tema.

#### **1.4. Panorama de la industria de control de incendios.**

Como en muchos ámbitos de actividad en Latinoamérica, el de protección contra incendios es uno que requiere compromiso para establecer normas y regulaciones obligatorias, e impulso de la capacitación. La región tiene aún mucho camino por recorrer.

En el marco de la industria de la seguridad, la protección contra incendios - prevención, detección y extinción- juega un papel central. En América Latina, la gran mayoría de distribuidores e instaladores de sistemas de seguridad electrónica se desempeñan también en el área de sistemas contra incendio. En un, relativamente, corto periodo de tiempo, América Latina ha tenido avances en el entendimiento, especificación e instalación de este tipo de sistemas. Los años 90 y la apertura económica que los caracterizó jugaron también un papel importante en la concientización del problema y la búsqueda de soluciones.

En este proceso es indiscutible el papel jugado por la entrada de inversionistas extranjeros y su establecimiento de instalaciones industriales y corporativas, construidas según especificaciones y estándares internacionales. Los estrictos códigos y normas contra incendio que estas compañías de

porte multinacional aplican en las subsidiarias de todo el mundo, fueron establecidos como requisitos para el desembarco en tierras nuevas y en este desarrollo la industria en Latinoamérica recibió el impulso que la mantiene ahora avanzando. No obstante, son todavía muchos los errores y el avance alcanzado se puede catalogar como incipiente.

La palabra “mágica” en el ámbito de protección contra incendios es también **globalización**. Como en todas las industrias, sin excepción, ésta permitió la llegada a nuestra región de las tecnologías más avanzadas de **prevención, detección, y extinción**. “Indudablemente en mercados como los de México, Brasil, Argentina y Chile hubo una gran inversión por parte de las multinacionales que lideran la industria de protección contra incendios en el mundo”, dice Jaime Moncada ([www.ventasdeseguridad.com](http://www.ventasdeseguridad.com)), director de International Fire and Safety Consulting (IFSC), firma dedicada a la ingeniería de protección contra incendios en América Latina. “Casi todos los instaladores grandes de sistemas de fuego de estos países fueron adquiridos por las multinacionales”, agrega.

Es un hecho entonces que en todas las ciudades importantes de América Latina existen firmas de seguridad contra incendios que conocen las últimas tecnologías. Sin embargo, el conocimiento de la normativa y la ingeniería de protección contra incendios se encuentran en un estado primitivo. “Nuestro problema se centra en el sistema, no en los equipos”, explica Jaime Moncada. “Vemos, por ejemplo, edificios con protección parcial o por debajo del estándar. Vemos aplicaciones erróneas, por ejemplo, de sistemas de gas donde debían ser a base de agua. Vemos sistemas que han sido instalados sin ninguna ingeniería”.

### **Normas pobres e incompetencia.**

La ausencia de normas o la existencia de códigos pobres de protección contra incendios es también un obstáculo para el desarrollo de la industria en la región. Sólo países como Venezuela, Brasil y República Dominicana cuentan con regulaciones para la instalación de sistemas de incendio en edificios.

Sin embargo, esto no representa una garantía de alto desarrollo de la industria en estos países. Como dice Jaime Moncada algunos países con regulaciones deficientes de seguridad contra incendios -el caso de Colombia- cuentan con las industrias de protección contra incendios más avanzadas de la región; mientras que otros con fuerte reglamentación -como Brasil - tienen miles de edificios protegidos con sistemas contra incendios por debajo del estándar.

Otra realidad en América Latina es que muchas empresas ignoran el valor y las posibilidades de los sistemas de protección contra incendios. Los consideran más **un gasto** que **una inversión** que en el tiempo brindará garantía a la continuidad de la operación de sus empresas y al resguardo de la integridad de las personas que laboran en ellas.

Algo similar sucede en Cuba:

- ✓ No se cuenta con ingenieros en protección contra incendios
- ✓ No se posee suficiente capacitación y formación en PCI.
- ✓ En las empresas cubanas que poseen alguna tecnología PCI (extintores, bocas de incendio (BIE's), rociadores), esta tecnología se encuentra emplazada sin ningún criterio técnico.
- ✓ La tecnología existente es insuficiente, o no es la adecuada al tipo de producto almacenado.
- ✓ Se desconoce el nivel de riesgo existente en grandes almacenes, locales de producción y oficinas.

### 1.5. Definición matemática de riesgo.

Se define el riesgo [MIR, 1997] como la esperanza matemática de la pérdida. Si consideramos un suceso con una probabilidad de ocurrencia  $P$  y un daño o severidad  $S$ , el riesgo vendrá definido como el producto de esta probabilidad de ocurrencia por el efecto o magnitud del daño. Es decir, que  $R = P \times S$ , siendo  $0 \leq P \leq 1$ . Una definición equivalente y de uso más extendido se obtiene sustituyendo la probabilidad por la frecuencia.

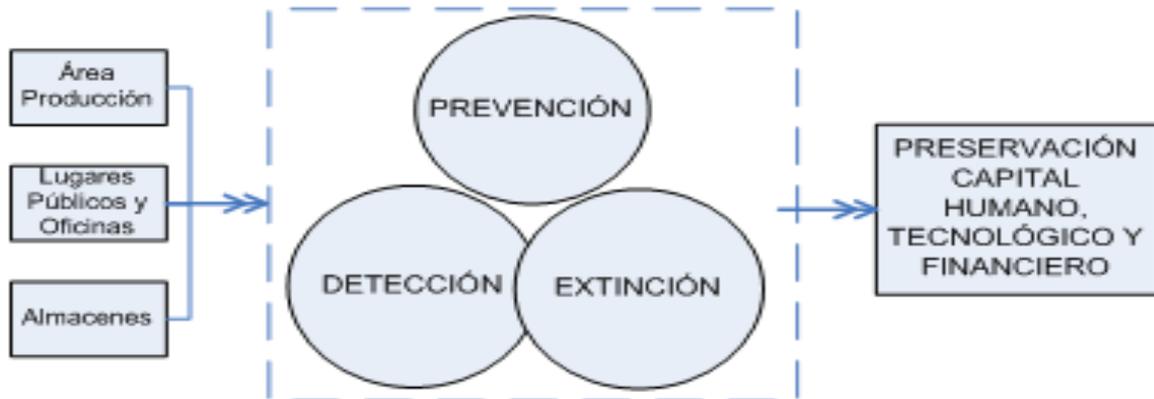
A partir de esta definición han surgido un gran número de métodos de cálculo (Fine, 1975; SEPTRI, 1990; Hazard rating number\_HRN de Steel, 1990). Estos métodos no resultan útiles al analizar el riesgo de incendio en almacenes, debido a que no tienen en consideración las características de los materiales existentes.

Los métodos de evaluación del riesgo de incendio son basados en la **carga de fuego** de las sustancias líquidas o sólidas almacenadas. Entre los métodos existentes se pueden mencionar:

1. Índice MESERI (Método simplificado de Evaluación de Riesgo de Incendio. Martínez, 1990)
2. Método Gretener (desarrollado entre 1960 y 1965 por el Ing. suizo Max Gretener)
3. Índice ERIC (Sarrat, 1979)
4. Índice Purt (desarrollado por Gustav purt, 1975)
5. Índice de cálculo de carga de fuego ponderada, o riesgo intrínseco (Miner, 1981. utilizado por las normas Europeas)
6. Método del coeficiente K (Cardona, 1986)
7. Índice de Incendio y Explosión de Dow Chemical (AICHE, 1987)
8. Otros específicos de procesos químicos.

En el capítulo 2 se expondrá la fórmula de cálculo a utilizar según el método más apropiado para el objeto de estudio.

## 1.6. La Protección Contra Incendio en establecimientos Industriales. Medios utilizados.



**Fig. 1.6. La Protección Contra Incendio en establecimientos Industriales.**

Como muestra la fig. 1.6, la protección contra incendios en establecimientos industriales se desarrolla en 3 grandes etapas, partiendo de la **PREVENCIÓN**, como política fundamental del Sistema de Gestión, de un Riesgo tan crítico como el de incendio. Con el desarrollo actual de la tecnología PCI, existe un traslape o fusión entre la **Detección y Extinción**.

Como ejemplo de lo anterior se puede mencionar la central o Puesto de Control PCI, los cuales funcionan como potentes ordenadores capaces de activar múltiples funciones desde el mismo momento en que se detecta un intento de fuego. Por ejemplo, además de la señal de alarma, pueden poner en marcha instalaciones automáticas de extinción, transmitir mensajes grabados a teléfonos prefijados, cerrar las puertas corta-fuegos, abrir los exutorios de humo, parar máquinas e instalaciones de todo tipo.

### 1.6.1. Clasificación del fuego, tipos de Riesgo, y utilización de extintores.

**Definición del Fuego:** En términos sencillos, el fuego es una reacción química que se produce entre un elemento llamado **COMBUSTIBLE** y otro llamado **COMBURENTE**, normalmente el oxígeno del aire.



**Fig. 1.7. Naturaleza del Fuego.**

Para que surja la combustión, necesitamos un agente oxidante, un material combustible y un foco de ignición.

**COMBUSTIBLE:** Toda materia que al aplicarle calor desprende unos gases que en combinación con el oxígeno del aire se transforman en gases inflamables. Puede ser sólido, líquido o gaseoso.

**COMBURENTE:** Es aquella mezcla de gases que permite la combustión en su interior. El Oxígeno (O<sub>2</sub>) es el comburente por excelencia. Se encuentra en un 49% en peso de la corteza terrestre, incluyendo océanos (86%) y atmósfera (21%). Cada combustible necesita un porcentaje específico de oxígeno para su combustión.

**ENERGÍA DE ACTIVACIÓN:** Es la que necesita todo combustible para poder oxidarse. Es aportada desde el exterior mediante un foco de ignición.

Por último se habla del Tetraedro del fuego, cuando el cuarto lado que se añade para formar el tetraedro es consecuencia de la **REACCIÓN EN CADENA** provocada por la auto inflamación de los gases desprendidos por el combustible que a su vez genera nuevos gases que al calentarse se vuelven a inflamar repitiéndose el proceso nuevamente.

### **Métodos de eliminación del fuego.**

Si para producir un fuego es necesario reunir oxígeno, combustible y un foco de calor, es evidente que habrá que eliminar o reducir uno o más de estos factores para extinguir el fuego. Los métodos principales para combatir el fuego son:

- a) Enfriamiento
- b) Sofocación
- c) Eliminación
- d) Inhibición de la reacción en cadena.

### **ENFRIAMIENTO.**

Consiste en eliminar el calor hasta llegar a una temperatura inferior al de la ignición, de modo que se eliminarán los gases. De todos los agentes extintores, el agua, es el que más absorbe el calor por volumen que cualquier otro agente, ya que hará que el punto de ignición del combustible así como la liberación de los vapores calientes que son transmitidos vayan enfriándose y el fuego se vaya extinguendo.

### **SOFOCACIÓN.**

En este método, se trata de reducir el oxígeno. Por esto se denomina sofocamiento y se hace tratando de cubrir la superficie del material combustible con alguna sustancia no combustible como la

arena, la espuma o el agua ligera; existen otros agentes sofocantes bien conocidos como el dióxido de carbono, los polvos químicos secos a base de bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio (Púrpura K), cloruro de potasio (súper K) y fosfato mono amónico (uso múltiple). Por ello en este método se aconseja el uso de extinguidores basados en sustancias químicas, que pueden ya estar mezcladas o que deben mezclarse en el momento de su uso.

### **ELIMINACIÓN.**

El fuego siempre necesita nuevo combustible para propagarse; si se elimina o retira el combustible de las proximidades de la zona del incendio, el fuego se extingue. Cortar el flujo de líquidos o gases combustibles que descargan en la zona de fuego y alejar los materiales combustibles, sólidos o líquidos de las proximidades del foco de ignición, son algunas de las alternativas que se pueden llevar a cabo para la eliminación del fuego.

### **INHIBICIÓN DE LA REACCIÓN EN CADENA.**

La reacción de combustión se desarrolla a nivel molecular a través de un mecanismo químico de "radicales libres". Si éstos son neutralizados la combustión se detiene, extinguiéndose el fuego. El proceso de romper o detener la reacción se denomina **inhibición**.

La combustión continuará hasta que se consuma el material combustible, o la concentración del producto oxidante descienda por debajo de la necesaria para permitir la combustión, o haya suficiente calor eliminado o alejado del material combustible como para impedir que continúe la pirolisis del combustible, o la utilización de productos químicos que sofoquen las llamas, o la temperatura de las mismas descienda hasta un valor suficiente para impedir reacciones posteriores.

### **Tipos de Combustible.**

La norma 10 para extintores de la NFPA clasifica los fuegos según el tipo de combustible (Anexo 1):

**Clase A:** Los ocasionados por combustibles sólidos ordinarios que producen brasas en su combustión, como: la madera, papel, textiles, cartón, etcétera. Extinción por ENFRIAMIENTO.

**Clase B:** Los originados por combustibles líquidos como: gasolina, alquitrán, aceites, petróleo, disolventes, derivados del petróleo, etcétera. Extinción por SOFOCACIÓN.

**Clase C:** Son los originados por combustibles gaseosos (butano, acetileno, metano, etc.). Extinción: Eliminar la salida del gas cerrando la válvula más cercana. SOFOCACIÓN.

**Clase D:** Fuegos de metales químicamente muy activos, o ciertos productos químicos (sodio, magnesio, potasio, etcétera), capaces de desplazar el hidrógeno del agua u otros componentes, originando explosiones por la combustión de éste.

Incendios de clase E: "Fuegos eléctricos" Aquellos incendios que se producen en presencia de tensión eléctrica. Extinción

1. - Cortar el suministro eléctrico.
- 2.- SOFOCACIÓN con agentes extintores NO conductores.

### 1.6.2. Los extintores de incendios.

La cantidad de extintores de incendio, según las normas europeas e internacionales (UNE y NFPA) que son aplicables a la empresa objeto de estudio, estipulan que desde cualquier punto de la nave hasta el extintor más cercano la distancia no puede ser mayor a 15 metros. Dicho de otra forma, cada extintor ocupa una circunferencia de 30 metros de Diámetro (ver tabla 1.1).

#### Extinguidores para fuego clase "A".

Son aquellos con los que podemos apagar todo fuego de combustible común, enfriando el material por debajo de su temperatura de ignición y remojando las fibras para evitar la reignición. Use agua presurizada, espuma o extinguidores de químico seco de uso múltiple. NO UTILICE: Dióxido de Carbono o extinguidores comunes de químicos secos con los fuegos de clase "A".

**Tabla 1.1. Agente extintor respecto a la clase de fuego.**

	agua a chorro	agua pulverizada	espuma física	polvo seco (bc)	polvo poli (abc)	nieve carbónica	halon
<b>CLASE A (sólidos)</b>	2	3	2	-	2	1	1
<b>CLASE B (líquidos)</b>	-	1	2	3	2	1	2
<b>CLASE C (gases)</b>	-	-	-	2	2	-	-
<b>CLASE D (especiales)</b>	-	-	polvos específicos	-	-	-	-
<b>CLASE E (eléctricos)</b>	NO	NO	-	2	1	3	3

Leyenda: 3- muy adecuado      2- adecuado      1- aceptable

### **Extinguidores para fuego clase "B".**

Son aquellos con los que podemos apagar todo fuego de líquidos inflamables, grasas o gases, removiendo el oxígeno, evitando que los vapores alcancen la fuente de ignición o impidiendo la reacción química en cadena. La espuma, el Dióxido de Carbono, el químico seco común y los extinguidores de uso múltiple de químico seco y de halon, se pueden utilizar para combatir fuegos clase "B".

### **Extinguidores para fuego clase "C"**

Son aquellos con los que podemos apagar todo fuego relacionado con equipos eléctricos energizados, utilizando un agente extinguidor que no conduzca la corriente eléctrica. El Dióxido de Carbono, el químico seco común, los extinguidores de fuego de halon y de químico seco de uso múltiple, pueden ser utilizados para combatir fuegos clase "C". NO UTILIZAR, los extinguidores de agua para combatir fuegos en los equipos energizados.

### **Extinguidores para fuegos clase "D"**

Son aquellos con los que podemos apagar todo tipo de fuego con metales, como: el Magnesio, el Titanio, el Potasio y el Sodio, con agentes extinguidores de polvo seco, especialmente diseñados para estos materiales. En la mayoría de los casos, estos absorben el calor del material enfriándolo por debajo de su temperatura de ignición. Los extinguidores químicos de uso múltiple, dejan un residuo que puede ser dañino para los equipos delicados, tales como las computadoras u otros equipos electrónicos. Los extinguidores de Dióxido de Carbono de halon, se prefieren en estos casos, pues dejan una menor cantidad de residuo.

### **Tipos y Colores de Extinguidores Portátiles**

Los extinguidores se pintaban anteriormente de rojo, color tradicional para el equipo contra incendios. Establecida la clasificación de los fuegos, y la necesidad de utilizar el tipo correcto de extinguidor, ha resultado necesario crear un código de colores aplicable al caso.

### **Como Identificar el Extinguidor Apropriado**

Todas las categorías están indicadas en la placa de identificación del extinguidor. Algunos extinguidores están marcados con categorías múltiples, como: AB, BC, y ABC. Esto significa que estos extinguidores pueden apagar más de una clase de fuego.

Los extinguidores de clase "A" y clase "B", incluyen una categoría numérica que indica la magnitud de fuego que una persona con experiencia puede apagar con seguridad, utilizando dicho extinguidor.

Los extinguidores clase "C", tienen únicamente una letra que indica que el agente extinguidor no conduce la corriente eléctrica. Los extinguidores de clase "C", también deben estar marcados con avisos para la clase "A" o "B".

Los extinguidores de clase "D" incluyen solo una letra que indica su efectividad con ciertas cantidades de metales específicos.

### **Sistema de Rociadores Automáticos.**

Los componentes principales de un sistema automático de rociadores son:

- Cabezas rociadoras: su misión es hacer que el agua sea proyectada y expandida por la zona donde se ha activado el rociador.
- Ramales: tuberías provistas de orificios en los que se acoplan los rociadores.
- Colectores: tuberías de las que parten los ramales.
- Tuberías de distribución: transportan el agua desde la tubería vertical a hasta los colectores.
- Tubería vertical o ascendente: conecta con la fuente de abastecimiento de agua .
- Válvula de alarma: situada en la tubería vertical facilita o impide la entrada de agua en el sistema de tuberías.

Además de los elementos enunciados, propios de cualquier sistema de rociadores, es conveniente implantar un centro de control desde donde se puedan gobernar las instalaciones o contar con una central de recepción de alarmas con los servicios de atención y respuesta ante incidencias.

Otro elemento imprescindible a considerar, tanto en diseño como en implantación, es el referido a las fuentes de abastecimiento de agua, que deben garantizar permanentemente un caudal suficiente y una capacidad sobrada para extinguir el fuego.

Los rociadores son dispositivos específicos diseñados para que el agua sea proyectada y distribuida en la zona incendiada uniformemente (efecto lluvia). La activación del dispositivo de extinción se debe a la detección realizada por un elemento termosensible (fusible o ampolla) el cual se funde al alcanzarse una temperatura prefijada en la zona de cobertura, ocasionando que el mecanismo se libere y permita el paso del agua.

El rango de temperaturas suele oscilar entre los 55 y 250° C, aunque existen aplicaciones específicas para valores superiores.

Como podemos deducir el mismo aparato desempeña las tres funciones primordiales del sistema: detectar, activar la alarma y extinguir el incendio. Por ello, es requisito primordial que el sistema de detección y extinción estén perfectamente coordinados, a fin de anular cualquier posibilidad de fallo supeditado a causas ajenas al incendio.

### **Hidrantes exteriores.**

Tienen como objetivo, servir agua a bomberos, garantizando una determinada presión y caudal.

### **Bocas de Incendio Equipadas.**

Una BOCA DE INCENDIO EQUIPADA es una Instalación de extinción de incendios compuesta por los siguientes elementos: boquilla, lanza, manguera, racor, válvula y manómetro. Todos estos elementos

deben encontrarse debidamente acoplados entre sí, conectados permanentemente a una red de abastecimiento de agua siempre en carga y convenientemente alojados (puede ser de 25 o 45 mm. de diámetro de manguera)

Mangueras:

Son conducciones flexibles de longitud variable en cuyos extremos llevan incorporados unos racores de unión, del mismo tipo que las conexiones de alimentación de agua, uno de ellos para conectar a éstas y el otro para conectar a una lanzadera y otros elementos intermedios.

Lanzaderas o Lanzas:

Conectadas a un extremo de la manguera, dan lugar a alcances del chorro o pulverizaciones adecuadas.

### **1.7. La Ingeniería Industrial y la Ingeniería en Protección Contra Incendios.**

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, surgió la necesidad de crear un nuevo programa de Estudio: Ingeniería Industrial, para suplir las áreas en que las Ingenierías de esa época no podían dar respuesta a situaciones que tenían lugar en la industria.

A finales del siglo XX surge, partiendo de esta última, el Ingeniero Informático, para dar respuesta a la necesidad de un profesional que estudiara en profundidad la aplicación de la informática en diferentes organizaciones. Esta ingeniería ha tenido gran popularidad, a punto de ser un programa estudiado en la mayoría de los países.

En cambio, no ha sucedido así con otro programa que surgió a la par del anterior, por causa del elevado desarrollo tecnológico industrial y por la necesidad de profundizar un poco más en la Gestión de Riesgos, y en la Seguridad Industrial: **La Ingeniería en Protección Contra Incendios**.

Según investigaciones realizadas, la falta de popularidad de este programa de estudios se debe a que:

- ✓ Los Empresarios e Inversionistas perciben, erróneamente, a la instalación de sistemas PCI como un gasto y no como una Inversión [Smith; 1996].
- ✓ La Protección Contra Incendios es muy costosa. Esto denota un análisis superficial de asunto, pues el monto de la Inversión nunca es superior al 10 % del valor de los bienes protegidos.
- ✓ La Protección Contra Incendios es Elitista, propia de países Industrializados. Muy contrario a lo anterior, pues cada día el costo de los diferentes equipos disminuye.

En Cuba, la utilización de sistemas modernos de protección contra incendios (rociadores, hidrantes, BIE's) es ínfima. Las empresas se limitan a instalar algún que otro Extintor.

Por otra parte, es mínima la **Formación y Capacitación** en el tema.

Continúa siendo el ingeniero Industrial, el profesional más capacitado para diseñar este tipo de sistemas.

La Escuela Superior de Ingenieros Industriales (ESII) de España, brinda una especialización en PCI, e incluso abrió el Programa de Ing. en PCI partiendo del primero [Martínez F.; 1990].

### **Conclusiones del capítulo 1:**

1)- Con excepción de los países industrializados, la PCI es percibida como un GASTO y no como una INVERSIÓN por la mayoría de los empresarios.

2)- Con el objetivo de evitar responsabilidades, acusaciones, juicios, indemnizaciones y deterioro de la imagen corporativa entre otros aspectos. Los empresarios NIEGAN la ocurrencia de accidentes causados por incendios y explosiones, (síndrome de la negación).

3)- El CÓMO en materia de INSTALACIÓN DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS es celosamente custodiado por grandes firmas especializadas en PCI, provocando que en Cuba exista al respecto:

- ✓ .Desconocimiento.
- ✓ Normas pobres en contenido, por ejemplo (NC-212: 2001), y sin un fuerte basamento científico.
- ✓ Por tanto, se hace necesario diseñar un procedimiento.

El procedimiento propuesto basa su fortaleza en mostrar cómo realizar toda la tecnología basada en PCI, siguiendo un ciclo PDCA.

En la etapa CHEQUEAR, debe estar ubicada la actividad de CONTROL pero en una próxima investigación.

Es necesario recordar que la Investigación Científica (Problema-Objetivo) debe ser SMART:

S - specific (específico), M - mesurable (medible), A - achievable (alcanzable), R – realistic, T - time-bound (limitado en tiempo)

Sobre todo, este último requisito permite comprender que se debe establecer un ALCANCE.

El procedimiento diseñado expone cómo diseñar sistemas PCI basados en Hidrantes, BIE's, y Rociadores automáticos, según métodos científicos de reconocido prestigio internacional, y aceptados por normas y organizaciones mundiales (NFPA, UNE).

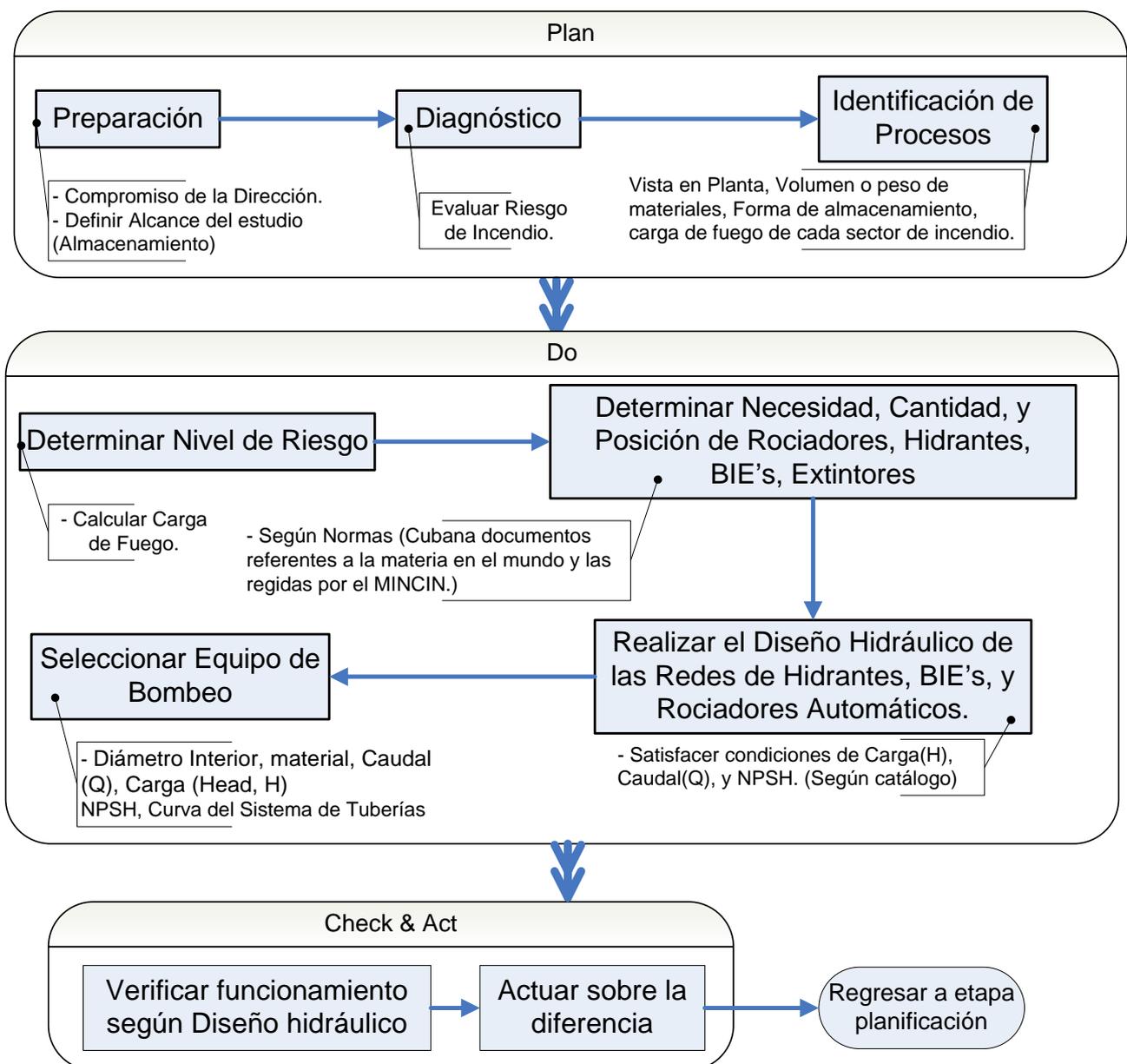
Las normas que existen en Cuba (ej.: NC-212:2001) sobre el tema regulan arbitrariamente la instalación de dichos sistemas y no exponen la organización metodológica e ingenieril necesaria. El procedimiento diseñado suple este déficit de información integrado en un ciclo de mejora.

## Capítulo II. Procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio.

Se describen las diferentes etapas del procedimiento diseñado, según la Norma a considerar, comenzando por la preparación y la realización de un diagnóstico. Posteriormente se muestran las posibles técnicas a utilizar en la determinación del riesgo intrínseco y la necesidad de equipos de protección. Finalmente se explican las fórmulas para la realización del diseño hidráulico.

Fig. 2.1. Procedimiento para la Gestión del Riesgo de Incendio.

(FUENTE: M.Sc. Roberto Santana Vizcaino, 2007)



## **2.1. Planificación.**

### **2.1.1. Compromiso de la dirección.**

En todo esfuerzo para el mejoramiento de procesos se necesita del apoyo y el liderazgo de la alta dirección, de lo contrario el proyecto fracasa. Una vez vencida esta etapa se procede entonces a la creación de equipos con especialistas que serán los encargados de identificar y caracterizar el proceso previamente seleccionado.

En el diseño de un Sistema de Gestión de Riesgo de Incendio es imprescindible el apoyo de la **alta dirección**, con el objetivo final de que este sistema sea percibido como una **Inversión** y no como un **gasto**.

### **2.1.2. Definir alcance del Estudio.**

Un Sistema de Gestión de Riesgo de Incendio puede ser diseñado, según la Fig. 1.6 del capítulo anterior, para:

- ✓ Locales de pública concurrencia.
- ✓ Sistemas de Producción.
- ✓ Centros comerciales y grandes almacenes.

Es en esta última actividad (almacenamiento) es donde existe el mayor riesgo de incendio, debido a que cada día los nuevos productos y materias primas almacenadas poseen una mayor combustibilidad, pues en su elaboración intervienen numerosas materias primas de alta combustibilidad (aceites, plásticos, papel).

### **2.1.3. Otras características de la etapa Planificación.**

El cumplimiento de los requerimientos legales y normativos que se aplican sobre la empresa, en aspectos relacionados con PCI, debe estar contemplado dentro de la planificación. Se deben tener en cuenta:

- Convenios internacionales.
- Leyes.
- Reglamentos.
- Normas vigentes (en la organización objeto de Estudio).

Básicamente los **objetivos** y **metas** establecidos deben ser claros y mensurables, nacer de la política de la empresa y su cumplimiento plasmarse en un programa donde se especifiquen la responsabilidad, recursos y fecha objetivo.

#### 2.1.4. Diagnóstico general en materia de PCI.

Para este diagnóstico se propone utilizar el cuestionario para la “Evaluación del Riesgo de Incendio y/o Explosión” que se muestra en el Anexo 2.

##### Selección del tamaño de la muestra.

Una interrogante común es determinar el tamaño de la muestra requerida en la investigación. Esto depende de la varianza de la población, la cual puede ser conocida o desconocida, y del tamaño de la población, el cual puede ser finito o infinito.

Generalmente en este tipo de investigaciones para el cálculo del tamaño de muestra se utiliza la expresión siguiente, para la cual se conoce el tamaño de la Población, aunque la varianza sí se desconoce.

$$n = \frac{NPq}{\frac{(N - 1)E^2}{z^2} + Pq}$$

donde:

**n** = tamaño de la muestra

**N** = tamaño de la población

**P** = proporción muestral o su estimado.

**q** = 1 - **P**

**E** = error absoluto permisible.

**Z** = valor de z para un nivel de significación deseado.

Obviamente, esta expresión requiere alguna decisión sobre qué proporción muestral utilizar. Si no hay una inclinación a priori entonces el valor de **P = 0.5** es utilizado frecuentemente ya que garantiza el máximo valor de **n**.

Se puede realizar una estratificación de la muestra aplicando una “*Asignación Proporcional*” a una o varias variables de segmentación (*Categoría ocupacional, Área, Centro de costo*).

Una vez definido el tamaño de la muestra se procede a implementar el cuestionario, aplicándolo a la muestra de trabajadores seleccionados.

### **Procesamiento de los Resultados.**

el procesamiento por el SPSS 11.0 utilizando Estadísticos Descriptivos, Tablas de Frecuencia, Tablas de Contingencia, Pruebas no Paramétricas (*Kruskal Wallis, U de Mann Whitney*) y el Análisis de la fiabilidad del cuestionario con la prueba **ALPHA** de *Cronbach*.

En el caso de tablas de contingencia y cumpliéndose el supuesto que la Muestra es aleatoria simple y no compleja (*selección estratificada*) [Sánchez, 1995], es posible utilizar el *Coefficiente de Contingencia*, y la prueba *Chi-Cuadrado*, siendo los más apropiados según la escala de medición de las variables presentes en este cuestionario.

La **Hipótesis** a plantear es:

- **Ho:** La relación se atribuye al azar. Sólo ocurre en la muestra, las variables no están relacionadas en la población.
- **H1:** La relación de las 2 variables es estadísticamente significativa. Es posible generalizarla a la población.

Con la utilización de un paquete estadístico profesional como el **SPSS 11.0**, el contraste de esta hipótesis se reduce a comparar el Nivel de Significación de la prueba (**NS**) obtenido con el preestablecido para la prueba (**0.05**), si **NS < 0.05** se rechaza **Ho**.

#### **2.1.5. Identificación de procesos.**

La técnica más utilizada es la **distribución en planta** (Plant Layout), mostrando leyenda con:

- ✓ Las formas de almacenamiento
- ✓ Sectores de Incendio existentes
- ✓ Flujo de personas y productos.
- ✓ Límites con áreas exteriores, puertas de salida, evacuación, etc.
- ✓ Volumen / peso de los materiales almacenados, dimensiones,

Se sugiera la utilización del Software Ms. Visio 2003 debido a sus potencialidades.

### **2.2. Etapa Hacer.**

Todo lo relacionado con esta etapa, se muestra mediante un Diagrama de Flujo, en el Anexo 3. Dicho gráfico muestra los diferentes pasos involucrados en el diseño de un sistema PCI.

#### **2.2.1. Determinar el Riesgo de Incendio.**

De las metodologías existentes expuestas en el capítulo 1, se propone utilizar la del **Riesgo Intrínseco**. Para el cálculo del nivel de Riesgo Intrínseco se confeccionó el Diagrama de Flujo que se muestra en el Anexo 4.

### Método del Riesgo Intrínseco.

Se considera aplicable a los edificios o establecimientos de uso industrial o almacenamientos que estén ubicados en edificios destinados exclusivamente a estos usos. Incluye las secciones de oficinas y servicios auxiliares que estén ubicados en el mismo edificio.

### Cálculo de la Carga de Fuego.

Se basa en el cálculo de  $Q_p$  (carga de fuego ponderada) y clasifica el riesgo en tres categorías (Anexo 4, Tabla 4.2): riesgo **bajo** para  $Q_p$  inferior a 200 Mcal/m<sup>2</sup> (850 MJ/m<sup>2</sup>), riesgo **medio** para  $Q_p$  entre 200 y 800 Mcal/m<sup>2</sup> (entre 850 y 3.400 MJ/m<sup>2</sup>) y riesgo **alto** para  $Q_p$  superior a 800 Mcal/m<sup>2</sup> (3.400MJ/m<sup>2</sup>):

### Método a partir del volumen [ m<sup>3</sup> ].

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a$$

$Q_s$  - Densidad de carga de fuego del sector de incendio (ponderada y corregida) en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$C_i$  - coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio. (Ver Anexo 4).

$R_a$  - Coeficiente de peligrosidad por activación (ver Anexo 4). Se coge el mayor de todos (si >10%).

$A$  - Superficie construida del sector de incendio.

$q_{vi}$  - Carga de fuego por m<sup>3</sup> de cada zona (MJ/m<sup>3</sup> o Mcal/m<sup>3</sup>) (ver Anexo 4).

$q_{si}$  - Densidad de carga de fuego por m<sup>2</sup> de cada zona (ver Anexo 4).

$h_i$  - Altura de almacenamiento de cada zona.

$s$  - Superficie ocupada por cada zona (no incluye pasillos).

Los tres primeros parámetros se pueden obtener de tablas bibliográficas generales o de las mediciones hechas sobre el proyecto de la instalación. Lo mismo puede indicarse del parámetro área ( $A$ ). Para el índice  $C$ , se propone 1,6 para riesgos altos, 1,3 para riesgos medios y 1,0 para riesgos bajos (por ejemplo, líquidos con punto de inflamación superior a 61QC).

Para la estimación del parámetro Ra, el índice propone tres niveles en función del riesgo de activación: 2,0 para riesgo alto, 1,5 para riesgo medio y 1,0 para riesgo bajo.

En líneas generales, la aplicación de este método de evaluación del riesgo sigue la descripción matemática del mismo, ya que el parámetro Ra evalúa las posibilidades de activación (probabilidad o frecuencia) y el resto de la ecuación anterior estima las consecuencias o magnitud del incendio.

Se puede estudiar la carga de fuego a partir de la actividad (Anexo 4, Tabla 4.1.) medido en MJ/m<sup>3</sup> o en MCal/m<sup>3</sup>. Se indica, además, el denominado ratio de activación Ra.

### **Cálculo rápido de la carga de fuego.**

A falta de documentación más precisa, en el momento de la inspección, se puede utilizar el procedimiento siguiente para estimar si la carga de fuego de un almacén puede obligar a que se considere su clasificación de riesgo:

- 1) Medir la superficie del local destinado al almacenamiento en m<sup>2</sup> (sin descontar zonas libres, pasillos para el transporte, etc.).
- 2) Medir la altura del almacenamiento en m (comprobar la altura máxima que se fija o se permite y, si no se especifica nada, medir la altura de suelo a techo).
- 3) Establecer la densidad de carga de fuego según la siguiente tabla:

<b>Tipo de almacenamiento</b>	<b>Densidad de Carga de Fuego</b>	<b>Tipo de almacenamiento</b>	<b>Densidad de Carga de Fuego</b>
	Mcal/m <sup>3</sup>		Mcal/m <sup>3</sup>
Alfombras	400	-Fotografía	71
Alimentación	167	-Juguetes	120
Automóvil-Accesorios	40	-Librería	238
-Barnices, pinturas	238	-Menaje de hogar	71
-Bebidas alcohólicas	200	-Muebles	120
-Cerámica	48	-Neumáticos	440
-Colchones	120	-Oficina, Material de	200
-Cristalería	48	-Papelería	167
-Deportes	191	-Perfumería	120
-Electrodomésticos	120	-Ropa	144
-Farmacia	191	-Tabaco	120
-Ferretería	71	-Zapatería	120

- 4) Multiplicar las tres cantidades anteriores para deducir la carga de fuego total que determinará el nivel de riesgo.
- 5) Una vez calculada la carga de fuego por cualquiera de los procedimientos indicados, determinar el nivel de riesgo según indica el cuadro siguiente:

<b>Nivel de riesgo especial por carga de fuego de productos almacenados</b>		
<b>Uso</b>	<b>Carga de fuego (más de...)</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
<b>Almacenamiento</b>	11.940 Mcal (50.000 MJ)	Bajo
	119.000 Mcal (500.000 MJ)	Medio
	358.000 Mcal (1.500.000 MJ)	Alto
	720.000 Mcal (3.000.000 MJ)	Alto <sup>2</sup>

### **2.2.2. Necesidad de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.**

Para este epígrafe se elaboraron los diagramas de flujo que se muestran a continuación.

#### **Necesidad, cantidad y posición de Rociadores.**

Ver diagrama de flujo que se muestra en el anexo 5.

#### **Necesidad, cantidad y posición de Hidrantes.**

Ver diagrama de flujo que se muestra en el anexo 6.

#### **Necesidad, cantidad y posición de BIE's.**

Ver diagrama de flujo que se muestra en el anexo 7.

#### **Resumen de la lógica de cálculo.**

Estos diagramas constituyen el hilo conductor de los diferentes cálculos a realizar. Los mismos fueron confeccionados a partir de un minucioso estudio bibliográfico, así como de las normas aplicables al objeto de estudio.

Con los mismos se confeccionaron tablas dinámicas en Excel, que permiten llegar a obtener los resultados deseados.

### **2.2.3. Diseño Hidráulico de las Redes de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.**

Los modelos matemáticos utilizados en las 3 redes anteriores son los mismos, debido a que el problema se reduce al estudio del transporte de fluido (agua) por tuberías. Existen 2 grandes metodologías de amplia aceptación Internacional:

1. Hazen – William.
2. Darcy – Weisbach.

La primera (Anexo 8) sólo es utilizada para el transporte de agua por tuberías. Tiene como ventaja la sencillez y rapidez en su utilización, y como desventaja que en sistemas modernos de Protección

---

<sup>2</sup> Si la carga de fuego es mayor de 720.000 Mcal (3.000.000 MJ), las zonas no accesibles al público y destinadas a almacenamiento, fabricación, reparación, empaquetado o distribución de productos, deben considerarse como de uso Industrial.

Contra Incendio, por ejemplo, en grandes Almacenes Frigoríficos, al agua es necesario agregarle una **sustancia anticongelante** elevando su **Viscosidad**, para garantizar la efectividad del sistema PCI. Esto hace necesario utilizar el otro modelo (Darcy).

La segunda metodología (Anexo 8) es utilizada para modelar el comportamiento de cualquier **fluido incompresible** (Agua, vapor de agua, gas, líquidos combustibles). De ahí su gran utilización en el diseño de:

- Sistemas de Ventilación.
- Sistemas de refrigeración y Aire Acondicionado.
- Circulación de la mayoría de fluidos existentes en procesos industriales.

En el Anexo X se muestran las ecuaciones utilizadas en ambos modelos y la definición de variables. En dicho modelo se muestra, además la ecuación y gráfica del sistema de tuberías.

### **Introducción a Cálculos hidráulicos y Redes de Tubería.**

En el Análisis y Diseño de las instalaciones hidráulicas, así como en el estudio teórico de los procesos de Bombeo es necesario conocer las expresiones que relacionan el aumento o disminución de energía hidráulica (Ecuación de Bernoulli) que sufre el fluido al atravesar el elemento o componente con el caudal.

Una red de distribución de agua es un conjunto de elementos hidráulicos (bombas, depósitos, tuberías, uniones, etc.) utilizados para distribuir agua en una zona determinada. Un análisis de redes consiste en dadas las características físicas de las conducciones, diámetros, rugosidades, longitudes, así como de los restantes elementos de la red como válvulas, depósitos, etc... y sus características funcionales, como tarado de las válvulas y presionadores, grado de apertura de las válvulas, etc..., y conocida al menos una altura piezométrica en uno de los nudos del sistema, determinar el caudal trasegado por cada una de las conducciones, así como la altura piezométrica en todos los nudos restantes.

Generalmente, las redes de distribución pueden ser ramificadas, malladas o mixtas. Las ramificadas son más fáciles de calcular y requieren un menor tendido, por lo que su instalación es más barata, si bien presentan el inconveniente de que una rotura origina un corte a toda la instalación (lo cual no es deseable en un sistema PCI) aguas abajo así como que en los extremos, el agua puede quedar estancada. Por otro lado, las malladas proporcionan un mejor reparto de presiones y dan mayor garantía de servicio.

Cuando queremos diseñar una red de distribución de agua, tenemos que resolver cuatro variables hidráulicas:

- ✓ velocidad del fluido.

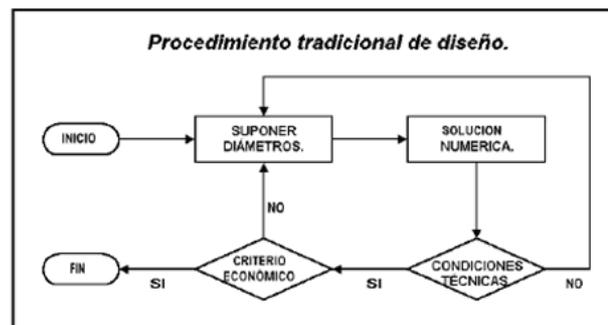
- ✓ Diámetro.
- ✓ Caudal.
- ✓ pérdidas hidráulicas.

Solo existen dos ecuaciones que ligan las variables que son la ecuación de continuidad y la de pérdidas hidráulicas. Resulta evidente que necesitamos dos nuevas ecuaciones o restricciones para poder determinar completamente el problema (4 ecuaciones con 4 incógnitas).

Lo usual sería en muchas redes que el caudal fuese predefinido, por lo que nos quedaría sólo una indeterminación, es decir una ecuación que imponer, para poder resolver el problema. Para ello se pueden aplicar una serie de criterios de tipo funcional que nos ayuden a salvar la indeterminación.

### **Diseño de redes.**

Tradicionalmente el diseño de redes de distribución de agua se realiza utilizando un método de "prueba y error" propuesto por Hardy-Cross (1936) (Fig. 2.2).



**Fig. 2.2. Cálculo en Redes de Tubería según Hardy-Cross**

A continuación se describen los pasos que se siguen de una manera simple y después se explicará el procedimiento de cálculo ya de una manera más compleja (Anexo 10):

1. Asignar a cada tramo de la red un diámetro determinado. Esto implica conocer la longitud de cada tramo, el diámetro comercial y la rugosidad del material de la tubería.
2. Hacer cumplir los requerimientos físicos del sistema para lo cual es necesario conocer la topología de la red en su totalidad. Se plantean las ecuaciones de conservación de masa de energía para luego ser resueltas por cualquiera de los métodos numéricos de comprobación hidráulica.
3. Verificar las condiciones técnicas teniendo en cuenta las normas establecidas para la red, estas son: presiones en los nodos y velocidades en los tramos. Las presiones se restringen a un máximo para no causar daños a las tuberías y a un mínimo para asegurar un nivel de servicio adecuado a los consumidores. Las velocidades normalmente se restringen a un mínimo para evitar la sedimentación de partículas en el interior de la tubería. Si la solución numérica del sistema muestra que éste

satisface las condiciones técnicas, se dice que la red cumple hidráulicamente, si no, se vuelve a la etapa de selección de diámetros, se realizan cambios y nuevamente se obtiene la solución numérica para verificar las condiciones técnicas del sistema en análisis.

4. En este punto del proceso se han revisado diferentes configuraciones de la red y se ha llegado a la solución del problema. Algunos ingenieros terminan el diseño aquí, pero hay otros que deciden ir más allá y proceden a cambiar diámetros en algunos tramos con el fin de obtener un diseño más económico. Cabe aclarar que un cambio de diámetro implica una nueva verificación de los requerimientos técnicos, ya que el comportamiento hidráulico de una red es muy sensible al cambio de estos componentes.

5. Finalmente se llega al diseño deseado, el cual cumple con las condiciones hidráulicas, técnicas, y determinados criterios de tipo económico.

La configuración de la red puede ser en Malla (Grid) o en Serie (ramificada o en Árbol, Tree).

También puede haber instalaciones mixtas, fundamentalmente instalaciones en Malla con líneas abiertas. En este caso para poder aplicar el algoritmo es necesario crear tuberías ficticias con Caudal cero que crean un circuito o malla.

En el momento de decidir el diseño de una red nos encontramos con dos problemas:

- **Distribución en planta:** Decidir el trazado de la misma, así como que elementos colocaremos, como válvulas, depósitos, conexiones, materiales, etc...

- **Dimensionado:** Determinar las dimensiones de los elementos, sobre todo el diámetro interior.

Obviamente, ambas fases están entrelazadas, y se retroalimentan en el proceso de diseño. Es evidente que cuando diseñamos una red lo hacemos para algo, por lo que debemos conocer una serie de datos de antemano, como:

- ✓ Necesidades de caudal.
- ✓ Necesidades de presión.
- ✓ Posibles trazados.
- ✓ Topología Espacial.
- ✓ Velocidades de circulación permitidas o aconsejables.
- ✓ Diámetros comerciales de los que se dispone .
- ✓ Material a emplear.

### **Cálculo de Redes según Hardy -Cross.**

EL algoritmo para el cálculo de redes según Hardy-Cross se muestra en el Anexo X.

### **Recomendaciones generales en la Succión:**

- A menos que se sepa que el fluido es muy limpio, se debe instalar un filtro ya sea a la entrada para mantener los residuos sólidos fuera de la bomba y fuera del proceso al cual se entregará el fluido.
- Una válvula de pie en la entrada permite el libre flujo hacia la bomba, pero se desconecta cuando sea para la bomba. Esto mantiene una columna de líquido hasta la bomba (depósito por debajo del nivel de la misma).
- Si se utiliza una válvula cerca de la bomba, debe ser de compuerta, ya que ésta ofrece muy poca resistencia al flujo cuando está totalmente abierta. El mango de la válvula deberá estar en posición horizontal para evitar bolsas de aire.
- El diámetro de la tubería para la línea de succión no debe ser más pequeño que la conexión de entrada a la bomba.
- La alineación de las tuberías deberá eliminar al posibilidad de la formación de burbujas de aire o bolsas de aire en la línea de succión, pues esto provocaría que la bomba perdiera capacidad (flujo) y posiblemente altura. Además podría causar ruido y vibraciones.
- Si se requiere un reductor, que sea del tipo "Excéntrico"
- La velocidad en la succión debe estar entre 0,5 y 2,2 metros / segundo.
- Evitar el uso de codos horizontales

### **Recomendaciones generales en la Descarga:**

- Velocidades recomendadas entre 1,35 y 3,42 metros/segundo.
- Debe existir una válvula cerca de la bomba para permitir darle servicio o reemplazarla. Es preferible utilizar una válvula de compuerta o mariposa para que exista una baja resistencia. Si durante el servicio, el flujo debe ser regulado, es preferible usar una válvula de globo ya que ésta permite un ahogamiento parejo de la descarga. Esto causa que aumenten las pérdidas de carga y el flujo entregado disminuya, como ya se explicó anteriormente.
- Una válvula de alivio de presión protegerá a la bomba y al resto del sistema de tuberías en caso de bloqueo del flujo o de paro accidental de una válvula.
- Una válvula Check evita el flujo de reversa a través de la bomba cuando ésta no se encuentra operando.
- Un ramificador con su válvula para medir el flujo puede ser necesario.
- En líneas de retorno la velocidad se recomienda igual que en la succión.

### **Redes Ramificadas o en Serie (Árbol, Tree).**

Se puede determinar el caudal y su sentido de circulación por la simple aplicación de la ecuación de continuidad. Sólo posee un punto o nudo de alimentación que se conoce como nudo de cabecera. Es decir, el agua sólo tiene un camino para llegar de un nudo a otro. Aguas arriba de cada nudo sólo

existe una línea. Una vez conocidos todos los caudales circulantes, y conocida la altura piezométrica de un nudo de referencia, podemos hallar el resto de presiones.

### **Principios que rigen los sistemas en Serie o en Árbol (Tree).**

También conocidos como sistemas ramificados, las ecuaciones que rigen los sistemas en series son las mismas descritas hasta el momento.

Esta configuración es utilizada en la Red de tuberías de sistemas de protección contra incendios.

Principio: En un nodo cualquiera, la suma algebraica de los caudales entrantes y salientes, tiene que ser cero. (Se cumple tanto para árbol como para malla).

#### Ventajas:

- Más económico, debido a que se necesitan menos metros de tubería para realizar la instalación.

#### Desventajas:

- El sistema de Red en Árbol es menos eficiente Hidráulicamente.

### **Redes Malladas o en Paralelo (Grid).**

Los caudales circulantes no pueden ser definidos ni tan siquiera en su sentido por el uso exclusivo de la ecuación de continuidad, sino que habrá que añadir otras ecuaciones de la malla. El agua puede seguir distintos caminos para alimentar un mismo nudo.

En un sistema compuesto por L líneas, N nudos y M mallas se cumple siempre que  $M = L - N + 1$ . En M y L están incluidas las mallas y líneas ficticias necesarias para resolver el problema. En el caso de las redes ramificadas  $L = N - 1$ , y para las redes malladas:  $L > N - 1$ .

### **Principios que rigen los sistemas en Paralelo o en Malla (Grid).**

Ley de los nudos: La suma total de los caudales que entran es igual a los caudales que salen.

Ley de las mallas: La suma total de las pérdidas de carga en una malla es igual a cero.

#### **2.2.4. Seleccionar Equipo de Bombeo.**

Esto normalmente lo realiza la propia empresa comercializadora de este equipamiento, o lo puede hacer el equipo de trabajo a partir de un catálogo, y del diseño hidráulico realizado, o sea, el **caudal necesario (Q)**, y la **carga necesaria (H, Head)** para dicho caudal.

La idea anterior se resume en el **modelo Cliente – Proveedor** mostrado en la segunda página del Anexo 3, mediante un diagrama Funcional de flujo de decisiones.

### **Cálculo del NPSH (Net Positive Suction Head) disponible.**

Un parámetro que requiere especial atención en el diseño de bombas es la denominada carga neta positiva de aspiración, este es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión de vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación.

La Cavitación es el desgaste de una superficie de metal como resultado de un vacío parcial en el líquido, el cual destruirá el impulsor y el armazón de una bomba. La vaporización es un producto de la presión reducida y temperatura elevada y es diferente a distintas elevaciones. Temperaturas más elevadas pueden ocurrir por el movimiento de la bomba o por una temperatura ambiental más alta, por lo que estos factores deben también considerarse al especificar una bomba.

La cavitación produce la vaporización súbita del líquido dentro de la bomba, reduce la capacidad de la misma y puede dañar sus partes internas.

Al iniciarse la cavitación, hay una reducción en la producción de la bomba, debido a que las burbujas de vapor ocupan parte del área del impulsor por donde pasa el agua. La cavitación por lo tanto, reduce la eficiencia (ver páginas 213 y 214).

En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, el NPSH disponible y el NPSH requerido.

El NPSH requerido es función del rodete, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante de la bomba. El NPSH requerido corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete.

El NPSH disponible (NPSH Available) es función del sistema de aspiración de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la fórmula que se muestra en el Anexo 9.

### **Otras características de la Etapa Hacer.**

La empresa tiene que desarrollar una estructura administrativa que le permita implantar el sistema, además de suministrarle los recursos necesarios para el mismo. El papel moderno del responsable o encargado de la seguridad y salud ocupacional es el de coordinador del sistema y de auditor.



**Fig. 2.2. Implementación y operación del procedimiento.**

Para una empresa que tiene implantado un sistema ISO 9000 o ISO 14000, le será más fácil implantar un sistema de esta naturaleza, porque la estructura de la empresa ya fue adecuada para permitir el funcionamiento de un sistema de gestión y por la cultura de gestión desarrollada en la misma.

Al igual que es necesario un manual en la gestión de calidad, aquí es necesario un manual donde se fijan las responsabilidades de los distintos actores y se fijan los estándares a cumplir. Un punto a considerar podría ser el remarcar la responsabilidad de la seguridad por parte del dueño del proceso, es decir, la responsabilidad de la seguridad ya no está desligada del proceso productivo.

### 2.3. Verificación y acción correctiva.

Tal como muestra la fig. 2.3, el sistema de esta manera se retroalimenta, y dentro de esta retroalimentación las no conformidades son las que obligan a realizar acciones preventivas y correctivas, por lo que la detección de una no conformidad da lugar a una investigación para así poder planificar la (s) acción (es) más efectiva (s).

El proceso del control ha de servir para verificar el cumplimiento de lo previamente establecido, y permitir la toma de decisiones a partir de los resultados obtenidos. En definitiva se orienta en la doble vertiente de:

- a) Cumplimiento de los requisitos del Sistema de Gestión.
- b) Verificación de que los resultados obtenidos cumplen con el objetivo básico del sistema, que es prevenir la ocurrencia de un incendio o minimizar el posible daño, gracias a una rápida y oportuna extinción.



**Fig. 2.3. Verificación y Acción Correctiva.**

La verificación comprende el conjunto de procedimientos que deben emplear las organizaciones para confirmar que los requisitos de control han sido cumplidos. Basados en programas de verificación que pueden quedar cubiertos mediante inspecciones que requieran o no mediciones y ensayos. El procedimiento de actuación que se utilice para verificar el sistema de control, debe incluir los criterios a seguir ante resultados obtenidos en la evaluación. En definitiva debe dar respuesta a qué hacer cuando nos encontramos ante una no conformidad.

### **2.3.1. Chequear y Actuar (Check & Act) desde una perspectiva técnica.**

El diseño hidráulico de la red de tuberías permite determinar:

- ✓ El punto de Operación(Carga (H) y Caudal (Q) )
- ✓ La presión (P) en los diferentes nodos de la Red de tuberías.

Estas 3 variables deben ser comprobadas con periodicidad mensual. Con este mismo objetivo, las redes de tubería PCI cuentan con puntos de prueba, con vistas a no descargar agua sobre la materia prima almacenada.

También es necesario dar mantenimiento, periódicamente, tanto a extintores como a rociadores, hidrantes, BIE's, equipo (s) de bombeo (s).

### **2.3.2. El control reactivo.**

A través del control reactivo se analizan los accidentes e incidentes y debe requerirse su identificación, notificación y registro. Aunque para las organizaciones es a veces difícil informar sobre los daños menores o cualquier otro suceso que pueda ocasionar un incidente, accidente o peligro, se deben promover el desarrollo de procedimientos para el registro sistemático de los mismos.

Por ejemplo:

Incendio en determinada área.

Tratamiento de primeros auxilios.

Daños a la salud.

Averías en las instalaciones de PCI.

A partir de los datos registrados, se puede verificar o valorar la adecuación de los procedimientos existentes, a la situación e incluso, la del propio sistema de prevención, todo ello, además de la adopción de las propias medidas específicas, que fuesen necesarias.

### **2.3.3. Casos de no conformidad y acciones correctoras.**

Los casos de no conformidad con los requisitos del sistema PCI, Formas de Almacenamiento, características constructivas del local, serán investigados con vistas a planificar la acción correctora para:

1. Impedir que vuelva a ocurrir.
2. Asegurar los mecanismos de integración con los demás componentes de la gestión general de la organización, particularmente con el Sistema de Gestión Ambiental, ISO 9000, Gestión de la Seguridad y salud Ocupacional.
3. Llevar a cabo los cambios pertinentes en los procedimientos, instrucciones operativas y registros.
4. Establecer un sistema de control adecuado a lo detectado.
5. Valorar la efectividad de las medidas citadas.

### **2.4. Análisis económico de la inversión.**

El diseño hidráulico de la red de tuberías permite, además, conocer:

- ✓ La Cantidad de metros de tuberías y accesorios (codos, válvulas, T, entradas, salidas).
- ✓ Cantidad de Equipos de bombeo, cantidad de Hidrantes, BIE's, Rociadores.
- ✓ Equipos de bombeo y Volumen del Depósito.

Teniendo en consideración las fórmulas de cálculo, y los precios unitarios actuales (2005) encontrados en Internet, se elaboró una tabla dinámica en Excel que permite determinar el **presupuesto o monto de la inversión** en materia de PCI (ver Anexo 11).

## Capítulo III: Aplicación del Procedimiento en la Unidad 420 Población.

Se aplica el procedimiento descrito en el capítulo 2. Primeramente se realiza una caracterización del Objeto de Estudio y se define el alcance de la investigación, la cual está encaminada a proporcionar protección a las áreas de almacenamiento.

Considero, que por su importancia, no debemos dejar de mencionar un grupo de sitios Web que fueron consultados, pero por no pertenecer a un autor en específico sino a organizaciones empresariales, no fueron incluidos en la bibliografía. Estos fueron:

- <http://www.autosprink.com/>
- [http://www.elitesoft.com/web/fire/elite\\_fire\\_info.html](http://www.elitesoft.com/web/fire/elite_fire_info.html)
- <http://www.fireacad.com/>
- <http://www.hydrronicseng.com/hydron50.htm>
- <http://www.hydrronicseng.com/stphyd43.htm>
- <http://www.omnicadd.com/products.htm>
- <http://www.pipelife.com/>
- [http://www.rohr2.com/sp\\_e.htm](http://www.rohr2.com/sp_e.htm)
- [http://www.sprinkcad.com/Sprink\\_Cad\\_Pro/index.php3](http://www.sprinkcad.com/Sprink_Cad_Pro/index.php3)
- [http://www.vikingcorp.com/databook/freezerstorage/033004\\_sp.pdf](http://www.vikingcorp.com/databook/freezerstorage/033004_sp.pdf)( Sistema de Protección Contra Incendio en un frigorífico)

A continuación se ejecutan las diferentes etapas del Procedimiento.

### 3.1. Planificación.

#### 3.1.1. Compromiso de la dirección y creación de equipos.

Primeramente se realizó una reunión con la dirección de la empresa, donde se mostraron interesados y fue exigido, por el director, la presentación de un proyecto de investigación. Una vez realizado este paso, se presentó a todos los trabajadores las características del estudio y comenzó la etapa de familiarización, así como una observación continua y un registro de las actividades que allí se realizan.

Al comprobarse que en la estructura organizativa no había nadie responsabilizado con PCI e informado a la dirección, ésta decidió darle esta recomendación al especialista en Seguridad y Salud Laboral perteneciente al departamento de Recursos Humanos, cumpliendo así con las estipulaciones nacionales vigentes.

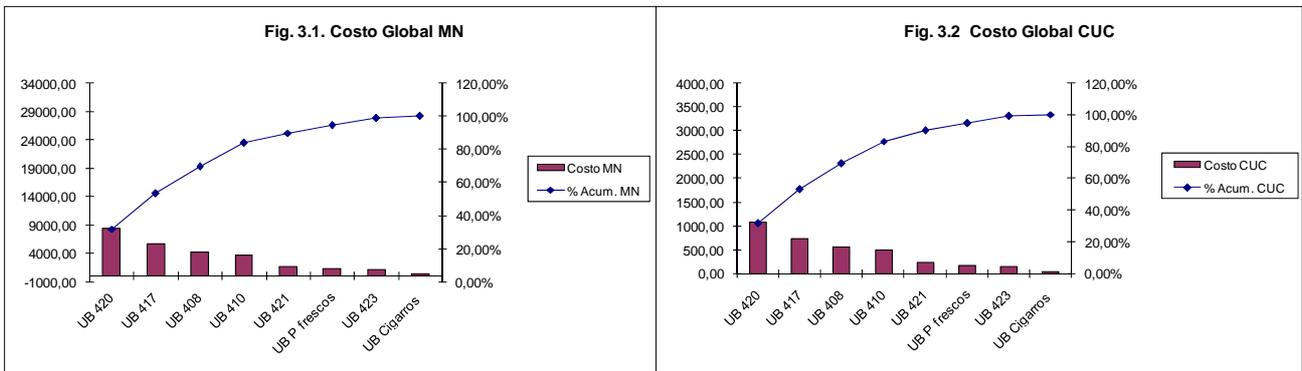
Se creó un equipo de trabajo, compuesto por especialistas del departamento Recursos Humanos, Aseguramiento Material, y consultores externos.

**Definir alcance del Estudio.**

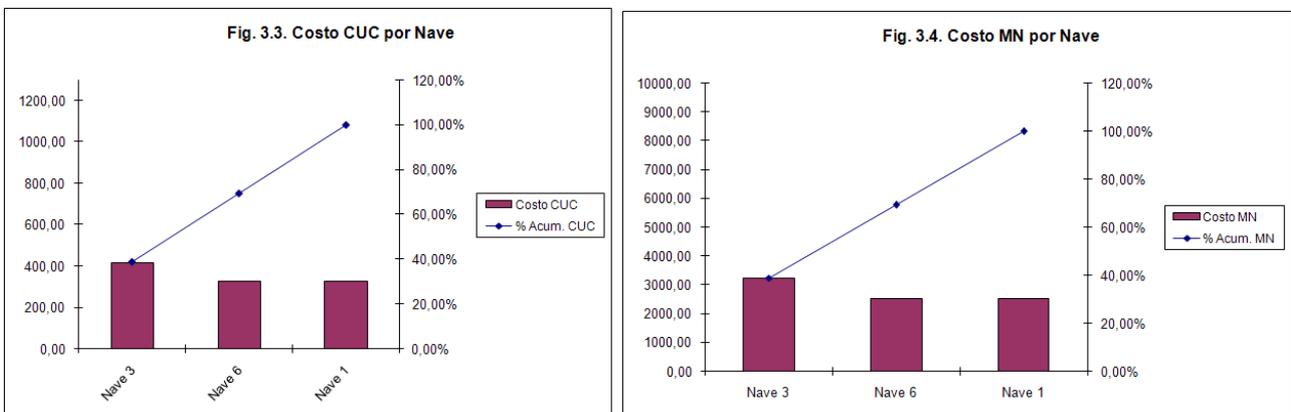
La EMPA Cienfuegos está compuesta por ocho Unidades Básicas, cuatro en el municipio Cienfuegos [U/B 420 Población, U/B 417 Organismos, U/B Cigarros y café y U/B Productos frescos], una en el municipio Cruces [U/B 408], una en Cumanayagua [U/B 421], una en Aguada de Pasajeros [U/B 410] y una en Abreus [U/B 423]; las que están en los municipio realizan las dos funciones de distribuir alimentos tanto para la población como para los organismos.

A partir de la creación de la UNAL (Unión de Alimentos) donde se inserta la empresa, se emiten una serie de orientaciones por parte de esta y dentro de ellas la elaboración los sistemas contra incendio. Partiendo de la propuesta de servicio recibida de la APCI [Agencia de Protección Contra Incendio] perteneciente al MININT (ver Anexo 12), la dirección opinó que el costo era muy elevado y decidió realizar el estudio con los especialistas de la empresa que atendían el equipo ya conformado anteriormente.

Primeramente se realizo un Pareto donde se pudo determinar el costo por Unidades Básicas tanto en moneda nacional como en CUC dando como resultado que la Unidad Básica 420 Cienfuegos Población resultó ser la de más alto costo, como muestran las figuras 3.1 y 3.2.



Posteriormente realizamos otro Pareto, siendo la Nave # 3 la de mayor cuantía a partir de los datos que tenemos y los productos que almacena (ver Fig. 3.3. y Fig. 3.4).



Llegando a la conclusión que se debe comenzar el estudio por la nave # 3 y después continuar generalizando el estudio al resto de las naves la # 6 y la # 1, ajustando la misma a los productos que almacena y a las características propias de cada nave.

**Breve reseña de la unidad básica.**

La Unidad Básica 420, se encuentra en la Zona Industrial # 1 y ubicada en Avenida 72 final Pueblo Griffo. Tiene como tarea distribuir los productos normados de la canasta básica en el municipio Cienfuegos lo que representa el 39 % del total de productos de este tipo distribuidos en la provincia anualmente.

La administración de la misma basa su gestión en tres departamentos fundamentales: Comercial, Recursos Humanos y Contabilidad y Finanzas.

El departamento de Contabilidad y Finanzas tiene entre sus funciones fundamentales: registrar, clasificar y procesar en términos monetarios las operaciones que se realizan en la Unidad Básica, los cuales quedan plasmados al final del mes en el Balance de Comprobación. Todo ello basado en los principios básicos de la contabilidad.

El departamento de recursos humanos rige toda la política referente a la organización del trabajo y salario así como todo lo referente a la protección e higiene del trabajo y capacitación de la fuerza laboral.

El departamento comercial recepciona, organiza y preserva todos los surtidos de productos que arriban a la unidad como consecuencia de la gestión de compra de la Subdirección comercial de la empresa, controla a través del técnico de calidad que los productos lleguen al cliente con los estándares de calidad requeridos, además rectorea el proceso final de distribución de los productos desde sus almacenes hasta las unidades de la red minorista.

La Unidad Básica para el cumplimiento de su gestión cuenta con un total de 177 trabajadores aprobados, distribuidos como se aprecia en la Tabla 3.1.:

<b>Categoría Ocupacional</b>	<b>Cantidad</b>
Dirigentes	7
Servicio	7
Técnicos	21
Administrativos	8
Obreros	134

**Tabla 3.1. Trabajadores distribuidos por Categoría Ocupacional.**

**Breve reseña del proceso de distribución a la población.**

La unidad básica 420 se dedica a la distribución de productos alimenticios y de aseo personal destinado a la canasta básica de la población del municipio Cienfuegos.

Para esto cuenta con tres almacenes cuyas características se detallan en la tabla 3.2.

Almacén	Capacidad útil (m <sup>3</sup> )	Surtido
1	2050	Aseo personal, leche, varios
3	3780	Azúcar y aceite comestible
6	7392	Arroz, granos, sal

**Tabla 3.2. Almacenes correspondientes a la UEB 420.**

La comercialización se realiza atendiendo a tres procesos fundamentales:

- **Recepción:** Se realiza por el método de recepción a ciegas, es decir, el documento que acompaña la mercancía va al departamento comercial y el almacén por separado chequea la mercancía confrontando los resultados finales con el documento original. Posteriormente se realiza un informe de recepción a partir del cual se le da entrada al producto en la tarjeta de estiba y en el submayor de inventario.
- **Almacenamiento:** Una vez recepcionada y ubicada la mercancía en el almacén se procede al mantenimiento de la misma basado en las normas de almacenamiento establecidas al efecto, así como un chequeo constante de la calidad del producto donde se tiene en cuenta entre otras cosas: su fecha de producción, fecha de vencimiento, cantidad de aplicaciones fitosanitarias etc.
- **Venta:** La gestión de venta de los productos se realiza por parte del departamento comercial siguiendo la política trazada por el país con respecto a la distribución de productos normados.

### 3.1.3. Diagnóstico general en materia de PCI.

Tomando en consideración, las características de la encuesta, se definió **Población** como el total de trabajadores relacionados directamente con la temática los cuales se representan en la tabla siguiente:

Categoría Ocupacional	Cantidad
Dirigentes	7
Técnicos	21
Administrativos	8
Total	36

**Tabla 3.3. Trabajadores distribuidos por Categoría Ocupacional.**

Por lo que el cálculo del tamaño de la muestra arrojó 19, a los cuales se les aplicó el cuestionario (ver Anexo 2). Se realizó una estratificación por categoría ocupacional, tal y como se muestra en la Tabla 3.4.

		Categoría Ocupacional			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Dirigente	4	21,1	21,1	21,1
	Administrativo	4	21,1	21,1	42,1
	Técnico	11	57,9	57,9	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

**Tabla 3.4. Asignación Proporcional, por Categoría Ocupacional.**

Los resultados del diagnóstico, en el Anexo 13, muestran claramente la necesidad del estudio, y teniendo en cuenta las observaciones realizadas y las recomendaciones técnicas a nivel internacional, se procedió a aplicar el procedimiento descrito en el Capítulo 2.

#### **Plan de medidas.**

A partir de las deficiencias encontradas en el Diagnóstico, se confeccionó, discutió, y aprobó por el Consejo de Dirección de la Empresa el siguiente Plan de medidas con vistas a eliminar los problemas existentes:

1. Realizar en el plazo más corto posible la capacitación de los trabajadores sobre la protección contra incendio, medios de lucha, prevención y extinción en caso de producirse.
2. Tomar todas las medidas necesarias para la reparación de la instalación eléctrica de la nave, señalar el voltaje y su uso.
3. Eliminar todos los posibles focos que puedan iniciar un siniestro.
4. Mejorar de forma inmediata la limpieza del piso y los exteriores de la nave de posibles agentes combustibles que puedan propagar un incendio.
5. Prohibir fumar dentro del almacén e identificar áreas con este fin.
6. Adquisición después de concluido este estudio, de los medios especializados de lucha contra incendio.
7. Organizar el mural contra incendio y equiparlo con los medios necesarios (pala, soga, cajón con arena, hacha, etc)
8. Perfeccionar el trabajo de las brigadas contra incendio, que aunque están creadas, no funcionan.

### 3.1.4. Identificación de procesos.

La nave almacena dos productos alimenticios (Aceite y Azúcar) no encontrándose separados por una pared tal y como se muestra en la vista en planta del Anexo 14.

## 3.2. Etapa Hacer.

### 3.2.1. Determinar el Riesgo de Incendio.

#### Método rápido.

Utilizando el método rápido de cálculo de la Carga de Fuego se obtuvo el siguiente resultado (ver Tabla 3.5.):

Tabla 3.5. Datos para Cálculo de la carga de fuego. (método rápido)						
Leyenda	Sector de Incendio	Área [m <sup>2</sup> ]	Altura del almac. [metros]	qvi [Mcal/m <sup>3</sup> ]	Mcal	Nivel de Riesgo
I	Nave # 3	2 730	4	167	1 823.640	<b>Alto</b>

Teniendo en cuenta las características de la nave, se procedió a realizar el cálculo para la totalidad de los productos dentro de la misma. El riesgo de incendio resulto ser **ALTO**.

No se utilizaron otras formas del Riesgo Intrínseco (métodos por Volumen y/o por peso), pues en investigaciones anteriores, tanto a nivel provincial como en la literatura consultada, se comprobó que ofrecen resultados similares.

### 3.2.2. Necesidad y Cantidad de Extintores.

Teniendo en cuenta lo explicado en el epígrafe 1.6, se puede afirmar que en la nave # 3 están presentes los fuegos clase A (sólidos), clase B (líquidos) y clase C (Eléctricos).

Extintores para fuego clase "A": para los sacos de polipropileno y parles de madera, con los que podemos apagar todo fuego de combustible común, enfriando el material por debajo de su temperatura de ignición y remojando las fibras para evitar la reignición. Use agua presurizada, espuma o extinguidores de químico seco de uso múltiple.

**NO UTILICE. Dióxido de Carbono o extinguidores comunes de químicos secos. ¿?!!!**

Extintores de químico seco para fuegos Clase B: originado por combustibles líquidos en el caso del aceite comestible (en el epígrafe 6 se explica en detalle).

Para determinar la cantidad y posición es necesario tener en cuenta que desde cualquier punto de la nave hasta el extintor más cercano la distancia no puede ser mayor a 15 metros. Dicho de otra forma, cada extintor ocupa una circunferencia de 30 metros de Diámetro.

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

	Largo	Ancho	Área [m <sup>2</sup> ]
<b>Dimensiones nave =</b>	78	35	2 730

Calculando el área que ocupa un extintor:

Para que sean efectivos, deben estar a menos de 15 metros de cualquier punto. Esto hace que abarquen una circunferencia de Diámetro = 30 metros:

$$\text{ÁREA circunferencia} = \text{PI} * \text{D}^2 / 4$$

Área / Extintor [m <sup>2</sup> ] =	706,50
Cantidad necesaria:	4

Se necesitan aproximadamente 4 extintores para fuegos Clase A, Clase B y Clase C. Actualmente no existe ninguno lo que hace que en caso de un siniestro no hay posibilidad de extinción propia.

### 3.2.3. Necesidad y Cantidad de Rociadores, Hidrantes, y BIE's.

#### Necesidad y cantidad de Rociadores.

Teniendo en cuenta lo explicado en los anexos 5, 6, y 7 del procedimiento, se realizó esta etapa.

La necesidad y cantidad de rociadores queda como se muestra en la tabla 3.6, realizada a partir del Diagrama del Anexo 5.

La **cobertura** de un rociador es igual a un cuadrado de lado igual a 3 metros, o sea, **9 m<sup>2</sup>**.

Tabla 3.6. Necesidad y Cantidad de Rociadores					
Sector de Incendio	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Tipo de Edificio (anexo 4)	Riesgo	¿Rociadores Techo?	Cantidad
Nave # 3.	1260 (600 + 600 + 60) (Ver anexo 14)	Tipo D	ALTO	Si	140

Es necesario tener presente, que debido al tipo de Edificación (Tipo D), los Rociadores de Techo no son estrictamente necesarios, pues según normas, con Extintores se resuelve el problema. Como muestra el Anexo 5, los rociadores de techo son obligatorios para edificios Tipo A, B, y C.

### **Necesidad y cantidad de Hidrantes.**

Partiendo del Riesgo de la Nave #3 (ALTO), considerado como un edificio tipo D, es necesario calcular el perímetro y según el diagrama de flujo del anexo 6, donde plantea que es necesario ubicar uno cada 40 metros, se tiene:

	Largo	Ancho	Área [m <sup>2</sup> ]	Perímetro [m]	¿Necesarios?	Cantidad de hidrantes
<b>Dimensiones Nave #3 =</b>	78	35	2730	226	<b>NO</b>	<b>5</b>

Ahora bien, según el Anexo 6 del procedimiento descrito en el Capítulo 2, **se justifica la instalación de hidrantes cuando la nave tipo D tiene más de 5000 metros cuadrados.**

Además:

- Su Costo es elevado.
- Los Extintores propuestos tienen capacidad para realizar la extinción de un posible incendio.

### **Necesidad y Cantidad de BIE's.**

Como se observa en la tabla del anexo 7, para edificaciones tipo D, es necesario la instalación de BIE's en sectores con riesgo ALTO y área > 5000 m<sup>2</sup>, abarcando un área de 700 m<sup>2</sup> por BIE.

La nave #3, cuenta con 2730 M<sup>2</sup>, por tanto no es necesario instalar BIE.

### **Resumen.**

Hasta el momento se conoce:

- ✓ El riesgo intrínseco de incendio,
- ✓ la necesidad de medios de protección,
- ✓ la cantidad.

El Diseño Hidráulico de las Redes de Rociadores, Hidrantes, y BIE's, así como la Selección del Equipo de Bombeo, **no es necesario en la Nave #3**, pero queda explicado en el procedimiento del capítulo 2, para futuras análisis en el resto de las instalaciones de la empresa.

### **3.3. Análisis económico del estudio.**

Para el análisis económico se realizó un estudio del costo de la propuesta hecha por la APCI logrando el ahorro, al concluir este trabajo y hacerlo extensivo para el resto de las unidades básicas, de una importante suma que puede ser utilizada en la inversión para la adquisición de los medios de lucha contra incendio (ver Anexo 12).

Por tanto, se puede afirmar, que ha habido un ahorro de 3 936.00 CUC, y 30 269.00 MN.

**Conclusiones parciales.**

1. La nave # 3 resulta un tipo de Edificación D: El edificio industrial ocupa un espacio abierto, que está totalmente cubierto, algunas de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.
1. El Riesgo intrínseco resulto alto en la nave 3
2. Se realizó el cálculo del Número de Extintores, siendo igual a 4.
3. A pesar de no ser necesarios, se realizó el cálculo del Número de Hidrantes, y el número de Rociadores.
4. Se realizó un análisis económico basado en el significativo ahorro debido a la realización del estudio con especialistas de la empresa, en vez de consultores externos, alcanzando la cifra de 3936.00 CUC, y 30269.00 CUP.

## **Conclusiones.**

1. El procedimiento diseñado, no sólo proporciona una guía para la gestión de la tecnología dura, sino además, brinda las bases para la organización de la unidad básica 420 en materia de PCI (tecnología blanda).
2. Se determinó el Nivel de Riesgo de la nave # 3.
3. La nave objeto de Estudio no conocía el riesgo de Incendio existente, ni la necesidad y cantidad de Medios PCI.
4. El Sector de Incendio nave # 3 necesita 4 extintores para incendio tipo A, tipo B y tipo C.
5. El ahorro debido a la realización del estudio con especialistas de la empresa, en vez de consultores externos, alcanza la cifra de 3 936.00 CUC, y 30 269.00 CUP.

## **Recomendaciones.**

1. Generalizar el procedimiento a las restantes naves y demás unidades básicas de la EMPA
2. Preparar al personal y especializarlos en el tema ajustándolos a las condiciones y necesidades de cada nave.
3. Presentar este trabajo en el FORUM de ciencia y técnica.

## Bibliografía.

- ✓ Ale, B.J.M., Risk analysis and risk policy in the / B. J. M. Ale.--Netherlands: J. Loss Prev. Process Ind., 1991.-- 64 p.
- ✓ APA, El control total de pérdidas –APA.--, San Sebastián: Apa,1984.-- 94p.
- ✓ AZNAR, A. Protección contra incendios. Análisis y diseño de sistemas/ A. Aznar.-- La Habana: Ed. Alción, .-- 278 p.
- ✓ Bestratén, M., NTP 238: Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso/ M. Bestratén.—Barcelona: INSHT, 2003.-- 412p.
- ✓ Bestratén, M. NTP 1: Estadística de accidentabilidad en la empresa/ M Bestraten, E. Turmo,-- , Barcelona: INSHT, 2004.-- 422 p.
- ✓ Caceres, Rafael: Seguridad Industrial,/ Rafael Caceres.—España: Universidad Nacional Abierta, 1981.-- 219p.
- ✓ CAPOTE ABREU, Jorge A., La Seguridad contra Incendios en la Concepción y el Diseño de Edificios Civiles e Industriales/ Jorge A. Capote Abreu.-- España: Universidad de Cantabria, 1998 .-- 342p.
- ✓ CEA-CEPREVEN, Clasificación de materias y mercancías peligrosas según su riesgo de incendio.—Madrid: Catálogo CEA, CEA-CEPREVEN,1987.-- 223p.
- ✓ CEPREVEN, RT2-ABA Regla técnica para los abastecimientos de agua contra incendios/, CEPREVEN.—Madrid: CEPREVEN,1989.-- 288.
- ✓ CEPREVEN, RT2-BIE Medios manuales de extinción. Regla técnica para instalaciones de bocas de incendio equipadas/ CEPREVEN.-- , Madrid: CEPREVEN, 1989.-- 357p.
- ✓ COASHIQ, Estadística de accidentes de trabajo./ COASHIQ.--, Madrid: FEIQUE, 1998. -- 249p.
- ✓ Cortés, J.M., Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene en el trabajo/ J. M. CORTÉS, Madrid: Tebar Flores, 1996.--252p.
- ✓ Cuba. Ministerio de Comercio Interior. Resolución 59/04: Reglamento para la Logística de Almacenes.—La Habana, 2004.--12p
- ✓ DE VOS PASCUAL, José. Seguridad Higiene en el Trabajo/ José DE VOS PASCUAL.-- Interamericana de España, 1994.--129 p.
- ✓ Díaz de la Cruz, D. Teoría de la protección/ D Díaz de la Cruz.-- Madrid: Mapfre, 1991.-- 213p.
- ✓ Estudio de la fiabilidad de determinadas fórmulas empíricas para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías trabajando con agua. Cuadros prácticos/ Fernando Santos Sabrás ...[et.a1.]. En su: Tecnología del agua, 1986.--.[s.n.]--t. 27.--p. 56 - 61.
- ✓ España. NBE – CPI. 96 Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios/ Norma Básica de la Edificación.– Madrid: ..[s.n.]

- ✓ España. NFPA NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Manual de Protección contra Incendios/ Madrid: Editorial MAPFRE 1980.--150p.
- ✓ España. NFPA NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Manual of Fire hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile solids/ Madrid: Editorial MAPFRE 1988.--196p
- ✓ España. PROMAT Ibérica S.A. Protección Pasiva contra el Fuego. Soluciones Constructivas/ Grupo Uralita .-- Madrid: ..[s.n.], 1998.--76p.
- ✓ Fine, W. Evaluación matemática para control de riesgos/ W Fine.-- Barcelona: Centro Nacional de Información y Documentación. 1975.-- 432 p.
- ✓ FRAGUELA, J. A. Instalaciones de protección contra incendios/ J. A. FRAGUELA.-- Madrid: El Instalador, 1994.-- 95 p.
- ✓ Fire and Explosión Index.—USA: Hazard Classification Guide, AIChE, 1987.-- 318p.
- ✓ García, P. El control total de pérdidas/ P. García.-- San Sebastián: Asociación para la Prevención de Accidentes, 1987.-- 89 p.
- ✓ Gretener, M., Evaluación del riesgo de incendio. Método de cálculo/ M. Gretener.-- Madrid CEPREVEN, 1988.-- 223 p
- ✓ Larrea, J. Manual básico de protección contra incendios en la industria/ J. Larrea, P. Anitua.— Gobierno Vasco: Vitoria- Gasteiz, 1994.-- 96p.
- ✓ Linville, J. Industrial fire hazards handbook/ J. Linville.—Massachussets: NFPA, 1990.-- 432p.
- ✓ LÓPEZ, Valdemár. Mundo de la seguridad, Dossier para el Ejecutivo de la Seguridad/ Valdemár LÓPEZ.-- Madrid: Editorial Nuevo Diario, 1982. -- 420p.
- ✓ Mott, Roberto L. Mecánica de Fluidos aplicada/ Roberto L. Mott.-- Prentice Hall: 4ta Edición, 1996 . --233 p
- ✓ Mecánica de los fluidos e hidráulica/ Ranald V. Giles...[et.a1].-- McGraw Hill: Tercera Edición, 1999 .-- 392p.
- ✓ NASH, P. Sistemas de rociadores automáticos/ P. NASH.-- Madrid: Editorial MAPFRE. 1981.-- 370 p
- ✓ Owens, K.A. Fires, explosions and related incidents at work in 1992-1993/ K.A Owens, J.A Hazeldean. -- J. Loss Prev: 1995.—t.8.--p.291-297.
- ✓ Perz, J. Evaluación del riesgo de incendio. Método simplificado. Gerencia de Riesgos/ J. Perz .-- ..[s.n.]: 1985.-- t.3.--p.53-62.
- ✓ Purt, G. Sistema de evaluación del riesgo de incendio que puede servir de base para el proyecto de instalaciones automáticas de protección contra incendios/ G. Purt.—Madrid: EUROALARM, 1985.-- 532 p
- ✓ Ramírez, Cesar. Seguridad Industrial, Un enfoque integral/ Cesar Ramírez.-- Madrid: Editores Noriega, 1995.-- 218p.
- ✓ Roca, S. La evaluación del riesgo potencial de incendio y explosión y su aplicación a un

establecimiento industrial/ S. Roca, B. Pons.-- Barcelona: INSHT, 1986.-- 225p

- ✓ Smith, Keith. Assessing Risk and Reducing Disaster/ Keith Smith.-- Great Britain: Edit in University of Cambridge, 1996.--382p
- ✓ Vilanueva, J.L. NTP 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purtt/ J.L. Vilanueva.-- Barcelona, INSHT, 1995.--376p.