

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO Y UNIVERSIDAD DE
HUELVA-ESPAÑA**

Colegio de Postgrados

**Análisis Costo/Beneficio del Sistema de Prevención de Incendios
en la Planta de Producción de una Industria Farmacéutica**

María Augusta Trávez Padilla

**Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título
Máster en Seguridad Salud y Ambiente**

Quito, Marzo de 2012

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO-ECUADOR
UNIVERSIDAD DE HUELVA - ESPAÑA**

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**ANALISIS COSTO/BENEFICIO DEL SISTEMA DE PREVENCION
DE INCENDIOS EN LA PLANTA DE PRODUCCION DE UNA
INDUSTRIA FARMACEUTICA**

María Augusta Trávez Padilla

Lilian Pinos, M.Sc
Director de Tesis



Carlos Ruiz Frutos, Ph.D.
Director de la Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente de la Universidad de Huelva y Miembro del Comité de Tesis



José Antonio Garrido Roldán, M.Sc.
Coordinador Académico de la Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente de la Universidad de Huelva y Miembro del Comité de Tesis



Luis Vásquez Zamora, MSc-ESP-DPLO-FPh.D
Director de la Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente de la Universidad San Francisco de Quito y Jurado de Tesis



Gonzalo Mantilla, MD-MEd-FAAP
Decano de Colegio de Ciencias de la Salud



Benjamín Puertas, MD, MPH
Decano de la Escuela de Salud Pública



Victor Viteri Breedy, Ph.D
Decano del Colegio de Postgrados



Quito, marzo del año 2012

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:
“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Autor: María Augusta Trávez Padilla
Marzo, 2012

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado:

A Dios

Porque cada día me permite iniciar nuevos retos, me ha dado la salud, la constancia, la voluntad para iniciar y culminar este reto de estudios.

A mis Hij@s

Para María Paz y mi bebé que está en camino, son el pilar fundamental, para ell@s todo el esfuerzo, las noches en vela y el tiempo no dedicado a ell@s, por cumplir un sueño. A ell@s les dedico este trabajo como ejemplo de superación.

A mi Esposo

Apoyo incondicional en mi vida y en este proyecto, gracias por las palabras de aliento, por el apoyo económico, por no ser egoísta, por cuidar de nuestra pequeña y alegrarte de este triunfo, que es el triunfo de nuestra familia.

A mis Padres

Quienes durante toda mi vida me han enseñado valores, principios y superación constante. Gracias por su apoyo, gracias por hacer de mí una persona de bien, que culmina sueños y metas. A Ustedes va este esfuerzo por cultivar en mí el don de gente necesario para complementar esta carrera.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno y sincero a la compañía James Brown Pharma, en especial a su Gerente General, Sr. Felipe Brown Hidalgo, por confiar en mis capacidades, y apoyar el crecimiento de sus colaboradores; así como al Dr. Juan Carlos Moya, Subgerente General y al Dr. Héctor Grijalva, Gerente de Operaciones por su apoyo incondicional; de seguro su semilla cayó en campo fértil y combinando su compromiso con los conocimientos adquiridos, haremos que nuestros compañeros tengan trabajos seguros en un ambiente seguro.

Al Dr. Luis Vásquez, por su notable labor en el tema de la seguridad y salud en el trabajo, su emprendimiento y ejemplo son dignos pasos a seguir.

A la Dra. Lilian Pinos, tutora de este proyecto, con quien he compartido desde pequeña, y me ha sido muy grato compartir en el ámbito académico. Al Ing. Jorge Luis Blanco, experto en incendios, quien ha compartido sus conocimientos sin egoísmo alguno.

A mi esposo, mis hijas, mis padres, mis hermanos por su apoyo, por cuidar de María Paz mientras yo, paso a paso transitaba en el camino escogido.

Gracias de todo corazón.

RESUMEN

Toda industria dentro de sus procesos productivos acarrea cierto riesgo de incendio, sea por manejo de combustibles, generación de chispas, descuido de sus empleados, entre otros. Por tal motivo es imprescindible realizar la evaluación del riesgo de incendio existente para poder determinar el sistema de prevención a implementar, sea una industria pequeña o grande. El presente estudio se lo realiza en la planta de producción de farmacéuticos humanos y veterinarios de la compañía James Brown Pharma C.A., y parte de la evaluación del riesgo de incendios existente, con el afán de diseñar el sistema de prevención de incendios, cuantificar el beneficio de tener un sistema y el costo de esta inversión; para luego relacionarla en el índice Costo/Beneficio, y así concienciar a los accionistas que un sistema de prevención contra incendios es una inversión que protege su inversión.

El método de evaluación es a través del Método intrínseco, método avalado en la legislación española y que calcula la carga térmica, basándose además su evaluación precisamente en esta carga de fuego corregida para un sector, edificio o establecimiento con su respectiva actividad. Una vez aplicada la metodología, se determina que el nivel de riesgo intrínseco es Medio, Factor 4; el método como tal recomienda también el uso de equipo de protección contra incendios, recomendando el uso de 4 sistemas de protección contra incendios: Sistema de Red hídrica; sistema de Detección de Incendios; Sistema de Pararrayos; Sistema de Señalización contra incendios y evacuación.

El análisis Costo /Beneficio, relaciona valores monetarios, permitiendo dimensionar el Costo sobre el Beneficio. Es así que el costo de implementar este proyecto es de \$38.481,90; para el cálculo del beneficio del proyecto se tomó en cuenta el valor del seguro contra incendios contratado por la compañía, más, el ahorro en la incursión de gastos y desembolsos monetarios al momento de ocurrir un siniestro. Para el estudio se analizó el peor escenario, contemplando la pérdida

total de la infraestructura, maquinaria, materias y productos en proceso y terminado, así como las indemnizaciones que la empresa debería cancelar a los dolientes de los empleados fallecidos. Este valor asciende a \$ 13'852.247,56. El índice costo Beneficio es de 0.0027, lo que representa el 0,27% de los beneficios que James Brown Pharma C.A. obtendrá al implementar los 4 sistemas sugeridos.

Del estudio realizado se concluye que el sistema de prevención de incendios en la planta de producción de una industria farmacéutica protege la inversión de la empresa; el proyecto cuenta con la aprobación del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito.

ABSTRACT

Every industry in their production processes carries some risk of fire, either by fuel management, generation of sparks, neglect of its employees, among others. For this reason it is essential to the risk assessment to determine existing fire prevention system to implement, is a small or large industry.

This study is performed in the production plant of human and veterinary pharmaceutical company James Brown Pharma CA, and part of the risk assessment of existing fire, in an effort to design the system of fire prevention, quantifying the benefit have a system and the cost of this investment, and then relate it to the index cost / benefit, and so raise to shareholders that a system of fire prevention is an investment that protects your investment.

The evaluation method is via the Intrinsic Method, a method supported by Spanish Law and calculates the thermal load, also based its assessment in this very fire load corrected for an area, building or establishment with their activity. After applying the methodology, it is determined that the level of inherent risk is medium, Factor 4, the method as such recommends the use of protective equipment against fire, recommending the use of 4 sets of fire protection: Network System water ; System Fire Alarm System; Lightning protection system, Signaling System and fire evacuation.

The cost / benefit analysis, monetary values associated, allowing size the cost of the benefit. Thus, the cost of implementing this project is \$ 38,481.90, for calculating the benefit of the project was taken into account the value of fire insurance by the company hired more, the savings in the raid-monetary costs and outlays time of a loss. For the study analyzed the worst case scenario, considering the total loss of infrastructure, machinery, materials and goods in process and

finished, and the allowances that the company should cancel the mourners of the deceased employees. This value is \$ 13'852,247.56.

The cost ratio Benefit is 0.0027, which represents 0.27% of the benefits that James Brown Pharma C.A. obtained by implementing the 4 systems suggested.

From the study it is concluded that the system of fire prevention in the production plant of a pharmaceutical industry protects the investment of the company and the project has the approval of the Fire Department of the Metropolitan District of Quito.

INDICE TEMATICO

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.2 Problema que se pretende abordar.....	5
1.3 Justificación del Estudio.....	5
1.4 Revisión de la literatura, antecedentes o fundamentos teóricos.....	6
1.4.1 El fuego.....	6
1.4.2 Causas que originan un incendio industrial.....	14
1.4.3 Extinción del fuego.....	17
1.4.4 Prevención incendios.....	19
1.4.5 Análisis costo-beneficio.....	56

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.....	60
2.2 Objetivos Específicos.....	60
2.3 Objetivos Colaterales.....	61

3. METODOLOGIA

3.1 Población y Muestra.....	61
3.2 Tipo de Estudio.....	61
3.3 Material.....	62
3.4 Fases del estudio.....	62
3.4.1 Evaluación del Riesgo de incendios.....	63
3.4.2 Diseño del Sistema de prevención de Incendios. Propuesta económica – Costos	70
3.4.3 Determinación del valor monetario a salvaguardar – Beneficio.....	71
3.4.4 Cálculo y Análisis del indicador Costo/Beneficio.....	71

4. RESULTADOS

4.1	Resultados de la evaluación del Riesgo de Incendios.....	72
4.2	Diseño del sistema de prevención de Incendios.....	80
4.3	Resultado de la propuesta económica del sistema de prevención de incendios – Costo.....	91
4.4	Resultado de la Determinación del valor monetario a salvaguardar. Beneficio.....	94
4.5	Cálculo y análisis del índice Costo/Beneficio.....	97
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
6.	BIBLIOGRAFIA.....	100

1. INTRODUCCION

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA O ÁREA DE TRABAJO



James Brown Pharma C.A es una empresa industrial dedicada a la producción de farmacéuticos y biológicos de uso veterinario y humano.

Farmacéutica de origen 100% nacional, ve sus inicios en 1971, gracias al emprendimiento de James Brown Sweeney, quien confiando en la capacidad de los profesionales ecuatorianos inicia la producción de fármacos de uso animal. Con el pasar de los años, James Brown es parte de los líderes en el mercado veterinario, Parámetro suficiente para visionar el crecimiento de la compañía hacia el área humana, iniciando sus primeros pasos en el año 2005.

Al momento genera 202 plazas de trabajo directas y más de 2000 plazas indirectas; cuenta con 2 plantas de producción, Planta Puenbo remodelada en el año 2011 y dedicada a producción de penicilínicos, sólidos solubles, suspensiones y plaguicidas; la segunda, Planta Pifo, destinada a la producción de soluciones inyectables, soluciones orales para uso veterinario y humano, además cuenta con un área independiente destinada a la manufactura de vacunas y bacterinas de uso veterinario.

El presente estudio se realizará en la Planta Pifo, la misma que organizacionalmente está constituida por: Gerente de Operaciones; Jefes de Producción de las distintas áreas; Jefe de Aseguramiento de Calidad; Jefe de

Seguridad, Salud y Ambiente; Jefe de Mantenimiento; Jefe de Bodega; Personal operativo. Anexo 1: Organigrama

La planta Pifo estudio del presente tema, está ubicada en la parroquia de Pifo, en un predio de 9890 m²; el edificio tiene una superficie bruta de 3000 m² en dos pisos, y está construido en hormigón y estructura metálica (techos duramil). Su construcción se la ha realizado por partes, siendo la más antigua construida hace 30 años y la más nueva hace 4 años.

La planta cuenta con las siguientes áreas: Anexo 2: Plano de la Planta de Producción por áreas.

AREA	NUMERO DE PERSONAS POR AREA
Bodega	4
Mantenimiento	5
Bioterio	4
Aseguramiento de Calidad	4
Administración	3
Control de Calidad	5
Microbiología	1
Biológicos	9
Empaque	19
Producción Humanos	9
Producción Veterinarios	41
TOTAL	104

Las áreas cumplen las especificaciones técnicas demandadas en el Informe 32 de la OMS sobre Buenas prácticas de Manufactura, al momento James Brown Pharma - Planta Pifo se encuentra en proceso de renovación de dicho certificado; es así por ejemplo:

- Área de Bodega: donde se almacenan materias primas y material de empaque para la producción de la planta; cuenta con piso impermeable, estanterías empotradas, 2 montacargas eléctricos y una bodega independiente muy bien ventilada para materiales inflamables. Dentro de la bodega se almacena:

% Area	Material almacenado
33%	Etiquetas, cajas de empaque
15%	Frascos plásticos
15%	Frascos de vidrio
20%	Materias primas
17%	Químicos peligrosos

- Área de Pesaje: área donde dispensan las materias primas necesarias para la producción; cuenta con campana de extracción de aire independiente y balanzas periódicamente calibradas.
- Área de Bioterio: lugar donde se reproducen ratones de laboratorio para pruebas de los productos James Brown Pharma y maquilados; cuenta con sistema propio de extracción de aire, para aliviar principalmente el amoníaco producto de la descomposición del excremento de los animales, que si bien son recogidos diariamente, generan dicho gas.
- Área de Mantenimiento: lugar donde se realiza mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria existente. Cuenta con área ventilada para los procesos de soldadura, está debidamente organizada y ordenada, pues no por ser taller debe imperar el desorden.
- Área Biológicos: Esta área es un área independiente, adosada al edificio de producción de Veterinarios y Biológicos. En esta área se producen Bacterinas (reproducción controlada de bacterias) y vacunas liofilizadas (reproducción controlada de virus), todas ellas para uso netamente veterinario aviar y porcino. Cuenta con sistema propio de extracción de aire, piso con pintura epóxico, dos cabinas de bioseguridad, 2 cuartos fríos para almacenamiento del producto en proceso, área para producción de

bacterinas y formulación de virales. Se trabaja bajo estrictos estándares de producción y calidad.

- Área Control de Calidad y Microbiología: cuenta equipo idóneo para el análisis de la calidad del producto como HPLC para cuantificación de principios activos. Piso de cerámica, mechero abastecido por GLP para pruebas, 3 cabinas de seguridad para análisis, 1 estufa de estabilidad.
- Área Producción Humanos: cuenta con área de manufactura, área para geles y cremas con su respectivo reactor, área de llenado de geles y cremas con su respectiva máquina dosificadora, área de polvos orales con su máquina dosificadora, área de cápsulas blandas; sistema independiente de extracción de aire, deshumificadores, piso epóxico.
- Área Producción Veterinarios: cuenta con 2 áreas de manufactura, 3 áreas estériles para dosificación de viales bajo flujo laminar con sistema de aire independiente, área de lavado de frascos, área de sopleteado de frascos, área de control óptico de viales. Piso epóxico.
- Área de empaque: cuenta con maquinaria específica para etiquetado, codificado y termosellado. Al momento por falta de espacio y contraviniendo normas de Buena Prácticas de Manufactura, se divide el área con bodega, principalmente se almacena cartón. Cuenta con un área de almacenamiento temporal de producto terminado. Piso de hormigón, está ubicado en el segundo piso.
- Área producto Semiterminado – Cuarentena: Lugar destinado para el almacenamiento de todo el producto mientras corren los días de cuarentena, tiempo en el cual se realizan pruebas microbiológicas y de inocuidad al producto. Piso de cerámica
- Área Tratamiento de Agua: Para la producción de viales, James Brown Pharma cuenta con un equipo de punta, que tras un proceso de Osmosis inversa se logra obtener un agua con conductividad menor a 0.02. Piso epóxico.
- Área de Pretratamiento de Agua: Área ubicada en el exterior de la planta. Lugar donde se quita la dureza del agua potable, y mediante sistema de bombeo llega al área de tratamiento de agua, para pasar por su proceso y ser distribuida a las diferentes áreas de la planta. Piso de hormigón.

James Brown Pharma C.A. con miras a mejorar su calidad, trabaja mediante el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008, y está en proceso de renovación del certificado de Buenas Prácticas de Manufactura emitido por el Ministerio de Salud Pública; dentro de su alcance de calidad tiene la producción, almacenamiento, comercialización y exportación de productos farmacéuticos y biológicos de uso humano y veterinario.

1.2. PROBLEMA QUE SE PRETENDE ABORDAR

Al no contar con un sistema de prevención de incendios, se pretende abordar el riesgo de incendios existente en la planta de producción de James Brown Pharma C.A, para una vez dimensionado el riesgo, diseñar el sistema de prevención de incendios, determinar su costo, para posteriormente determinar el índice Costo/Beneficio de la prevención de incendios de la misma.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio, tiene su justificación en la prevención del riesgo de incendios, el cual se justifica en los siguientes puntos de vista:

- **Punto de vista laboral:** Proteger a los trabajadores de consecuencias catastróficas al momento de un siniestro (incendio).
- **Punto de vista económico:** La planta Pifo general el 64% de los ingresos de la compañía y corresponde al 45% del total de activos, por lo que, precautelar la inversión es justificación importante en el estudio, además que al dar cumplimiento con todas las normas, exime del pago de multas.
- **Punto de vista legal:** Dar cumplimiento a la normativa vigente tanto Laboral, de Incendios, como de almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas.
- **Punto de vista social:** La protección a los vecinos del lugar en caso de un siniestro; es factor de contribución a la seguridad de la comunidad.

1.4. REVISIÓN DE LA LITERATURA, ANTECEDENTES O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.4.1. EL FUEGO

El análisis del riesgo de incendios viene dado desde el descubrimiento mismo del fuego, importante hallazgo que acarreó también un alto riesgo. Tomando la frase de Juan José Agún González¹ *"En la Historia se ha conocido el fuego como una herramienta "dominada" por el ser humano para calentar y cocinar, pero también se conoce por los importantes daños causados en casa, edificios y ciudades."*; el fuego desde su aparición aportó un sinnúmero de bondades, pero cuando el humano ha perdido el control de este fenómeno, se han ocasionado catástrofes tan grandes, que han marcado la historia.

El **fuego** es una reacción química de oxidación - reducción fuertemente exotérmica, siendo los reactivos el oxidante y el reductor. En otros términos, el reductor se denomina combustible y el oxidante comburente; las reacciones entre ambos se denominan combustiones. Si bien existen varios comburentes el más común y que la naturaleza brinda en proporciones adecuadas es el Oxígeno.

Los elementos necesario para que exista "fuego" deben ser siempre tres: combustible, comburente y calor. Si uno de estos tres elementos no se encuentra presente no habrá fuego.

El combustible (carbón, gasolina, madera, etc...): En su estado normal, sólido o líquido, no arde; para que ardan necesitan convertirse antes en gas.

El calor: Proporciona la temperatura necesaria para convertir el combustible en gas. No todos los combustibles se convierten en gas (gasifican o volatilizan) a la misma temperatura; así, la gasolina se volatiliza antes que la madera o el carbón.

¹PreventionWorld, La formación en la lucha contra incendios en las empresas, edición 12, 19/07/2006

El comburente: Se convierte en el elemento necesario para provocar la ignición y comenzar a arder. El principal comburente que existe en la naturaleza es el Oxígeno; existen otros, tales como el ácido perclórico, el ozono, el peróxido de hidrógeno, etc. Los combustibles que presentan un alto número de átomos de oxígeno en su molécula no necesitan comburente para arder (peróxidos orgánicos).

La fuente de ignición: Cualquier elemento que desencadene el fuego. Es la energía necesaria para iniciar la reacción. Energía de activación. Las fuentes de ignición que proporcionan esta energía pueden ser: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, estufas, reacciones químicas, chispas, etc.

Se acostumbra visualizar la relación de los cuatro elementos como una pirámide donde cada elemento representa un lado que se unen en una relación simbiótica o mutuamente beneficiosa. A esto se le conoce como el **Tetraedro del Fuego**.

Si uno de estos elementos no existe o se elimina, no hay incendio o se extingue el mismo. Este principio se utiliza para la extinción de incendios



Para que el fuego se inicie tienen que coexistir tres factores: combustible, comburente y foco de ignición que conforman el conocido "triángulo del fuego"; y para que progrese, la energía desprendida en el proceso tiene que ser suficiente para que se produzca la reacción en cadena. Estos cuatro factores forman lo que se denomina el "tetraedro del fuego".

Mientras exista energía suficiente, combustible y oxígeno en las proporciones necesarias, el fuego continuará, solamente se extinguirá cuando se consuma uno de los tres componentes, sus parámetros estén fuera de los valores necesarios o intencionalmente se elimine uno de ellos.

La reacción de combustión, es una reacción fuertemente exotérmica. De la energía desprendida, parte es disipada en el ambiente produciendo los efectos térmicos del fuego y parte calienta a más reactivos. Cuando esta energía es igual o superior a la necesaria, el proceso continúa mientras existan reactivos. Se dice entonces que hay reacción en cadena.

De acuerdo con la velocidad a la que ocurre el proceso, los fuegos pueden ser:

De Combustión Lenta. Caracterizada por la poca producción de calor. Propiamente se trata de una oxidación. Se dan en lugares con escasez de aire, combustibles muy compactos o cuando la generación de humos enrarece la atmósfera, como ocurre en sótanos y habitaciones cerradas. Son muy peligrosas, ya que en el caso de que entre aire fresco puede generarse una súbita aceleración del incendio, e incluso una explosión.

De Combustión Rápida. Es la que se presenta acompañada de luz, y con gran generación de calor; es decir fuego (llamas).

De Combustión Instantánea. Como su nombre lo indica se realiza en fracciones de segundo, generando un intenso calor y desplazando gran cantidad de gases a alta presión.

TIPOS DE REACCIÓN EN CADENA	
VELOCIDAD	REACCIÓN
Muy lenta	Oxidación
Lenta	Combustión
Rápida	Deflagración
Instantánea	Explosión

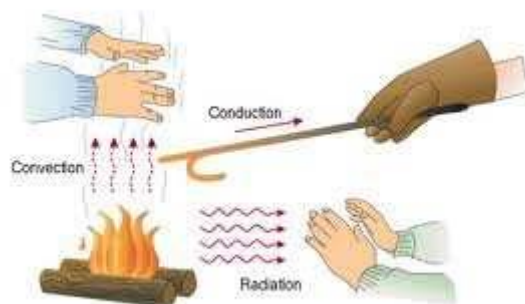
Si la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido se denomina **Detonación**. Si la velocidad de propagación es inferior a la velocidad del sonido se denomina **Deflagración**.

Cabe clasificar los materiales con respecto al fuego:

Materiales combustibles: Son aquellos que tienen su punto de desprendimiento de vapores por encima de los 93 °C, tales como madera, papel, textiles, etc.

Materiales inflamables: Son aquellos que por debajo de 93°C comienzan a desprender vapores que en contacto con una fuente de energía (calor) arderán fácilmente, tal es el caso de la gasolina.

La **propagación del fuego** se da de tres formas: Conducción, Convección y Radiación.



Por conducción: Se produce cuando un objeto está en contacto directo con otro. Pasando el calor del objeto más caliente hacia el más frío.

Por radiación: El calor del fuego se siente a cierta distancia, debido a que se transmite por medio de ondas calóricas invisibles. Por lo tanto, no es necesario que un objeto toque el fuego para que entre en combustión, el calor puede transmitirse de un objeto en llamas a otro sin que estén en contacto.

Por convección: En los fluidos (Aire, agua, etc.) las ondas de calor se transmiten hacia arriba, el aire caliente sube y en los espejos de agua las capas superiores tienen mayor temperatura que las inferiores.

Combustibles - Temperatura de Inflamación

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos pero ninguno de ellos podrá llegar a arder si no ha rebasado la Temperatura de Inflamación, llamado también "Punto de ebullición" que es aquella en la que un combustible sólido o líquido llega a desprender vapores, que inflamarán en presencia de una llama o chispa.

Combustibles Sólidos



Cuando existe combustión en un combustible sólido, el elemento que está formando parte de la reacción no es en sí el material sólido sino los gases combustibles que este genera a determinada temperatura. Su grado de fragmentación es fundamental ya que a mayor división se precisa de menor energía (en intensidad y duración) para iniciar la combustión. El calor recibido por un cuerpo sólido aumenta su temperatura en las capas exteriores y por contacto entre sus partículas se transmite hacia el centro del mismo. Parte del calor recibido se pierde al ser transferido al interior. Cuanto mayor sea el volumen del cuerpo más tiempo tardará en unificar la temperatura de todo el volumen. Esta es la razón por la cual es mucho más sencillo comenzar el fuego con una astilla que con el tronco de un árbol. Ej. Carbón mineral (Antracita, carbón de coque, etc.), madera, plástico, textiles, etc.

La madera y el papel necesitan alrededor de 200°C para desprender vapores; para cada tipo de material sólido existe una Temperatura de Inflamación.

Combustibles Líquidos



En el caso de los combustibles líquidos será necesario que el calor supere la temperatura de inflamación para que se produzcan gases inflamables en la superficie. El caso de la nafta esta temperatura es de -40°C y el Gasoil libera gases combustibles a partir de los 45°C . Ej. Productos de destilación del petróleo (gasolina, gas-oil, fuel-oil, aceites, etc.), alcoholes, disolventes, etc.

Combustibles Gaseosos



Dado que se encuentran en el estado gaseoso no es necesario que estén expuestos a determinada temperatura, en estos casos el factor que entra en juego para que exista fuego es la relación combustible-aire. Ej. Gas natural, gas ciudad, metano, propano, butano, etileno, hidrógeno, etc.

Temperatura de Auto-Ignición

Es la menor temperatura a la cual un gas inflamable, o una mezcla de vapor y aire, se enciende debido a que ha llegado a una temperatura en la que no son necesarios chispa o llama para provocar fuego.

Como ejemplo en el caso de las naftas es de 220°C y del Gasoil 225°C . Cuanto más baja sea la Temperatura de Inflamación de un combustible, tanto más peligroso resultará el manipularlo.

Para determinar el grado de peligrosidad de un combustible respecto a su posible ignición, se definen varios parámetros, los cuales deben ser tomados en cuenta al momento de evaluar el riesgo de incendio:

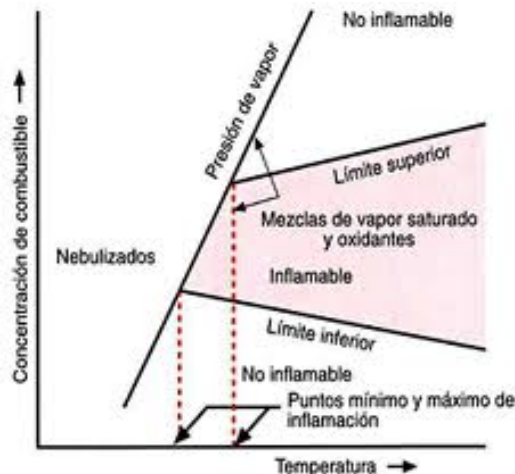
Punto de Inflamación (flash point °C) se define como la mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg, a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, desprende suficiente vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor-aire mediante aporte a la misma de una energía de activación externa.

Punto de autoencendido (autoignitionpoint °C) se define como la mínima temperatura, en °C a 760 mm de Hg, a la que una sustancia sólida, líquida o gaseosa en contacto con el aire arde espontáneamente sin la necesidad de ningún aporte energético externo a mezcla.

Límite superior de inflamabilidad (LSI) corresponde a la máxima concentración de vapores de combustible, en mezcla con un comburente, por encima del cual no se produce la combustión. Se expresa en % de volumen de mezcla combustible-aire.

Límite inferior de inflamabilidad (LII) corresponde a la mínima concentración de vapores de combustible, en mezcla de un comburente, por debajo del cual no se produce combustión. Se expresa en % en volumen de mezcla combustible-aire.

Entre ambos límites, en las concentraciones intermedias, las mezclas son inflamables, por debajo del LII, la mezcla será deficiente de combustible para arder, y por encima del LSI, la mezcla sería demasiado pobre en comburente.



A estos puntos y límites, se debe incluir otras variables, tales como la humedad presente en los combustibles sólidos, la superficie del combustible en relación con su volumen, y la presencia del principal comburente, el oxígeno, el cual en condiciones normales está presente en la atmósfera en un 21%, concentración suficiente para contribuir en la generación del fuego, cuando la concentración es mayor a 21%, el riesgo de incendio es mayor, cuando la concentración de oxígeno es menor de 15%, la atmósfera es pobre de oxígeno, generando dificultad para que arda el combustible, por esta razón los líquidos tiene dificultades para arder².

Al iniciarse la reacción en cadena, se genera como **Producto del fuego**:

Llamas: fenómeno propio de la combustión, corresponde a gas incandescente, cuya temperatura depende del tipo de combustible. Su temperatura oscila entre 1600°C y 2000°C.

Calor: es la consecuencia de la reacción exotérmica que se produce en la combustión. Su temperatura depende del poder calorífico de cada uno de los combustibles; es decir por la cantidad de calor desprendido por unidad de masa de cada material combustible. La elevación de la temperatura ocasiona daños en

² Rubio Romero, Juan Carlos; Manual para la formación del nivel superior en prevención de riesgos laborales; Ediciones Díaz de Santos, 2005

las personas y en las estructuras de las edificaciones, debilitando los materiales con que fueron construidos.

Humo: Aparece por una combustión incompleta; está formado por partículas sólidas y líquidas en suspensión en el aire, y los gases procedentes de la combustión misma. Los humos junto a los gases, suponen ser la causa directa del 80% de muertes acaecidas en un incendio, como consecuencia de la inhalación directa.

Los gases desprendidos de la combustión, pueden ser asfixiantes, irritantes y venenosos. El gas generado en el proceso de combustión lenta es el monóxido de carbono, el cual al ser inhalado produce pérdida de conciencia y envenenamiento respiratorio, produciendo la muerte de quien lo ha inhalado.

Su color depende de los materiales que estén quemándose:

- Color blanco o gris pálido: indica que arde libremente.
- Negro o gris oscuro: indica normalmente fuego caliente y falta de oxígeno.
- Amarillo, rojo o violeta: generalmente indica la presencia de gases tóxicos.

Qué es un incendio?

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse³.

Siendo así, un incendio es un fuego que no ha podido ser controlado por el hombre y que combustiona materiales y bienes productivos, dejando a su paso destrucción y en muchos de los casos pérdidas humanas.

1.4.2. CAUSAS QUE ORIGINAN UN INCENDIO INDUSTRIAL

Las causas que originan un incendio industrial se dividen en⁴:

³Guerrero Sánchez, Gonzalo; Incendios y explosiones, Editorial Tebar, 2da Edición, 2008

Eléctricas: como cortocircuitos debido a cables gastados, enchufes rotos, etc.; líneas recargadas, que se recalientan por excesivos aparatos eléctricos conectados y/o por gran cantidad de derivaciones en las líneas, sin tomar en cuenta la capacidad eléctrica instalada y/o el mantenimiento de los equipos eléctricos.

Uso de cigarrillos y fósforos: La imprudencia de algunos trabajadores y el no respeto a la normativa y las políticas internas de los lugares de trabajo de no fumar ha sido causa de gran cantidad de incendios. Es importante tener una buena señalización para no dar por sobreentendido esta regla de seguridad.

Líquidos inflamables/combustibles: El manejo inadecuado y el desconocimiento de algunas propiedades importantes de ellos, son causa de muchos incendios. Cada producto inflamable tiene sus propias condiciones para tener un poder explosivo; por tal se debe almacenar bajo normativa. Así por ejemplo, la gasolina y los solventes ligeros, tienden a vaporizar a cualquier temperatura, tendiendo sus vapores a inflamarse fácilmente; igual comportamiento tienen otros líquidos como insecticidas, diluyentes, etc.

La falta de orden y aseo, también es causa de incendios, por la de desperdicios industriales, y la colocación de los trapos de limpieza impregnados con aceites, hidrocarburos, ó grasas, en cualquier parte.

La Fricción de las partes móviles de las maquinas, producen calor por fricción ó roce. Cuando no se controla la lubricación, el calor generado llega a producir incendios. Como ejemplo: el calor generado por cojinetes, correas y herramientas de fuerza para esmerilado, perforación, lijado, así como las partes de las máquinas fuera de alineamiento.

Las chispas mecánicas que se producen cuando se golpean materiales ferrosos

⁴ Foro de Seguridad; Las principales causas de incendios; Obtenido en línea el 10 de octubre de 2012; Disponible en http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev_3023.htm.

con otros materiales, son partículas muy pequeñas de metal que se calientan hasta la incandescencia debido al impacto y la fricción. Estas chispas generalmente, llevan suficiente calor para iniciar un incendio.

Las superficies calientes de los tubos de vapor y de agua a alta temperatura, tubos de humo, hornos, calderas, procesos en calor, etc., son causa común de incendios industriales. La temperatura a la cual una superficie puede convertirse en fuente de ignición, varía según la naturaleza de los productos combustibles.

Las llamas abiertas son fuente constante de ignición, y una amenaza para la seguridad de la industria. Esta causa de incendios se asocia principalmente con los equipos industriales que producen calor, y los quemadores portátiles, siendo especialmente peligrosos éstos últimos, porque se llevan de un lugar a otro y no tienen posición fija.

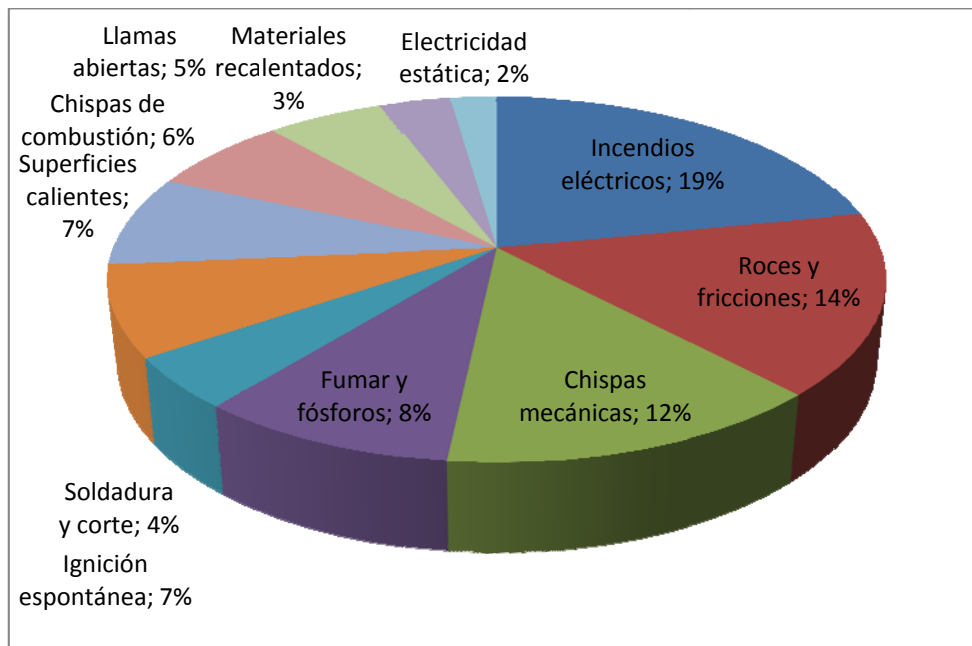
Las chispas de combustión y rescoldos que provienen de fuegos de residuos , incinerados, hornos de fundición, y chimeneas que escapen al aire libre, desprenden pequeñas partículas incandescentes que pueden incendiar la hierba seca, acumulaciones de basura, cobertizos o depósitos de materiales en los patios, techos combustibles ó sus estructuras.

Corte y soldadura El 90% de los incendios causados por corte y soldadura, provienen de las partículas ó escorias de materiales derretidos, y no de los arcos eléctricos o llamas abiertas durante un proceso de soldadura. Estas partículas derretidas ó escorias, frecuentemente caen sin ser notados en grietas, huecos, juntas, hendiduras, pasos de tuberías, y entre los pisos y divisiones, iniciando incendios fuera de la vista de las personas. Por lo general, el incendio comienza horas después de que la gente se ha retirado.

Electricidad estática, en la industria existen muchos procesos que generan mucha electricidad estática. Cuando no existen conexiones a tierra, y la humedad relativa del aire es baja, (inferior a 40%), ésta se descarga en forma de chispas, que al contacto con vapores ó gases inflamables, u otros materiales combustibles,

generan un incendio, ó una explosión. El trasiego de un líquido inflamable a recipientes que no tienen conexión a tierra, es sumamente peligroso, puesto que en cualquier momento se puede generar un incendio ó explosión.

De acuerdo a lo investigado, un 90% aproximadamente de todos los incendios industriales son causados por 11 fuentes de ignición⁵:



De donde, se puede concluir que la causa más importante que genera incendios en una industria, es la electricidad y los roces y fricciones, puntos estratégicos a ser valorados en los planes de mantenimiento de toda empresa. Sin restar importancia a las otras causas.

1.4.3. EXTINCION DEL FUEGO

El fuego al ser producto de una combinación de cuatro elementos (tetraedro del fuego), su forma de extinción se basa en la eliminación de uno de los cuatro elementos, así se puede extinguir el fuego por:

⁵ ISTAS (2009); Incendio y Explosión; Obtenido el 12 de octubre de 2012: Disponible en línea en http://www.istas.ccoo.es/descargas/gverde/INCENDIO_EXPLOSION.pdf

Enfriamiento: actúa sobre la energía de activación (calor), se trata de absorber parte del calor generado en la reacción, para que los materiales no alcancen el punto de inflamación. El principal agente refrigerante es el agua.



Sofocación: afecta al comburente, es decir el oxígeno principalmente; consiste en evitar que el oxígeno alcance el lugar en donde se está dando la reacción química. Para tal efecto se puede utilizar una manta húmeda, arena, espuma, etc., o inyectar otro gas inerte para desplazar al oxígeno como el CO_2 , o mezclas de gases nobles como argón o gases halogenados, aunque hoy por hoy, su uso está prohibido por el deterioro que causan a la capa de ozono.



Dilución: afecta al combustible, consiste en separar o retirar el combustible existente para evitar que continúe la reacción química en materiales contiguos. A esta técnica se la conoce como la Técnica del corta fuegos. Esta técnica se la realiza bien sea cortando el suministro de gas inflamable, apartando las papeleras de las estufas, organizando los lugares de almacenaje de tal forma que queden pasillos vacíos que separen las diferentes filas de materiales.



Inhibición: Afecta a la reacción en cadena. Impide la reacción química de combustión a través de sustancias que capturan los iones generados en la

reacción y los convierten en compuestos estables al fuego. El bicarbonato potásico es uno de los compuestos más efectivos junto con los hidrocarburos halogenados, aunque estos últimos ya no se utilizan.

Para la extinción del fuego se pueden combinar varios procedimientos, no siendo excluyentes. Así por ejemplo, al utilizar agua se produce enfriamiento y sofocación.

1.4.4. PREVENCIÓN DE INCENDIOS

La protección contra incendios se entiende como aquellas condiciones de construcción, instalación y equipamiento con el objeto de garantizar las siguientes situaciones:

- Evitar la iniciación de incendios.
- Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
- Asegurar la evacuación de las personas.
- Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.
- Proveer las instalaciones de detección y extinción del fuego.

Por tal es menester diseñar un sistema de prevención que permita alcanzar los objetivos antes mencionados. En otras palabras, para prevenir a una industria del riesgo de incendio, se deben adoptar medidas **activas** y **pasivas** de prevención.

1.4.4.1. Medidas Pasivas

Las medidas de prevención pasivas corresponden al conjunto de medidas tomadas durante la construcción del edificio o nave industrial; es decir tiene estrecha relación con los materiales utilizados en la construcción, así como el diseño de la misma, para prevenir para evitar o minimizar pérdidas, tanto humanas como materiales en caso de un incendio.

El fin de las medidas pasivas se resumen en:

- Prevenir el comienzo del incendio
- Evitar su propagación

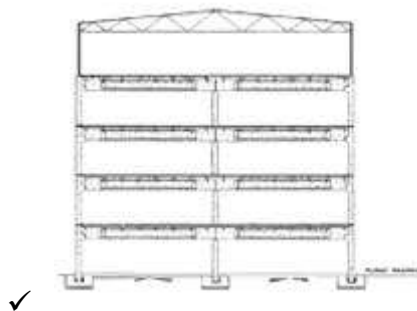
- Favorecer su extinción

Los objetivos de las medidas pasivas son:

- Asegurar la estabilidad del edificio
- Compartimentar y sectorizar adecuadamente para impedir la propagación del fuego
- Asegurar la evacuación de las personas
- Reducir los efectos del fuego
- Facilitar los trabajos de extinción

Los factores a tomar en cuenta al momento de utilizar medidas pasivas de prevención de incendios, se dividen en condiciones urbanísticas; condiciones arquitectónicas y condiciones de acabado.

- ✓ **Condiciones urbanísticas o de entorno:** tiene que ver con aspectos como ubicación del edificio, tipo de suelo, disponibilidad de agua, vegetación presente, edificios u otros elementos colindantes.
- ✓ **Condiciones arquitectónicas:** son los aspectos de tipología del edificio, volúmenes, accesibilidad a fachadas, cerramientos, sectorización del edificio, compartimentación, ventilación, evacuación, instalaciones de servicio y especiales. En cuanto a la sectorización, ésta corresponde a la definición de zonas de riesgo compartimentadas, es decir, la compartimentación debe asegurar que un incendio declarado en su interior no se transmitirá, en un tiempo preestablecido, a los sectores vecinos, esto se prevé en la fase de diseño de la edificación.



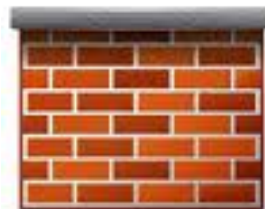
La compartimentación puede ser horizontal o vertical. **La compartimentación horizontal** tiene como finalidad dificultar la propagación horizontal del fuego y humos. Los elementos de protección actúan limitando la transmisión de calor e impidiendo derrames de líquidos combustibles.

La sectorización se consigue mediante:

Separación por distancia: medida utilizada para reducir la conducción y radiación de calor de unos combustibles a otros, o entre edificios. Su desventaja radica en la necesidad de contar con el espacio suficiente para poder realizar la separación, que en muchos casos es imposible. Es una solución aplicable en la fase de diseño de la planta.



Muros o paredes cortafuegos: Son muros de carga, de cerramiento o de separación contruidos con materiales incombustibles, que dividen al edificio en zonas aisladas entre sí, definiendo sectores de incendio. Su resistencia al fuego debe ser acorde con las necesidades. Se clasifican y nombran RF-30, RF-60, RF-90, RF-120, RF-180, RF-240 y su grado de resistencia debe estar en relación al riesgo que debe confinar. Sus aberturas serán las mínimas posibles, y estarán protegidas con puertas y ventanas adecuadas contra incendios, con una RF de un grado igual al del muro.

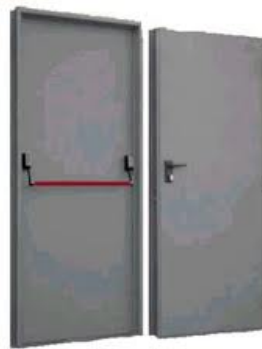


Diques o cubetos: Tienen la misión de contener el líquido inflamable derramado en una rotura o fuga de un depósito, impidiendo su esparcimiento. Determina pues

un sector de incendio, que coincide con sus dimensiones, siempre que esté separado por la distancia de seguridad mínima. Su uso eficaz se extiende a todo el campo de almacenamiento de líquidos inflamables (petroquímicas). Su capacidad, en caso de un solo depósito, debe ser la misma que la del depósito. En caso de agrupaciones de depósitos se aplican coeficientes reductores. En Ecuador la norma aplicable es la NTE-INEN 2266.



Puertas corta fuego: Su finalidad es proteger las aberturas que sea necesario practicar en los muros cortafuegos. El material y el tipo de construcción de la puerta determinan una resistencia al fuego concreta. Su resistencia al fuego oscila entre RF-30 y RF-180, resistencias superiores son difíciles de conseguir.

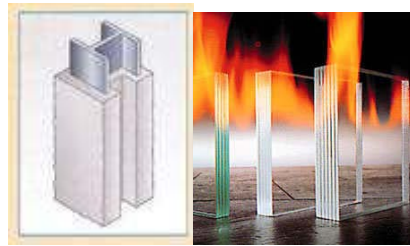


- ✓ **Condiciones de acabado o interiorismo:** se refiere al tipo de pinturas, revestimientos, mobiliarios, maquinaria, instalaciones, distribución utilizados en la construcción. Este condicionante tiene gran influencia en el origen y propagación del fuego.

Así para España, si la instalación es de tipo industrial tendrá que cumplir con los **requisitos marcados en el RD 2267/2004**, si la instalación es de otro tipo se adaptará a lo marcado **por el RD 314/2006**, donde se incluye el Documento

Básico de Seguridad en Caso de Incendio. Para el caso de Ecuador, se deberá cumplir el Reglamento de Prevención, Mitigación y protección contra el fuego, así como las normas INEN para la construcción.

Al referirse las medidas de prevención pasivas básicamente con la construcción y diseño de la edificación, es importante conocer la clasificación de los materiales en función a su **resistencia frente al fuego**:



- **M0**: Material no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente.
- **M1**: Material combustible pero no inflamable, por lo que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior.
- **M2**: Material con grado de inflamabilidad moderada.
- **M3**: Material con grado de inflamabilidad media.
- **M4**: Material con grado de inflamabilidad alta.

Mediante ensayos, se determina cuanto tiempo resiste un elemento, manteniendo sus características y funciones constructivas para el que fue diseñado. Entre las características a evaluarse están:

Capacidad portante R es la capacidad del elemento a soportar, durante un período de tiempo y sin pérdida estructural, la exposición al fuego de una o más caras bajo acciones mecánicas definidas.

Integridad E es la capacidad que tiene el elemento constructivo con función separadora de soportar la exposición a una sola cara, sin que exista transmisión del fuego a la cara opuesta no expuesta, debido al paso de llamas o de gases calientes que puedan producir la ignición de la superficie no expuesta i de cualquier material adyacente a esa superficie.

Aislamiento I Es la capacidad del elemento constructivo de soportar la exposición al fuego de un solo lado, sin que se produzca la transmisión del incendio debido a una transferencia de calor significativa desde el lado expuesto al no expuesto.



La **radiación**, los **aspectos mecánicos**, la **aptitud de cierre automático** y la **estanquidad ante el humo**, son características que también pueden valorarse.

Los elementos constructivos se clasifican en función de su resistencia al fuego, distinguiéndose los tipos: **RF-30, RF-60, RF-90, RF-120, RF-180 Y RF-240**, donde RF significa: “resistencia al fuego” y el número indica los minutos de duración de su resistencia. Así por ejemplo RF-120 significa que el elemento o estructura resiste al fuego durante 120 minutos cuando sometido a las condiciones de la curva de fuego (curva tiempo temperatura), no disminuye su resistencia característica.

✓ **Protección contra descargas atmosféricas:** Los incendios causados por rayos y descargas eléctricas representan un serio peligro a la vida y propiedad que a menudo pasan desapercibidos por los dueños de viviendas y negocios, indicó el Insurance Information Institute (I.I.I.). La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association -NFPA) la cual celebró la Semana de Prevención de Incendios entre el 3 y el 9 de octubre de 2010.

Muchas de estas pérdidas son prevenibles usando sistemas de protección apropiados para las edificaciones, tales como pararrayos, y protectores de los altibajos eléctricos, para mitigar los efectos de rayos y descargas eléctricas,” dijo Elianne E. González, portavoz del I.I.I.

Un análisis realizado por el I.I.I. de los datos disponibles de los reclamos de los propietarios de viviendas mostró que en 2009, 185.789 reclamos de seguros se debieron a tormentas eléctricas, con un costo de \$798 millones y con un promedio por reclamo de \$4.296. La enorme energía de un rayo, la descarga eléctrica y el calor que éste dispersa pueden inducir altibajos eléctricos por todo los circuitos de la casa, perforar tuberías de acero, hacer explotar paredes de ladrillo y techos de tejas de arcilla, e incendiar casas y negocios⁶.

Los sistemas profesionales de protección contra los rayos instalados por personal calificado son la mejor forma de reducir la probabilidad de un incendio causado por un rayo o descarga eléctrica. Estos sistemas proveen de una serie de dispositivos que presentan resistencia pasiva y redirigen de forma segura la energía peligrosa de un rayo hacia tierra, donde no dañe ni estructuras ni personas.

Es así que un **pararrayo** no es más que un dispositivo que, colocado en lo alto de un edificio, dirige al rayo a través de un cable hasta la tierra para que no cause desperfectos. Benjamin Franklin a mediados del siglo XVIII, aprovechó la capacidad que tienen los objetos puntiagudos de atraer la carga electrostática de las nubes, es así que basándose en este principio diseñó el primer pararrayos.

Debido a la forma y características del pararrayos (efecto punta), la densidad de carga en la punta del pararrayos es tal que ioniza el aire que lo rodea, de modo que las partículas de aire cargadas positivamente son repelidas por el pararrayos y atraídas por la nube, realizando así un doble objetivo:

- por un parte, se produce una **compensación del potencial eléctrico** al ser atraídos esos iones del aire por parte de la nube, neutralizando en parte la carga. De esta forma se reduce el potencial nube-tierra hasta valores inferiores a los 10000 V que marcan el límite entre el comportamiento dieléctrico y el conductor del aire, y por tanto **previenen la formación del rayo**.

⁶ Considere los sistemas de protección de pararrayos(2010), Belt Ibérica S.A. Obtenido el 19 de febrero de 2012. Disponible en http://www.belt.es/noticiasmdb/home2_noticias.asp?id=10577

- por otra, **conducen al rayo a tierra** ofreciéndole un camino de menor resistencia. Este camino lo formarán el pararrayos, el conductor de descarga y las tomas de tierra.

Un fenómeno que se debe tener en cuenta es el de "**disipación natural**", que es producida por los arboles, vallas, rocas y demás objetos de forma puntiaguda, ya sean natural o artificiales, sometidos al campo eléctrico de la nube de tormenta, que irán produciendo esa compensación de potencial de forma natural, produciendo la neutralización de la carga de la nube, o al menor, reduciéndola significativamente, con lo que se disminuye el riesgo al llegar la nube sobre zonas habitadas o peligrosas.

Tipos de pararrayos

Sea cual sea la forma ó tecnología utilizada, todos los rayos tienen la misma finalidad: ofrecer al rayo un camino hacia tierra de menor resistencia que si atravesara la estructura del edificio.

Existen dos tipos fundamentales de pararrayos:

Pararrayos de puntas

Formada por una varilla de 3 a 5 m de largo, de acero galvanizado de 50 mm de diámetro con la punta recubierta de wolframio (para soportar el calor producido en el impacto con el rayo). Si además se desea prevenir la formación del rayo, pueden llevar distintas dispositivos de ionización del aire.

- **De tipo Flanklin:** se basan en el "*efecto punta*". Es el típico pararrayos formado por una varilla metálica acabada en una o varias puntas.

La zona protegida por un pararrayos clásico de Flanklin tiene forma cónica.

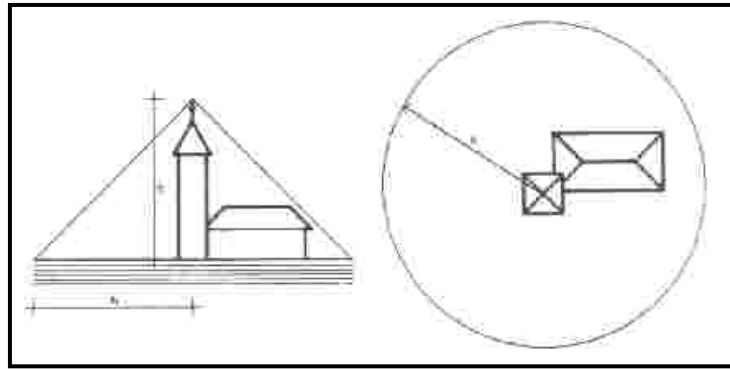


Fig. Zona protegida por un pararrayos clásico.

En este tipo de pararrayos, el efecto de compensación de potencial es muy reducido, por lo que en zonas con alto riesgo suelen usarse otro tipo de pararrayos.

- **De tipo radiactivo:** consiste en una barra metálica en cuyo extremo se tiene una caja que contiene una pequeña cantidad de isótopo radiactivo, cuya finalidad es la de ionizar el aire a su alrededor mediante la liberación de partículas alfa.

Este aire ionizado favorece generación del canal del rayo hasta tierra, obteniendo un área protegida de forma esférico-cilíndrica.

El Real Decreto 1428/86 del Ministerio de Industria y Energía prohíbe expresamente el uso de este tipo de pararrayos.

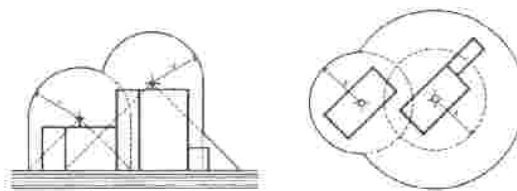


Fig. Zona protegida por un pararrayos radiactivo

- **Tipo ión-corona solar:** este tipo de pararrayos incorpora un dispositivo eléctrico de generación de iones de forma permanente, constituyendo la mejor alternativa a los pararrayos atómicos. La energía necesaria para su funcionamiento suele proceder de fotocélulas.

- **De tipo piezoeléctrico:** se basa en la capacidad de los materiales piezoeléctricos, de producir carga eléctrica a partir de los cambios en su estructura debido a presiones externas (tales como las producidas por el viento durante un vendaval).

Para mejorar el comportamiento de los pararrayos de punta, puede usarse la técnica denominada "**matriz de dispersión**", que consiste en un conjunto de puntas simples o ionizadoras cuya misión es la de ofrecer multitud de puntos de descarga entre tierra y nube, así modo la repartir esa descarga de neutralización en una región mayor de modo que se reduce la aparición de puntos con distintos potenciales que favorezcan la aparición del rayo.

Pararrayos reticulares o de jaula de Faraday

Consisten en recubrir la estructura del edificio mediante una malla metálica conectada a tierra.

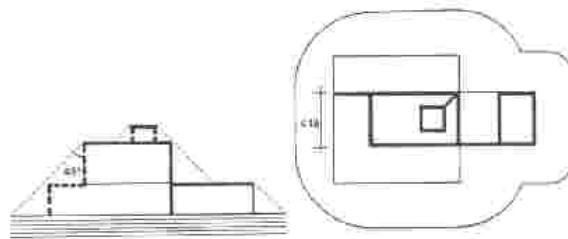


Fig. Zona protegida mediante pararrayos reticular.

Hay que hacer notar que los edificios modernos con estructura metálica, cumplen una función similar a las jaulas de Faraday, por lo que la probabilidad de que un rayo entre en uno de estos edificios es extremadamente pequeña.

Recientemente se ha aceptado la clasificación de dos tipos de sistemas de protección:

SISTEMAS PASIVOS. Los sistemas pasivos son aquellos en los que por su sola ubicación con relación al suelo y a la fuente de carga electrostática atmosférica provocan una ionización en una punta y atraen cargas de signo opuesto, se

instalan para recibir descargas eléctricas atmosféricas, dentro de esta clasificación entran puntas de descarga convencionales, puntas de “punta múltiple”, puntas con toroides, puntas elevadas macizas, hilos de guarda y otros medios semejantes.

SISTEMAS ACTIVOS. Los sistemas activos son aquellos que generan carga eléctrica y continuamente están “bombardeando” a la atmósfera con iones, los cuales se pretende que repelan o neutralicen a las cargas electrostáticas atmosféricas, esto en teoría provoca la cancelación de descargas o minimización de la energía descargada, durante algún tiempo se construyeron puntas con núcleo radioactivo como fuente iónica pero por el riesgo que entraña su mantenimiento y potencial efecto contaminador actualmente están prohibidos, recientemente se desarrollaron elementos con partes piezoeléctricas que por la sola agitación de corrientes de aire crean presiones internas que bastan para generar potenciales eléctricos, aunado a este efecto generador se aprovechó el principio del venturi para crear corrientes ascendentes de aire, con lo cual se ha logrado un efectivo “bombardeo iónico” a la atmósfera, dentro de esta clasificación se encuentran prácticamente todas las puntas de protección europeas.

El sistema de pararrayos está reglamentado en la norma NFPA 780 Standard For The Installation Of Lightning Protection Systems 1997 Edition.

1.4.4.2. Medidas Activas

Es aquella integrada por equipos y dispositivos capaces de detectar el fuego, dar la alarma y en algunos casos extinguir el incendio.

Las medidas de activas contra el fuego se encuentran formadas por los siguientes sistemas:

- Los sistemas de detección.
- Los sistemas de alarma.
- La señalización de emergencias.

- Los sistemas de extinción.

1.4.4.2.1. Los sistemas de detección

Las instalaciones fijas de detección de incendios permiten la detección y localización automática del incendio, así como la puesta en marcha automática de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

En general, la rapidez de detección es superior a la detección humana, pudiendo vigilar permanentemente zonas inaccesibles a ésta, si bien cabe la posibilidad de producirse detecciones erróneas.

Normalmente, consta de una central, la cual debe estar supervisada por un vigilante en un puesto de control, aunque puede programarse para actuar automáticamente si no existe esta vigilancia o si el vigilante no actúa correctamente según el plan preestablecido.

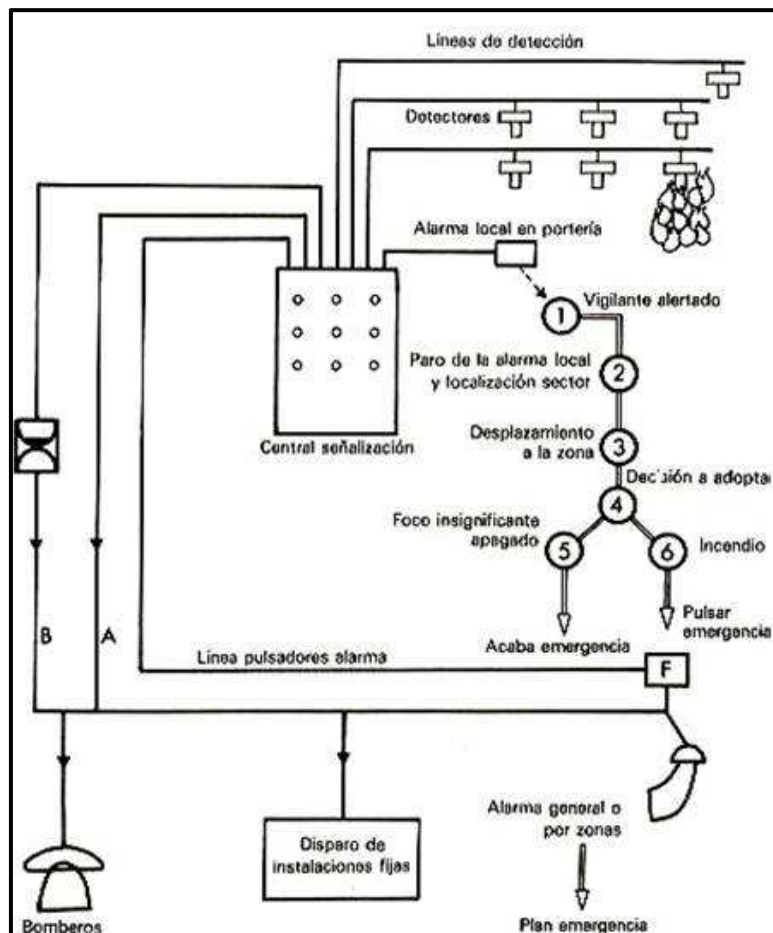


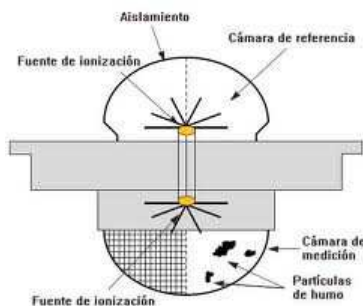
Gráfico No 1. Esquema de funcionamiento de Alarma centralizada

En la figura anterior, se aprecia un esquema genérico de una instalación automática de detección y de una posible secuencia funcional para la misma. Sus componentes principales son:

- Detectores automáticos.
- Pulsadores manuales.
- Central de señalización y mando a distancia.
- Líneas.
- Aparatos auxiliares: alarma general, teléfono directo a bomberos, accionamiento sistemas extinción, etc.

Los **detectores** son aparatos creados para detectar el fuego mediante alguno de los fenómenos que le acompañan: gases, humos, temperaturas o radiación UV, visible o infrarroja.

Detector de humofotoeléctrico + térmico



Detector de gases de combustión iónico

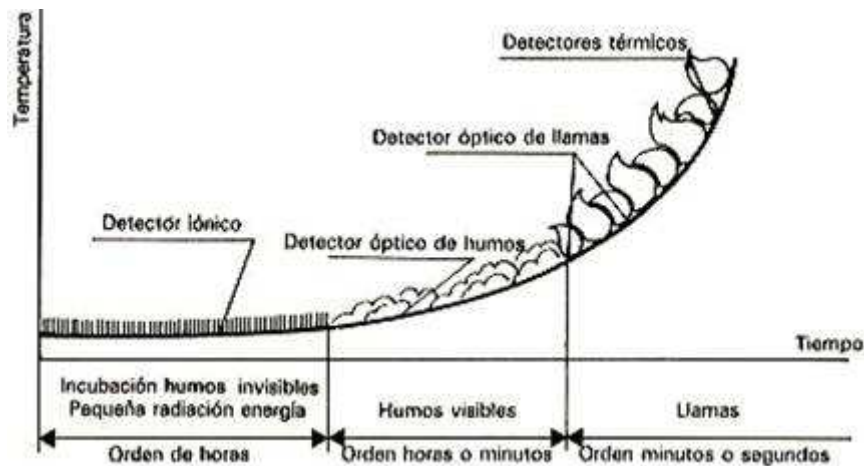


Según el fenómeno que detectan se denominan:

- **Detector de gases de combustión iónico** (humos visibles o invisibles).
- **Detector óptico de humos** (humos visibles).
- **Detector de temperatura:** Fija o máxima temperatura, Termovelocimétrico (que miden la velocidad de aumento de la temperatura, su sensibilidad normalmente se regula a unos 10°C /min), Detector de radiaciones (Ultravioleta e Infrarroja llama)

Los fenómenos detectados aparecen sucesivamente después de iniciado un incendio. La detección proporcionada por un detector de gases o humos es más

rápida que la proporcionada por un detector de temperatura (que precisa que el fuego haya tomado un cierto incremento antes de detectarlo).



La figura anterior esquematiza la fase del incendio en que actúa cada tipo de detector.

En España, según el **RD 1942/1993**, los sistemas automáticos de detección de incendios deben ajustar sus **características y especificaciones a la norma UNE 23700**.⁷

1.4.4.2.2. Los sistemas de alarma

Los instrumentos generalmente utilizados para dar alarma en caso de conato de incendio pueden ser los pulsadores de alarma, instalaciones de alerta y/o megafonía. La diferencia existente entre pulsador e instalación de alarma y megafonía, radica en el sentido del aviso; el pulsador transmite la alarma desde cualquier punto hasta el puesto de control, mientras que las instalaciones de alerta y megafonía alertan desde el punto de control a las personas, quienes deben emprender alguna acción para limitar la propagación del incendio. La megafonía brinda una mayor aplicación, puesto que se puede dar indicaciones más concretas al momento de una evacuación o acción a realizar.

Dentro de los sistemas de alarma, su diseño varía entre manual y automático.

⁷Conectapyme (2010); El fuego y los medios de protección contra incendios; Obtenido en línea el 20 de octubre de 2011; Disponible en <http://www.conectapyme.com/gabinete/emergemap/guia/nivel2apartado4.html>;

Los sistemas manuales están constituidos por un conjunto de pulsadores que permiten ser activados voluntariamente y transmiten una señal a una central de control y señalización que se encuentra permanentemente vigilada; esta central de control debe permitir identificar la zona en la cual se activó la señal. Las fuentes de alimentación del sistema manual de pulsadores deben cumplir sendos requisitos que los sistemas automáticos de detección. La distancia máxima a pulsadores desde cualquier punto de la empresa será de 25 m. El sistema automático, lanza la señal a la central de control sin intervención del hombre, a través de dispositivos colocados en el sistema que se activa a la presencia de humo, gas, llamas o calor.

Las señales transmitidas deben ser audibles en todo caso, es decir mayor a 60 dB (A); el nivel sonoro de la señal y el óptico, en su caso, permitirán que sea percibida en el ámbito de cada sector de incendio donde esté instalada.

El sistema de comunicación de la alarma dispondrá de dos fuentes de alimentación, con las mismas condiciones que las establecidas para los sistemas manuales de alarma, pudiendo ser la fuente secundaria común con la del sistema automático de detección y del sistema manual de alarma o de ambos.

Es importante mantener un correcto mantenimiento del sistema, debiendo realizarse tareas específicas:

Planificación del mantenimiento de los Sistemas de Alarma

Operaciones a realizar por el personal especializado del fabricante o instalador del equipo o sistema o por el personal de la empresa mantenedora autorizada

Sistema	Cada año
SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none">• Verificación integral de la instalación• Limpieza del equipo de centrales y accesorios.• Verificación de uniones roscadas o soldadas.• Limpieza y reglaje de relés.• Regulación de tensiones e intensidades.• Verificación de los equipos de transmisión de alarma.• Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.
SISTEMA MANUAL DE ALARMA DE INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none">• Verificación integral de la instalación.• Limpieza de sus componentes.• Verificación de uniones roscadas o soldadas.• Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.

Operaciones a realizar por el personal de una empresa mantenedora autorizada o por el personal del usuario o titular de la instalación

Sistema	Cada tres meses
SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none">• Comprobación de funcionamiento de las instalaciones (con cada fuente de suministro). Sustitución de pilotos, fusibles, etc., defectuosos.• Mantenimiento de acumuladores. (Limpieza de bornes, reposición de agua destilada, etc.).
SISTEMA MANUAL DE ALARMA DE INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none">• Comprobación de funcionamiento de las instalaciones (con cada fuente de suministro). Sustitución de pilotos, fusibles, etc., defectuosos.• Mantenimiento de acumuladores. (limpieza de bornes, reposición de agua destilada, etc.).

Fuente: EmergeMAP

1.4.4.2.3. La señalización de emergencias

La señalización es un auxiliar importante al momento de hablar de seguridad contra incendios. Se define a la señalización de seguridad y salud a “la que referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda”⁸.

Con relación a las situaciones de emergencia y los equipos de extinción, se establecen los criterios siguientes:

- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.

Las señales asociadas a los equipos de lucha contra incendios y las de salvamento o socorro, tienen las características siguientes:

- **Señales de relativas a los equipos de lucha contra incendios:** Su forma es rectangular o cuadrada, con un pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).

⁸RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo



- **Señales de salvamento o socorro:** Proporcionan indicaciones relativas a las salidas de socorro, a los primeros auxilios o a los dispositivos de salvamento, tienen forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



1.4.4.2.4. Los sistemas de extinción

Existen en el mercado gran variedad de sistemas de extinción de incendios, los cuales se agrupan en:

- Hidrantes.
- Extintores.

- Bocas de Incendio Equipadas (BIE´s).
- Sistemas de columna seca.
- Sistemas de rociadores automáticos de agua.

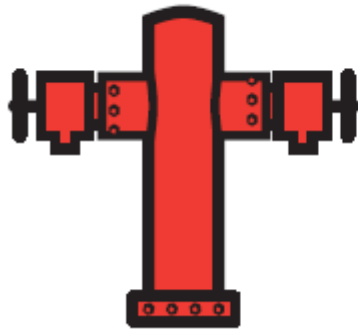
Hidrantes

Son dispositivos hidráulicos que, acoplados a las redes de abastecimiento de agua, permiten la conexión de mangueras por medio de varias tomas o bocas de salida.



Sus componentes son:

- Cabeza: Parte que sobresale al exterior y donde se disponen las bocas de salida.
- Cuerpo de válvula: Parte inferior que se fija a la tubería de suministro de agua.
- Carrete: Pieza que se acopla entre la cabeza y el cuerpo de válvula mediante bridas.
- Válvula principal: Mecanismo que sirve para interrumpir o permitir el paso del agua al cuerpo superior.
- Bocas de salida: Aberturas circulares perforadas en la cabeza del hidrante y equipadas con racores. Pueden ser de 45, 70 o 100 mm



Hidrantes:

- **Tipo 80 mm**
1 salida de 70 mm
2 salida de 45 mm
Caudal 500 litros/minuto-2h
- **Tipo 100 mm**
1 salida de 100 mm
2 salida de 70 mm
Caudal 1.000 litros/minuto-2h

- Fanal: Protección exterior del hidrante contra el vandalismo y la intemperie.
- Otros: Válvulas de drenaje, válvulas individuales por boca, nivel de rotura, llave o volante de accionamiento, etc.

En la legislación ecuatoriana Reglamento de prevención, mitigación y protección contra el fuego, se indica en el Art. 48, que los hidrantes de vía pública se colocaran a una distancia mínima de 200 m, y no deben ser obstruidos bajo ninguna condición, siendo esta infracción sancionada de acuerdo a la Ley de Defensa contra Incendios del Ecuador.

Extintores



Es un aparato autónomo, que puede ser desplazado por una sola persona y que utilizando un mecanismo de impulsión bajo presión de un gas o presión mecánica, lanza un agente extintor hacia la base del fuego, para lograr extinguirlo. Constituyen una línea primaria de defensa para combatir incendios de tamaño limitado. Son necesarios aun cuando la edificación cuente con sistemas fijos de protección.

De acuerdo a la normativa NFPA 10, los extintores deben ser rotulados y listados e igualar o sobrepasar los requisitos de una de las normas sobre pruebas de incendios. Además debe tener claramente marcado la identificación de la organización que concede el rótulo o lista de equipo, la prueba de fuego y la norma de desempeño que el extintor iguala o excede.

De igual forma, su uso se ve supeditado al nivel de riesgo existente⁹, así:

Riesgo Leve (bajo), está presente en lugares donde le total de combustible clase A que incluyen muebles, decoración, y contenidos es de menor cantidad. Estos pueden incluir edificios o cuartos ocupados como oficinas, salones de clase, Iglesias, salones de asambleas, etc. Están incluidas también pequeñas cantidades de inflamables de la clase B utilizados para máquinas copiadoras, departamentos de arte, etc. siempre que se mantengan en envases sellados y estén seguramente almacenados.

Riesgo Ordinario (moderado), presente en lugares donde la cantidad total de combustible clase A e inflamables de clase B están presentes en mayor proporción a la esperada en la de riesgos leves. Ej. comedores, tiendas de mercancía y el almacenamiento correspondiente, manufactura ligera, operaciones de investigación, salones de exhibición de autos, parqueaderos, taller o mantenimiento de áreas de servicio de lugares de riesgo menor.

Riesgo Extra (alto), presente en lugares donde la cantidad total de combustible clase A e inflamables de clase B están presentes, en almacenamiento, producción y/o productos terminados, en cantidades sobre y por encima de aquellos esperados y clasificados como riesgos ordinarios. Ej. Talleres de carpintería, reparación de vehículos, reparación de aeroplanos y buques, salones de exhibición de productos individuales, centros de convenciones, exhibiciones de productos, depósitos y procesos de fabricación como pintura, inmersión, revestimiento, incluyendo manipulación de líquidos inflamables.

⁹NFPA 10 Extintores portátiles contra incendios

De donde se determina el número de extintores a utilizar, en función del riesgo y el área a proteger:

TABLA 2

UBICACION DE EXTINTORES						
Área máxima protegida por extintores m ² y recorrido hasta extintores m						
Riesgo	Ligero		Ordinario		Extra	
Clasificación Extintor	Área protegida (m ²)	Recorrido a extintor (m)	Área protegida (m ²)	Recorrido a extintor	Área protegida (m ²)	Recorrido a extintor
1ª						
2ª	557	16,7	278,7	11,8		
3ª	836	20,4	418	14,46		
4ª	1045	22,7	557	16,7	371,6	13,62
6ª	1045	22,7	836	20,4	557,4	16,7
10ª	1045	22,7	1045	22,7	929	21,56
20ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
30ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
40ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
5B	162	9,15				
10B	452	15,25	162	9,15		
20B			452	15,25	162	9,15
40B					452	15,25

*Referencias tablas NFPA 10

La efectividad del agente extintor presente en el extintor varía dependiendo de la **clase de fuego a extinguir**. Es decir cada extintor extinguirá el fuego para el que fue diseñado. Su correcta selección es factor importante para apagar un incendio inicial.



Fuegos Clase A: son fuegos en materiales combustibles comunes como maderas, tela, papel, caucho, y muchos plásticos.



Fuegos Clase B: son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasa de petróleo, alquitrán, base de aceites de pintura, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.



Fuegos Clase C: Son incendios en sitios donde están presentes equipos eléctricos y energizados y donde la no conductividad eléctrica del medio de extinción es importante (cuando el equipo eléctrico está desenergizado pueden ser usados sin riesgo extintores para clase A o B).



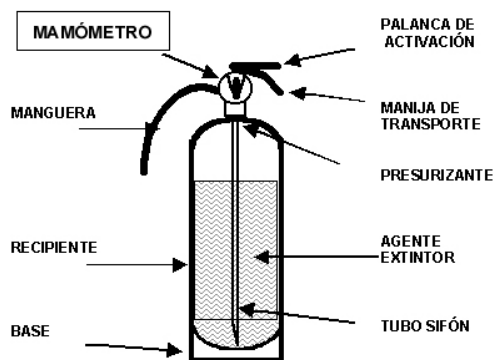
Fuegos Clase D: Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.



Fuego Clase K: Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina; Ej. aceites minerales, animales y grasas.



Usualmente los extintores están compuestos de las siguientes partes:



- **Pasador metálico:** Bloquea el funcionamiento del extintor. Se debe extraer antes de utilizar el mismo.
- **Manguera:** Permite dirigir y proyectar el agente extintor hacia el lugar adecuado.
- **Etiquetado:** Recoge datos relativos al tipo de agente extintor, para que fuegos está indicado y forma de utilización.
- **Palanca de accionamiento:** Es el elemento que hay que presionar para permitir la salida del agente extintor desde su ubicación habitual al fuego.
- **Manómetro:** Indica la presión del gas impulsor.
- **Cuerpo:** Es el recipiente metálico que contiene la sustancia extintora.

De lo anotado anteriormente, existen diferentes tipos de extintores, con diferente contenido que permite apagar incendios en función de su clase, así:





Extintor de Espuma



Extintor de Polvo Químico Seco

Para utilizar un extintor, el personal debe hallarse capacitado, pues al ser la primera defensa contra incendios, debe existir el suficiente criterio para decidir utilizarlo o no.

Los extintores se situarán en la proximidad de puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio, colocados en lugares visibles en las vías de tránsito en sentido de salida. La parte superior del extintor no excederá los 1,53 metros sobre el suelo, y la parte inferior no podrá ser menor a 10 cm; la distancia entre extintores no debe superar los 15 metros.

Como punto importante nunca se colocarán obstáculos que dificulten el acceso a los extintores, y se debe señalar la presencia de los extintores mediante la adecuada señalización.

El mantenimiento es fundamental, así se recomienda:

- Realizar inspecciones periódicas para asegurar que el extintor se encuentra cargado y operable.
- El mantenimiento y recarga debe ser realizado por personas previamente certificadas y autorizadas por el organismo regulador correspondiente; en el caso de Ecuador, el Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción.
- Los extintores deberán llevar una placa y etiqueta de identificación de la empresa, en la que conste: fecha de recarga, fecha de mantenimiento, tipo

de agente extintor, capacidad, procedencia e instrucciones para el uso, estos datos estarán en el idioma nativo de la jurisdicción.

- El extintor deberá someterse a una prueba hidrostática cada seis (6) años; y estarán sujetos a mantenimiento anual, salvo la inspección determine que se lo debe realizar antes.
- Todos los extintores deben ser recargados después de una descarga o si resultado de la inspección se determina que amerita recarga.
- Los extintores cuando estuviese fuera de un gabinete, se suspenderán en soportes o perchas empotradas o adosadas a la mampostería, a una altura de 1,50 metros del nivel del piso hasta la parte superior del extintor; en ningún caso el espacio libre entre la parte inferior del extintor y el piso debe ser inferior a 10 cm.
- Los extintores deberán ser colocados en el recorrido de las salidas de emergencia, incluyendo las salidas de los locales.

Es importante, conocer la forma correcta de uso de un extintor, es así que toda persona con la debida capacitación debe cumplir las siguientes normas de uso de un extintor:

1. Sáquelo de su soporte.
2. Diríjase al lugar CAMINANDO.
3. Ubíquese a favor del viento si es en el exterior o bien a favor de las corrientes de aire si es en el interior de una oficina o habitación.



4. Quite el anillo de seguridad



5. Ubiques a una distancia de 1,50 metros.
6. Con una mano tome la válvula de descarga y con la otra, la manguera. Presione la manilla de presión apuntando a la base del fuego.



7. Apriete la válvula de descarga dirigiendo el chorro del agente extintor a la base de la llama si es fuego clase " A ", haga un barrido comenzando desde un extremo a otro si es fuego clase " B ". Utilice la carga necesaria para apagar las llamas.

8. Una vez apagado el fuego, retírese del lugar **RETROCEDIENDO**, ya que el fuego puede reaparecer.

9. Avise a quién corresponda para enviar de inmediato a **RECARGA** el equipo utilizado

Bocas de Incendio (BIE's)



Son tomas de agua provistas de una serie de elementos que permiten lanzar el agua desde un punto hasta el lugar del incendio. Es imprescindible la existencia de conducciones de agua a presión. Si se careciera de ella, se instalarán depósitos con agua suficiente para combatir los incendios.

Las BIE deben estar cercanas a los puestos de trabajo y a los lugares de paso del personal, acompañadas de las mangueras correspondientes, que tendrán la resistencia y sección adecuadas. Alrededor de la BIE, la zona estará libre de obstáculos para permitir el acceso y la maniobra sin dificultad. En función de su tamaño, se clasifican en bocas de incendio de 25 mm y bocas de 45 mm.

La BIE deberá montarse sobre un soporte rígido a una altura de aproximadamente 1,5 metros sobre el suelo. El número y distribución de las BIE será tal que la totalidad de la superficie esté cubierta, y que entre dos BIE no haya una distancia superior a 50 metros.

Los elementos constitutivos de una BIE¹⁰ son:

Manguera de incendios.- Será de material resistente, de un diámetro de salida mínima de 1½ pulgadas (38 mm) por 15 metros de largo y que soporte 150 PSI de presión, en casos especiales se podrá optar por doble tramo de manguera, en uno de sus extremos existirá una boquilla o pitón regulable.

Boquilla o pitón.- Debe ser de un material resistente a los esfuerzos mecánicos así como a la corrosión, tendrá la posibilidad de accionamiento para permitir la salida de agua en forma de chorro o pulverizada.

Para el acondicionamiento de la manguera se usará un soporte metálico móvil, siempre y cuando permita el tendido de la línea de manguera sin impedimentos de ninguna clase.

Gabinete de incendio.- Todos los elementos que componen la boca de incendio equipada, estarán alojados en su interior, colocados a 1.20 metros de altura del piso acabado, a la base del gabinete, empotrados en la pared y con la

¹⁰ Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra incendios, MIES, 2009

señalización correspondiente. Tendrá las siguientes dimensiones 0.80 x 0.80 x 0.20 metros y un espesor de lámina metálica de 0.75 mm. Con cerradura universal (triangular). Se ubicará en sitios visibles y accesibles sin obstaculizar las vías de evacuación, a un máximo de treinta metros (30 m) entre sí.

El gabinete alojará además en su interior un extintor de 10 libras (4.5 kilos) de agente extintor, con su respectivo accesorio de identificación, una llave spanner, un hacha pico de cinco libras (5 lbs.), la que debe estar sujeta al gabinete.

Los vidrios de los gabinetes contra incendios tendrán un espesor de dos a tres milímetros (2 a 3 mm) y bajo ningún concepto deben ser instalados con masillas o cualquier tipo de pegamentos.

Sistemas de columna seca



Son tomas de agua, provistas de una serie de elementos que permiten lanzar el agua desde un punto hasta el lugar del incendio.

El suministro de agua se realiza mediante los vehículos de extinción desde la fachada del edificio. El agua es introducida a presión con el caudal suficiente para poderla utilizar en las bocas de salida de la columna en los diferentes pisos previo acople de las mangueras.

Esta instalación consta de:

- **Toma de fachada:** Bifurcación compuesta de entrada y dos salidas, está equipada con racores de conexión con su tapones, válvulas y llaves de seccionamiento.
- **Conexión siamesa o bifurcación:** Pieza que se acopla a una tubería para duplicar las vías de salida de agua.

- **Bocas de salida:** Bifurcación igual a la anterior pero con las bocas de entrada y de salida de inferior diámetro.
- **Válvula de seccionamiento:** Mecanismo que se coloca al lado de ciertas bocas de salida para aprovechar mejor el agua y su presión.
- **Llave de seccionamiento:** Palanca abatible que se incorpora para abrir o cerrar la válvula (de seccionamiento o de bifurcaciones).

Según el RD 1942/1993, estará compuesto por **toma de agua en fachada o en zona fácilmente accesible a los bomberos**, con la indicación de uso exclusivo de éstos, provista de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores (pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos) de 70 mm con tapa y llave de purga de 25 mm, columna ascendente de tubería de acero galvanizado y diámetro nominal de 80 mm.

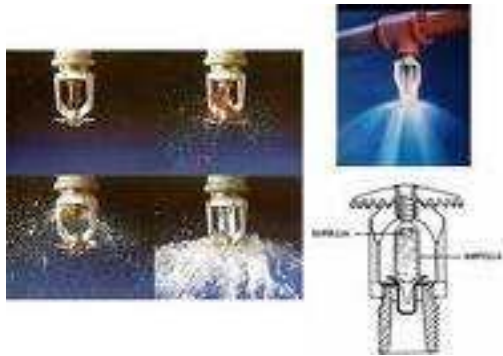
Deben colocarse salidas en las plantas pares hasta la octava y en todas a partir de ésta, provistas de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa; cada cuatro plantas se instalará una llave de seccionamiento por encima de la salida de planta correspondiente.

La toma de fachada y las salidas en las plantas tendrán el centro de sus bocas a 0.90 m sobre el nivel del suelo.

Las llaves serán de bola, con palanca de accionamiento incorporada.

El sistema de columna seca se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanqueidad y resistencia mecánica, sometiéndolo a una presión estática de 1470 kPa (15 Kg/cm²) durante dos horas como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

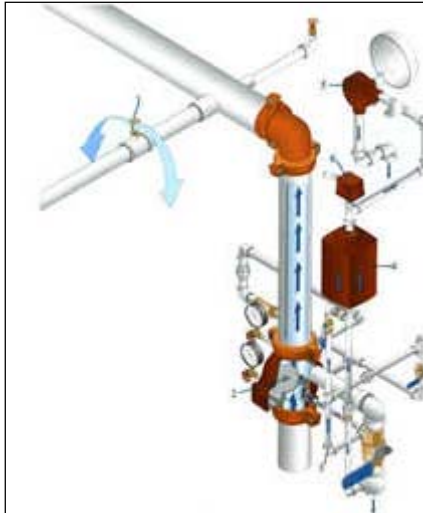
Sistemas de Rociadores de Agua



Engloban la detección, la alarma y la extinción. La instalación se conecta a una fuente de alimentación de agua y consta de válvula de control general, canalizaciones ramificadas y cabezas rociadoras o sprinklers.

“El sistema de rociadores para los fines de la protección contra incendios, es un sistema integrado por tuberías subterráneas y aéreas, diseñado de acuerdo con normas de ingeniería en protección contra incendios. La instalación incluye una o más fuentes de abastecimiento automático de agua. La parte del sistema de rociadores que se ubica sobre el terreno, es una red de tuberías especialmente dimensionada o diseñada hidráulicamente, instalada en un edificio, estructura o área – generalmente superior – a la cual se anexan rociadores siguiendo un patrón de distribución sistemático. La válvula que controla cada tubería vertical de alimentación del sistema se ubica en el tallo vertical de alimentación, o en su tubería de alimentación. Cada tallo vertical del sistema de rociadores incluye un dispositivo que activa una alarma cuando el sistema entra en operación. El sistema habitualmente resulta activado por acción del calor generado por un incendio y descarga de agua sobre la superficie incendiada”.¹¹

¹¹NFPA 13, Norma para la instalación de Sistemas de Rociadores, 2010



Tipos de Sistemas de Rociadores

De acuerdo al contenido de las tuberías, su diseño y disposición, los sistemas pueden ser:

Sistema Anticongelante: Sistema de rociadores de tubería húmeda, que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene una solución anticongelante y está conectado a un suministro de agua.

Sistema de Circulación de Circuito Cerrado: Sistema de rociadores de tubería húmeda, que posee conexiones ajenas a la protección contra incendios conectadas a sistemas de rociadores automáticos, con tuberías dispuestas en forma de circuitos cerrados, con el fin de utilizar las tuberías de los rociadores para conducir agua para calefacción o enfriamiento. El agua no se elimina ni se utiliza desde el sistema, solo circula a través de las tuberías del sistema.

Sistema Combinado de Tubería seca y de preacción: Sistema de rociadores que emplean rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire bajo presión, con un sistema suplementario de detección, instalado en las mismas áreas que los rociadores. La operación del sistema de detección acciona dispositivos de disparo que abren las válvulas de tubería seca simultáneamente y sin pérdida de presión de aire del sistema. La operación del

sistema de detección abre también válvulas de escape de aire listadas, ubicadas en el extremo de la tubería principal de alimentación, lo que generalmente antecede a la apertura de los rociadores. El sistema de detección sirve también como sistema automático de alarma de incendios.

Sistema de Diluvio: Utiliza rociadores abiertos, conectados a un sistema de tuberías que se encuentra conectado a un suministro de agua a través de una válvula que se abre por la operación de un sistema de detección instalado en las mismas áreas de los rociadores. Cuando esta válvula se abre, el agua fluye a las tuberías del sistema y se descarga desde todos los rociadores conectados a las mismas.

Sistema de Tubería Seca: Emplea sistema de rociadores conectados a un sistema de tuberías que contiene aire o nitrógeno bajo presión, y cuya liberación (desde el momento de apertura de un rociador), permite que la presión de agua abra una válvula que se conoce como válvula de tubería seca. El agua fluye hacia el sistema de tuberías y sale por los rociadores abiertos.

Sistemas Anillados: sistema el cual se interconectan múltiples tuberías principales transversales de modo de proporcionar más de un camino para que el agua fluya hacia un operador en operación, los ramales no están conectados entre sí.

Sistema en Malla: emplea rociadores automáticos en el cual las tuberías se conectan entre sí, formando retículas o anillos.

Sistema de Preacción: Emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contienen aire, que puede o no estar bajo presión, con un sistema de detección suplementario ubicado en las mismas áreas que los rociadores.

Sistema de tubería húmeda: Sistema que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y que, se conecta a un

suministro de agua, de tal forma que el agua se descargue inmediatamente, desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio.

Un sistema de rociadores está compuesto de:

- **Ramales:** Tuberías en las cuales se colocan los rociadores, ya sea directamente o a través de niples ascendentes o descendentes.
- **Tuberías transversales principales:** tuberías que alimentan a los ramales, ya sea directamente o a través de tuberías ascendentes o montantes.
- **Tuberías Principales de Alimentación:** tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales, ya sea directamente o a través de tuberías de alimentación verticales.
- **Acople flexible para tuberías**
- **Tubería vertical de alimentación**
- **Montante:** Una línea que sube verticalmente y alimenta a un rociador único.
- **Dispositivo de supervisión**
- **Tallo del sistema:** Es la tubería horizontal o vertical ubicada sobre superficie, entre el suministro de agua y las tuberías principales (transversales o de alimentación), que contiene una válvula de control y un dispositivo sensor de flujo de agua.

Características de los rociadores

Los rociadores están clasificados en función de su capacidad de controlar o extinguir un incendio.

- El primer parámetro a medir es la *Sensibilidad Térmica*, variable que mide la rapidez con que funciona el elemento térmico y se mide con el Índice de tiempo de respuesta (RTI) (Response Time Index), el cual se mide bajo condiciones de ensayo normalizadas. Así se define:





Rociador de Respuesta rápida = $RTI < \text{ó} = 50(\text{ metros} - \text{segundo})^{1/2}$

Rociador de Respuesta estándar = $RTI > \text{ó} = 80 (\text{ metros} - \text{segundo})^{1/2}$

- Temperatura de activación
- Diámetro de orificio
- Orientación de instalación
- Características de la distribución de Agua
- Condiciones especiales de servicio

Tipos de rociadores

TIPOS DE ROCIADORES	
CARACTERISTICAS	TIPOS
Por su diseño y funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Rociador de Supresión temprana y respuesta rápida (ESFR) • Rociador de cobertura extendida (EC) • Rociador de Gota Grande • Boquillas • Rociador convencional / Estilo antiguo: dirigen entre el 40 % y 60% del total de agua inicialmente hacia abajo. <div data-bbox="1155 1722 1286 1861" data-label="Image"> </div> • Rociadores abiertos • Rociador de respuesta rápida

	<p>(QR)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rociador de Respuesta rápida y supresión temprana (QRES) • Rociador de respuesta rápida y cobertura extendida • Rociador residencial • Rociador especial • Rociador de Pulverización
<p>Por su orientación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rociador oculto • Rociador montado al ras • Rociador colgante o pendiente <div data-bbox="1166 887 1313 1048" style="text-align: center;">  <p>Colgante</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Rociador empotrado <ul style="list-style-type: none"> • Rociador de pared o lateral <div data-bbox="911 1357 1042 1498" style="display: inline-block; text-align: center;">  <p>Vertical de Pared</p> </div> <div data-bbox="1129 1357 1283 1498" style="display: inline-block; text-align: center; margin-left: 20px;">  <p>Horizontal de Pared</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Rociador montante <div data-bbox="1150 1550 1283 1686" style="text-align: center;">  <p>Montante</p> </div>
<p>Según sus aplicaciones o ambientes especiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rociador Resistente a la Corrosión • Rociador Seco • Rociadores de nivel intermedio / Rociadores para almacenamiento

	de Estanterías <ul style="list-style-type: none"> • Rociadores decorativos
--	---

Fuente: NFPA 13

Hoy por hoy, el uso de rociadores en bodegas es lo más recomendable, pues así lo denota Jaime A. Moncada, director de Internacional Fire Safety Consulting (IFSC), una firma consultora en ingeniería de protección contra incendios con sede en Washington, DC. y con oficinas en Latinoamérica, en su artículo publicado en NFPA Journal: Protección contra incendios en bodegas de almacenamiento, en el cual manifiesta que: *“El incendio de una bodega con estanterías es un incendio perfecto. Se conjuga una gran cantidad de combustibles con una geometría que ayuda al rápido desarrollo del incendio. Para rematar el nivel de riesgo potencial que presenta este escenario, las estanterías, así como el techo de la bodega, no están diseñados para resistir un incendio de libre crecimiento, por lo que colapsan rápidamente si no hay control temprano del incendio.”*¹²; debiendo tomar en cuenta que una bodega contiene gran carga combustible y que una intervención para controlar el fuego sea por brigadas de la empresa o de los bomberos resulta peligroso. Por tal, indica Moncada, que haciendo caso a la NFPA, toda bodega que supere los 1115 m², debe ser protegido por sistemas de rociadores automáticos (NFPA 1-2009, art. 13.3.2.25.2) y si la bodega tiene estanterías, es menester este sistema de protección de incendios a partir de los 232 m² (NFPA 1-2009, art. 13.3.2.25.1). Los detectores de humo no son recomendados en área de almacenamiento y deja el requerimiento de instalar mangueras interiores al criterio de la autoridad competente. Además, para fines de seguros y reaseguros, FM Global, acaba de publicar la “Ficha técnica de Prevención de Siniestros 2-0” la cual establece las directrices para la instalación de rociadores automáticos, la cual debe usarse conjuntamente con la Ficha Técnica 8-9 sobre Almacenamiento, la cual establece recomendaciones para todo tipo de almacenamiento de comodidades Clase 1 a 4 y plásticos; lo curioso de estas fichas está en la recomendación, a diferencia de la NFPA 13, de rociadores instalados en las estanterías, principalmente cuando la

¹² Moncada, Jaime; Protección contra incendios en bodegas de almacenamiento, NFPA Journal Latino, http://www.nfpajournal-latino.com/?activeSeccion_var=50&art=402, 20011

pendiente del techo excede los 16.7°. La NFPA 13, en su última edición del 2010, incluye también cambios importantes en lo que respecta a la protección de bodegas que deberían ser detenidamente estudiados por aquellos que diseñan sistemas de rociadores automáticos. Por ejemplo, existe ahora una mejor recomendación cuando la distancia entre el almacenamiento y el techo es excedida; se permite la utilización de venteos en el techo si su temperatura de activación es mayor que la de los rociadores; y las curvas de densidad/área han sido simplificadas.

De acuerdo con la legislación ecuatoriana, los sistemas de rociadores estarán supeditados al análisis técnico, la carga calorífica del área y la actividad a realizarse en la misma; debiendo cumplir las siguientes especificaciones:

- ✓ Se deben sectorizar la edificación mediante el uso de elementos de separación que tengan una resistencia mínima de un RF-120.
- ✓ Las tuberías deben cumplir las normas ASTM, pueden ser de hierro, acero o cobre sin costura.
- ✓ Las tuberías deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo.
- ✓ El diámetro de la tubería fluctuará entre 2 – pulgadas en la tubería principal y sus accesorios estarán también normados por ASTM.
- ✓ La colocación reglamentaria de estos elementos estará determinada por el uso del local y el tipo de riesgo de incendio, previa aprobación del Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción.

1.4.5. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Los recursos son de carácter limitado al momento de satisfacer los deseos ilimitados dentro de la sociedad, por lo cual para conseguir algo debemos estar dispuestos a renunciar a otra cosa que también deseamos tomando decisiones entre alternativas.

La relación costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados, tanto por eficiencia técnica como por motivación, es un planteamiento formal para tomar decisiones que cotidianamente se nos presentan.

La relación costo beneficio está dada por:

$$\text{CostoBeneficio} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

En donde se analiza entre varias propuestas las relaciones que sean mayores a la unidad.

El análisis costo-beneficio nace hace 150 años atrás aproximadamente, su autor Jules Dupuit (francés), pero toma relevancia en los Estados Unidos alrededor del año 1930, cuando se evalúa un proyecto federal de agua; desde entonces se utiliza para analizar proyectos de transporte, defensa, educación, salud pública y últimamente medio ambiente y seguridad¹³.

Para el caso en estudio, el costo representa el dinero que la empresa perdería en caso de un siniestro, es decir todos los daños ocasionados tanto en infraestructura como en indemnizaciones al personal. Los beneficios es todo rubro que al implementar el sistema de prevención de incendios se protegería y salvaría, es decir costo de maquinaria, infraestructura y vidas humanas¹⁴.

Para lo cual es importante determinar en primera instancia el costo de las propuestas de los sistemas de protección de incendios, y luego en base a los montos asegurados de la planta de producción determinar el valor que salvaguardará el sistema propuesto.

1.4.5.1. COSTOS

¹³ Library Economics Liberty (2008); Paul R. Portney; Benefit Cost Analysis: Obtenido el 12 de diciembre de 2011; Disponible en <http://www.econlib.org/library/Enc/BenefitCostAnalysis.html>

¹⁴ Boardman, Anthony E., David H. Greenberg, Aidan R. Vining, and David L. Weimer. *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. 2d ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2001.

Para determinar el costo que en el proyecto constituye la inversión en el sistema de prevención de incendios, se parte de la evaluación del riesgo, luego se determinan los recursos necesarios para prevenir incendios, dando mayor cobertura a las áreas que presenten mayor riesgo, para posteriormente cotizar dichos recursos e instalación de los mismos.

Para el cálculo de los costos, es importante diferenciar los costos directos, de los indirectos.

COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS
<p>Costo de las horas perdidas utilizadas en labores de evacuación y rescate tanto de brigadistas, mandos, como compañeros en general</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo de las horas dedicadas por diferentes miembros de la jerarquía de la empresa a la investigación del siniestro. ▪ Costo de las horas dedicadas a acompañar a las visitas de los organismos oficiales con motivo del siniestro. ▪ Costo de las horas dedicadas a cualquier otra actividad relacionada directamente con el siniestro, como la asistencia a juicio, etc. ▪ Costo de las horas perdidas como consecuencia de paros o huelgas convocados tras el siniestro. ▪ Costo de la atención médica en la empresa: material de primeros auxilios, horas dedicadas por el servicio médico, etc. ▪ Costo de parada de planta o máquina, si quedara precintada hasta que su estado se considere seguro. ▪ Costo de materiales: pérdidas de materias primas, productos dañados en el siniestro, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos por la pérdida de imagen a causa del accidente laboral. ▪ Costos por pérdida de contratación, cuando se valora la integración de la prevención de riesgos. ▪ Costos de conflictos laborales: deterioro en las relaciones laborales entre los trabajadores y con la empresa. ▪ Costos por la pérdida de la experiencia de los trabajadores siniestrados. ▪ Costos por daños ambientales ▪ Costos por daños a la sociedad circundante.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo de equipos o maquinaria: costo de la reparación de los daños sufridos en el siniestro. ▪ Costo de limpieza de las instalaciones. ▪ Costo por el pago de penalizaciones por demoras producidas. ▪ Costo asociado a la pérdida de producción el día del accidente. ▪ Costo para la recuperación de la producción: costo de horas extras, costo de rotación de personal, costo de contratación, etc. ▪ Costos administrativos por el tiempo dedicado a las gestiones que requiere un siniestro. ▪ Costos asociados a la contratación de nuevo personal: costos de anuncios, procesos de selección, contratación, formación, etc. ▪ Costos por nueva distribución de los puestos de trabajo: sustituciones, formación, reentrenamiento, etc. ▪ Costo de las medidas preventivas a implantar para que el siniestro no se vuelva a repetir. ▪ Costos de defensa jurídica en causas judiciales. ▪ Sanciones, multas, recargos de prestaciones, recargos y primas en los seguros, indemnizaciones, etc. 	
---	--

La NFPA, año tras año, mantiene cifras sobre el costo del fuego en los Estados Unidos de América, así lo señalan en el informe “The total cost of fire in the United States” escrito por John R. Hall, el febrero del año pasado. Quien señala que para contabilizar el costo del fuego a nivel país, se debe tomar en cuenta los costos directos: daños a la propiedad, costo de formación en la carrera de bomberos, los costos netos de coberturas de seguros, nueva infraestructura para prevención de incendios, costo a tomar en cuenta si se pagaría a los bomberos voluntarios y el

costo de los bomberos y personas civiles que pierden la vida o quedan lesionados a causa del fuego¹⁵

1.4.5.2. BENEFICIOS

Existen rubros de fácil cuantificación, como lo son infraestructura, maquinaria, materias primas, en sí, bienes tangibles asegurables, cuyo valor monetario se lo lleva controlado en la contabilidad de la compañía. Son estos rubros los que constituyen los beneficios al ser los bienes protegidos por el sistema de prevención de incendios, más el valor de vidas humanas protegidas es un rubro incuantificable, pero que se lo debe tomar en cuenta al momento de calcular los bienes salvaguardados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Analizar el índice Costo/Beneficio del sistema de prevención de incendios en la planta de producción de una industria farmacéutica.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el riesgo de Incendios en la en la planta de producción de una industria farmacéutica.
- Diseñar el sistema de prevención de incendios en la en la planta de producción de una industria farmacéutica.
- Determinar el valor monetario del beneficio de poseer un sistema de prevención de incendios en la planta de producción.
- Determinar el valor de la inversión del sistema de prevención de incendios para la planta de producción.
- Analizar el índice costo/beneficio para la toma de desiciones.

¹⁵NFPA (2011); John R. Hall; The total cost o fire in the United States; Obtenido el 12 de diciembre de 2011; Disponible en <http://w ww.nfpa.org/assets/files/PDF/OS.totalcost.pdf>.

2.3. Objetivos Colaterales

- Aportar a la industria Farmacéutica con un estudio base en prevención de incendios en la planta de producción.
- Concienciar a la Alta Gerencia sobre la importancia de proteger su inversión y la vida de sus trabajadores.

3. METODOLOGÍA

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.

El presente estudio se realiza en la compañía James Brown Pharma C.A. El estudio se realiza a toda la población (muestra 100%), pues es importante realizar el análisis del todo, no se puede proteger solamente a un área en lo referente a incendios. Por lo tal no aplica cálculo de muestras.

3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DE DISEÑO

El presente estudio es de carácter documental y observacional de campo. Mediante este método se conjuga la investigación documental, es decir la recopilación documentada de la documentación, con la investigación de campo o práctica, es decir donde la investigación o recopilación de datos se realiza enmarcada junto al ambiente específico en el que se desarrolla el fenómeno. Utiliza el método analítico observacional.

La investigación se inicia evaluando el riesgo de incendios en en la planta de producción bajo el Método Intrínseco, para posteriormente se basa en el diseño de dos sistemas de prevención de incendios, el primero cumpliendo las normas mínimas vigentes para el país; y el segundo cumpliendo normas internacionales de prevención de incendios; para posteriormente cotizar los dos sistemas de prevención de incendios mismos que al evaluarlos bajo el criterio financiero costo/beneficio, dará la pauta para la correcta toma de decisiones.

3.3. MATERIAL :

Para realizar la presente tesis de grado, será necesario contar con recursos humanos, recursos económicos, y recursos materiales, mismos que se los detalla:

RECURSOS MATERIALES	RECURSOS FINANCIEROS	RECURSOS HUMANOS
Computador	Compra normas INEN	Técnico SSA (M. Trávez)
Fax	Pago servicio internet	Arquitecto
Internet	Honorarios Arquitecto	
Cámara fotográfica		
Revistas Técnicas		
Reglamentos		
Normas INEN		

3.4. FASES DEL ESTUDIO

El presente estudio se realiza desarrollando las siguientes fases:

1. Evaluación del riesgo de incendios de acuerdo a la normativa española del método intrínseco, desarrollado en la Norma Técnica de prevención 831: Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales (I).
2. Desarrollo de la propuesta de prevención de incendios. Dicha propuesta tendrá su connotación monetaria para poder calcular el costo beneficio.
3. Determinación del valor monetario a salvaguardar, partiendo de los datos del seguro de incendios con el que cuenta la planta de producción, más el impacto ambiental, social y humano.
4. Cálculo y análisis del indicador costo – beneficio
5. Conclusiones

3.4.1. EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIOS

El método a utilizarse se encuentra validado en el RD 2267/2004 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales de la Legislación española. En su Anexo I Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios, fija sus esfuerzos en la clasificación del establecimiento en función de:

1. Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
2. Su nivel de riesgo intrínseco

El método está claramente detallado para aplicación práctica en la NTP 831 y NTP 832 que son notas técnicas de prevención a seguir tanto para la clasificación del establecimiento en función del riesgo y el tipo de construcción que deberá utilizarse en el mismo respectivamente.

Es así que, la NTP 831: Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales (I), se fijan los criterios de caracterización de los establecimientos (Anexo I del RD) y los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios(Anexo III). La clasificación de los establecimientos en función de su configuración y ubicación con relación a su entorno, está supeditada a:

- Si están ubicados dentro de edificios, ó
- Si están ubicados en espacios abiertos que no constituyen un edificio.

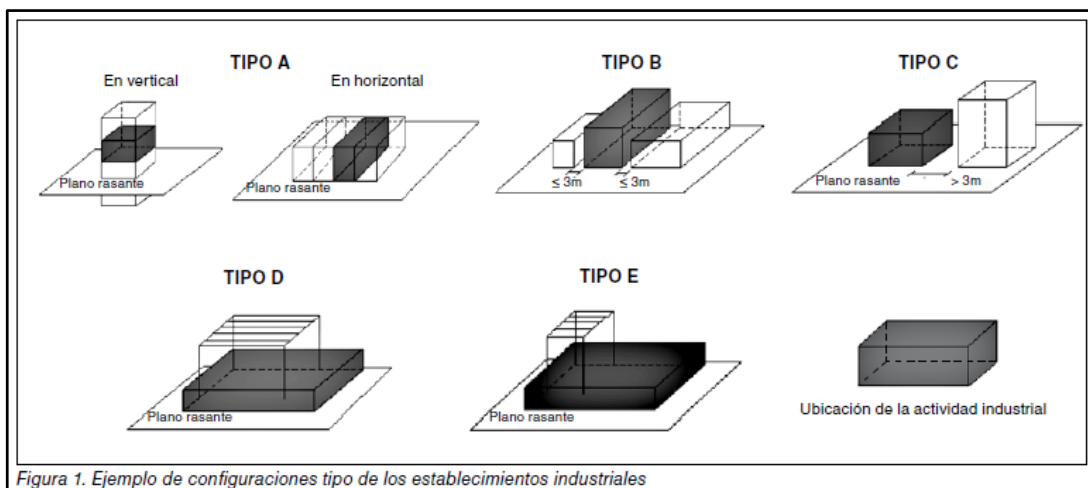


Figura 1. Ejemplo de configuraciones tipo de los establecimientos industriales

Fuente: NTP 831 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales (I)

UBICACIÓN EDIFICIO	TIPO	DESCRIPCION
Establecimientos industriales ubicados en un edificios	A	El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos ya sean estos de uso industrial o de otros usos.
	B	El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que esta adosado a otro/s, o a una distancia igualo inferior a 3 m de otro/s edificios, de otro establecimiento, ya sean de uso industrial o de otros usos. Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, se admite el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que: Las naves contiguas tengan cubierta independiente. Se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes.
	C	C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que esta a una distancia mayor de 3 m del edificio mas próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles

		de propagar el incendio.
Establecimientos industriales en espacios abiertos que no constituyen un edificio	D	El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.
	E	El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50% de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral. Cuando la caracterización de un establecimiento industrial o una parte de este no coincida exactamente con alguno de los tipos definidos, se considerara que pertenece al tipo con el que mejor se pueda equiparar o asimilar justificadamente. Si en un establecimiento industrial coexisten diferentes configuraciones, los requisitos del reglamento se aplicaran de forma diferenciada para cada una de ellas.

Para la planta de Pífo de James Brown Pharma, su edificio industrial está clasificado tipo C.

Una vez definido el tipo de establecimiento, se procede a determinar el **Nivel de Riesgo Intrínseco**. Para el caso en mención, se determinará el *Nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio*. Su cálculo es explícito en la NTP 831:

El NRI se evaluara calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuran el establecimiento industrial, según la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^i G_i q_i C_i}{A} R_a \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó Mcal/m}^2$$

Dónde:

Qs: Densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

Gi: Masa, en kg, de cada uno de los combustibles que existen en el sector o área de incendio, incluidos materiales de construcción combustibles.

qi: Poder calorífico en MJ/kg o Mcal/kg de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio.

q: La tabla 1.4 del Reglamento proporciona el poder calorífico **q** de diversas sustancias.

Ci: Coeficiente a dimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles. Su valor puede deducirse de la tabla 1.1 del Reglamento, del Catalogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

Ra: Coeficiente a dimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial del sector. (Cuando existan varias actividades en el mismo sector, se toma el de la actividad con mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector o área de incendio). Su valor puede deducirse de la tabla 1.2 del Reglamento.

A: Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

Como alternativa a la expresión anterior, y para simplificar el cálculo, se puede evaluar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida utilizando la densidad de carga de fuego media, aportada por cada uno de los combustibles, en función de la actividad que se realiza en el sector o área de incendio. Estos valores se proporcionan en la tabla 1.2 del Reglamento y las expresiones que utiliza son las siguientes.

Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó } \text{Mcal/m}^2$$

Donde:

Qs, Ci, Ra y A tienen la misma significación que en la expresión anterior.

qsi: Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente que se realizan en el sector, en MJ/m² o en Mcal/m².

Si: Superficie de cada zona con proceso diferente y qsi diferente, en m².

A efectos del cálculo, no se contabilizan los acopios o depósitos de materiales o productos para la manutención de los procesos productivos, de montaje, transformación o reparación, o resultantes de estos, cuyo consumo o producción es diario y que constituyen el “almacén de día”. Estos materiales o productos se consideraran incorporados al proceso al que deban ser aplicados o del que procedan.

Para actividades de almacenamiento

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó Mcal/m}^2$$

Donde:

Qs, Ci, Ra y A tienen la misma significación que en el caso anterior.

qvi: Carga de fuego aportada por cada m³ de cada zona con distinto tipo de almacenamiento existente en el sector, en MJ/m³ o en Mcal/m³. Su valor puede obtenerse de la tabla 1.2 del Reglamento.

hi: Altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, en m.

si: Superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento en el sector de incendio, en m².

Nivel de riesgo intrínseco de un edificio o un conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial.

Cuando el establecimiento industrial está constituido por varios sectores y/o áreas de incendio, el cálculo se realiza como la suma de las densidades de carga de fuego ponderada y corregida de cada uno de los sectores y/o áreas de incendio que lo constituyen.

$$Q_e = \frac{\sum_{i=1}^i Q_{si} A_i}{\sum_{i=1}^i A_i} \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó Mcal/m}^2$$

Donde:

Q_e: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

Q_{si}: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

A_i: Superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial, en m².

Como se indica, para poder calcular el Nivel de riesgo intrínseco, se debe aplicar el valor del grado de peligrosidad de los combustibles (C_i), dato que se obtiene en el ITC MIE-APQ1 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por el Real Decreto 379/2001.

TABLA 1.1
GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i

<i>ALTA</i>	<i>MEDIA</i>	<i>BAJA</i>
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	- Líquidos clasificados como subclase B ₂ en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.
- Líquidos clasificados como subclase B ₁ , en la ITC MIE-APQ1.	- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.	
- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.	- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.	- Sólidos que emiten gases inflamables.	
- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.		
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Fuente: ITC MIE-APQ1 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril.

Una vez calculado el **NRI** Nivel de Riesgo intrínseco, se procede a clasificar el riesgo en función de la siguiente tabla anexada a la NTP 831:

NRI		DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
RB	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
RM	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
RA	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

RB: Riesgo Bajo / RM: Riesgo Medio / RA: Riesgo Alto

Tabla 1. Nivel de riesgo intrínseco

Fuente: NTP 831 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales (I)

Y, en función del tipo de riesgo obtenido, el Anexo III del RD 2267/2004 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales de la Legislación española, da los requisitos mínimos que debe cumplir el edificio tanto en materia de protección pasiva como en instalaciones de lucha contra incendios.

ANEXO 3

3.4.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA ECONOMICA DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS. COSTO

Una vez evaluado el riesgo de incendio existente en la planta de producción de la industria farmacéutica, se procede a ubicar el riesgo obtenido en el Anexo III y se desarrolla el sistema de prevención de incendios, utilizando recursos existentes y plasmando en un plano de recursos el diseño planteado, para posteriormente proceder a la cotización de los recursos e instalación de los mismos.

3.4.3. DETERMINACION DEL VALOR MONETARIO A SALVAGUARDAR. BENEFICIO

La metodología a utilizar para la determinación del valor monetario a salvaguardar, parte de la póliza de seguros contra incendios que ha contratado la empresa.

La póliza contra incendios salvaguarda:

- Muebles y Enseres
- Instalaciones
- Maquinaria

Además es importante al menos calcular a groso modo el ahorro que se genera al salvaguardar:

- Las vidas humanas de trabajadores, contratistas y visitas
- Costos Directos generados al momento de un siniestro
- Costos Indirectos generados al momento de un siniestro.

3.4.4. CÁLCULO Y ANALISIS DEL INDICADOR COSTO – BENEFICIO



Partiendo de la base conceptual de Análisis Económico Costo-Beneficio, la metodología exige, una vez determinados los costos y los beneficios, relacionarlos. No existe un parámetro definitivo para la toma de decisión, salvo la premisa de que los costos no superen a los beneficios, es decir que en la relación de análisis:

$$\text{Costo} - \text{Beneficio} \leq 1$$

Pues si los costos superan los beneficios, significa que el sistema de prevención de incendios es más costoso que los bienes a salvaguardar.

4. RESULTADOS

El presente proyecto, una vez realizada la metodología de estudio, arroja los siguientes resultados en cada una de las fases de estudio.

4.1. RESULTADOS EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIOS

Como se indicó en la fase metodológica, la planta de producción de farmacéuticos se evalúa a través del Método Intrínseco.

Esta evaluación se la realiza bajo el seguimiento a la NTP 831 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales (I).

En primera instancia, al ser un predio independiente de otras edificaciones, la planta de producción corresponde: *Edificación tipo C en su conjunto*

Al contar la planta de producción con diferentes áreas de almacenamiento de material de empaque como de materia prima; y áreas de producción; es importante evaluar de acuerdo al método por áreas de almacenamiento en primera instancia, y luego en áreas de fabricación. Es importante señalar que la infraestructura de la planta de producción Pifo de James Brown Pharma C.A es de construcción mixta, es decir estructura metálica con paredes de ladrillo, enlucidas con hormigón, pisos de hormigón en área de bodega y empaque y pisos epóxicos en áreas de manufactura; cubierta de eternit en el área de biológicos y duramil en el resto de la edificación; y en general techo falso de gypsum.

Para el área de almacenamiento se parte de la fórmula de cálculo:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó } \text{Mcal/m}^2$$

Donde:

qvi: Carga de fuego aportada por cada m³ de cada zona con distinto tipo de almacenamiento existente en el sector, en MJ/m³ o en Mcal/m³. Su valor puede obtenerse de la tabla 1.2 del Reglamento.

Ci: Coeficiente a dimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles. Su valor puede deducirse de la tabla 1.1 del Reglamento, del Catalogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

hi: Altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, en m.

si: Superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento en el sector de incendio, en m².

Ra: Coeficiente a dimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial del sector. (Cuando existan varias actividades en el mismo sector, se toma el de la actividad con mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector o área de incendio). Su valor puede deducirse de la tabla 1.2 del Reglamento.

A: Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

De tal suerte que, para una superficie de 3130 m² de edificación útil, aplicando el método citado se obtiene

BODEGA DE INFLAMABLES

Datos generales de la actividad

La superficie total del sector o establecimiento, A = 60 m².

El tipo de actividad es **Almacenaje**

ACTIVIDAD	Ra
Productos quimicos combustibles	2

Datos de los materiales

id	Producto	Gi kg	qi Mj/kg	Ci	Parcial
1	Acetona	310	29.3	1.6	14532.8
2	Alcohol etílico	600	25.1	1.6	24096
3	Glicerina	500	16.7	1.3	10855
Total					49483.8

$$QS = 49483.8 / 60 \times 2 = 1649 \text{ MJ/m}^2$$

BODEGA MATERIAS PRIMAS Y MATERIAL DE EMPAQUE

Datos generales de la actividad

La superficie total del sector o establecimiento, A = 1000 m².

El tipo de actividad es Almacenaje

ACTIVIDAD	Ra
Alimentacion, materias primas	2

Datos de los materiales

Id	Producto	GI kg	qi MJ/kg	CI	Parcial
1	Poliétileno	10000	42	1.6	672000
2	Accite de algodón	200	37.2	1.6	11904
3	Aceite mineral	200	42	1.6	13440
4	Azúcar	300	16.7	1.3	6513
5	Caféina	10	21	1	210
6	Madera	5000	16.7	1.6	133600
7	Cartón	500	16.7	1.6	13360
Total					851027

$$QS = 851027 / 1000 \times 2 = 1702 \text{ MJ/m}^2$$

AREA PRODUCCION VETERINARIOS Y HUMANOS

Datos generales del del establecimiento

La superficie total del sector o establecimiento, A = 1000 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m ³ o MJ/m ²	Ci	hi m	Si m ²	Suma
1	Produc.	Productos farmaceuticos	1.5	200	1		1000	200000
			Total Ra					200000

El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total

$$QS = 200000 / 1000 \times 1.5 = 300 \text{ MJ/m}^2$$

AREA CUARENTENA PRODUCTO SEMIELABORADO

Datos generales del del establecimiento

La superficie total del sector o establecimiento, A = 30 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi	Ci	hi	Si	Suma
				MJ/m ³ o MJ/m ²				
1	Almac.	Droguerías	1.5	800	1	1,5	30	24000
							Total	24000

El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total Ra **1.5**

$$QS = 24000 / 30 \times 1.5 = 1200 \text{ MJ/m}^2$$

AREA DE EMPAQUE

Datos generales del del establecimiento

La superficie total del sector o establecimiento, A = 400 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi	Ci	hi	Si	Suma
				MJ/m ³ o MJ/m ²				
1	Produc.	Medicamentos, embalaje	1	300	1.3		180	70200
2	Almac.	Carton	1.5	4200	1.6	1,5	220	1478400
							Total	1548600

El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total Ra **1.5**

$$QS = 1548600 / 400 \times 1.5 = 5807 \text{ MJ/m}^2$$

AREA CONTROL DE CALIDAD

Datos generales del del establecimiento

La supercicie total del sector o establecimiento, A = 50 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi	Ci	hi	Si	Suma
				MJ/m ³ o MJ/m ²				
1	Produc.	Laboratorios quimicos	1.5	500	1		50	25000
							Total	25000

El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total **Ra 1.5**

$$QS = 25000 / 50 \times 1.5 = 750 \text{ MJ/m}^2$$

PRODUCCION BIOLOGICOS

Datos generales del del establecimiento

La supercicie total del sector o establecimiento, A = 300 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi	Ci	hi	Si	Suma
				MJ/m ³ o MJ/m ²				
1	Produc.	Productos farmaceuticos	1.5	200	1		300	60000
							Total	60000

El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total **Ra 1.5**

$$QS = 60000 / 300 \times 1.5 = 300 \text{ MJ/m}^2$$

AREA CALDERA

Datos generales del del establecimiento

La supercicie total del sector o establecimiento, A = 25 m²

Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m3 o MJ/m2	Ci	hi m	Si m2	Suma
1	Produc.	Calderas, edificios de	1	200	1.6		25	8000
El mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa al menos el 10% de la superficie Total			Ra	1	Total			8000

$$QS = 8000 / 25 \times 1 = 320 \text{ MJ/m}^2$$

Como se puede observar, el método permite evaluar el riesgo de incendio en cada área de la planta, lo cual permite tener un panorama más amplio en cuanto al nivel de riesgo, y a su vez al aplicar la Norma Técnica, se determina también los recursos y sistemas necesarios para la prevención de incendios.

Una vez determinado el Nivel de Riesgo Intrínseco en cada área, se procede al cálculo del NRI total, aplicando la fórmula:

$$Q_e = \frac{\sum_{i=1}^i Q_{si} A_i}{\sum_{i=1}^i A_i} \Leftrightarrow \text{MJ/m}^2 \text{ ó Mcal/m}^2$$

Donde:

Qe: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

Qsi: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o aéreas de incendio que componen el edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

Ai: Superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial, en m².

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO PLANTA PRODUCCION JAMES BROWN PHARMA PLANTA PIFO				
AREAS	Qsi	Ai	Qsi * Ai	Qse
	MJ/m ²	m ²	MJ/m ⁴	MJ/m ²
Bodega Inflamables	1649	60	98940	1603,92
Bodega Materias Primas y Material Empaque	1702	1000	1702000	
Area Producción Veterinarios y Humanos	300	1000	300000	
Area Cuarentena Semielaborado	1200	30	36000	
Area Empaque	5807	400	2322800	
Area Control de Calidad	750	50	37500	
Area Producción Biológicos	300	300	90000	
Area Calderas	320	25	8000	
		3000	4595240	

Es decir, la planta de producción Pifo de James Brown Pharma C.A tiene una carga de fuego en función de sus actividades de 1603,92 MJ/m², dato que al ser transferido a la tabla de valoración del riesgo nos da:

Tipo de Edificio: Tipo C
Nivel de Riesgo intrínseco: ALTO
Factor: 6

NRI		DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
RB	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
RM	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
RA	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$
RB: Riesgo Bajo / RM: Riesgo Medio / RA: Riesgo Alto			

Tabla 1. Nivel de riesgo intrínseco

Dato que nos permite aplicar el RD 2267/2004 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales de la Legislación española, en cuanto a la infraestructura y recursos necesarios, como se demuestra en el siguiente informe:

INFORME RESUMEN DE CONTRAINCENDIOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

DATOS DE ENTRADA

Sup. Nave:	3000m ²	Qs:	1603,92(MJ/m ²)	Actividad de	Produccion
------------	--------------------	-----	-----------------------------	--------------	------------

DATOS DEL EDIFICIO

Establecimiento industrial:		
tipo c	Riesgo medio	Factor 4

DATOS DEL ESTABLECIMIENTO

Superficie maxima del sector:	4000	no necesario sectorizar	
Estabilidad al fuego	sobre rasante		R60 (EF-60)
	Estructura ligera	R15 (EF-15)	con raciadores no exigible
R. fuego medianera	Con Resist. portante	REI 180 (RF-180)	Sin Resist. portante EI 180
Los recorrido de evacuacion	una salida 25 m	salidas alternativas 50 m	

MEDIOS DE DETECCION Y EXTINCION

Sistemas de deteccion o extinción	Superficie maximas	necesidad
Sistemas automáticos de detección de incendio	3000	Requeridos
Sistemas manuales de alarma de incendio.		no necesarios
Sistemas de bocas de incendio equipadas	1000	Requeridas
Sistemas de rociadores automáticos de agua	3500	no necesarios
Sistemas de hidrantes exteriores	3500	no necesarios

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Al tratarse de un edificio ya construido, el diseño parte de las edificaciones existentes, por tal como se mencionó anteriormente; se procederá al diseño del sistema de prevención de incendios para la planta de producción de la industria farmacéutica James Brown Pharma.

Los recursos para prevención de incendios con que cuenta la planta de producción son:

RECURSOS EXISTENTES	CANTIDAD
Extintor CO ₂ , 10 lbs	2
Extintor de Agua, 15 lbs	2
Extintor satelital PQS, 150 lbs	1
Extintor PQS, 10 lbs	15
Lámparas de emergencia	8
Pulsadores de Emergencia	3
Detectores de Humo	7
Sirena de Emergencia	1

Debido al tamaño de la edificación y la actividad realizada, y partiendo de la aplicación del decreto 2267/2004 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales, es importante diseñar un sistema de prevención contra incendios que tenga:

- Sistema de Detección de incendios centralizado y automático
- Red Hídrica contra Incendios con cisterna y BIES.
- Lámparas de Emergencia y luces estroboscópicas
- Señalización de Evacuación
- Sistema de Rociadores en área de Bodega de Materias primas y Material de Empaque
- Sistema de Protección de descargas atmosféricas (Reglamento ecuatoriano)

4.2.1. SISTEMA RED HÍDRICA CONTRA INCENDIOS

4.2.1.1. Reserva de agua

El reglamento de Prevención, Mitigación y protección contra incendios del Ecuador, en su artículo No. 41, señala que la reserva de agua mínima para incendios es de 13 m³. Siendo más responsables en el cálculo, el cálculo de la reserva de agua exclusiva para uso de la red hídrica contra incendios se tomará

en cuenta el caudal requerido para que accionadas al menos 2 BIES a la vez, puedan trabajar durante 60 minutos seguidos.

El caudal de cada BIE será de 200 l/min

$$\text{CaudalBIE} = 200 \times 60$$

$$\text{CaudalBIE} = 1200 \text{ litros} \cong 12 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, podrán funcionar dos bocas hidráulicamente más desfavorables simultáneamente durante un tiempo de autonomía de 60 minutos, con una reserva mínima de:

$$\text{Reserva mínima de agua} = 12 \text{ m}^3 \times 2$$

$$\text{Reserva mínima de agua} = 24 \text{ m}^3$$

4.2.1.2. Red hídrica a instalarse

El presente proyecto contará con una red hídrica para prevención de incendios para cuya tomando como referencia las siguientes estimaciones:

- Dotación media diaria 200 l/h.d.
- Dotación máxima diaria 300 l/h.d.
- Dotación máxima horaria 12.25 l/h/h.

4.2.1.3. Caudal requerido

Para el cálculo del caudal requerido en la red hídrica, se parte de la siguiente fórmula:

- Caudal Medio Anual Diario (C.M.A.D.) = 2.31 lts/seg. •
Caudal Máximo Horario (C.M.D.) = 1.95 lts/seg.

Para dos gabinetes de uso simultaneo será de 200 l/min, es decir 3.33 litros por

segundo 6.66 l/seg por cada boca.

4.2.1.4. Presión de la Red

De acuerdo al Registro Oficial Ecuatoriano, Edición especial No 114 del jueves 2 de abril del 2009 en su Art. 37 *“La presión mínima de descarga (pitón) requerida en el punto más desfavorable de la instalación de protección contra incendios para vivienda será de 3.5 Kg/cm², es decir, 50 PSI y para industria de 5 Kg/cm², equivalente a 70 PSI”*. Este requerimiento podrá lograrse mediante el uso de un sistema adicional de presurización, el mismo que deberá contar con una fuente de energía autónoma independiente a la red pública normal para lo cual se instalará un sistema de transferencia automática y manual.

La presión requerida en el punto más crítico es de 3.5 kg/cm² para industria (70 PSI) según el reglamento de prevención de incendios más para el proyecto se ha considerado según calculo hidráulico de:

- Presión máxima de carga de agua 75 PSI
- Presión mínima de carga de agua 70 PSI

Para lo cual se ha considerado la instalación de equipos hidroneumáticos que trabajaran en forma alternada, uno exclusivo para bombeo de la reserva de bomberos, con una potencia estimada de 10 HP.

- Potencia a instalar
10HP
- Caudal 6.5 lts /
seg
- Cantidad requerida / tiempo de reserva 24000 litros / 60 min

4.2.1.5. Características de la succión

- Tipo Negativo
- Diámetro 3", 2 ½", 1 ½" pulgadas
- Tipo de motor Eléctrico 110/220 Voltios
- Potencia 10 HP.
- Acople motor bomba Directo
- Caja de arranque Desconexión Automática por flotador

Como parte de la instalación se colocará:

- Bomba Jocket
- Válvulas de compuerta, drenaje y check.
- Con sus respectivos acoples, de acuerdo a lo establecido en la norma.

4.2.1.6. Tubería a emplearse

La tubería a emplearse en la red hídrica del edificio será: en la red principal de 3", en derivaciones a gabinetes 2 ½" y en las acometida a los gabinetes con 1 ½" como consta en planos, con las siguientes características:

Material	Hierro Galvanizado
Tipo	Peso estándar
Presión de trabajo	150 psi
Especificación	ASTM A-120, Cedula 40

4.2.1.7. Toma Siamesa

Para el proyecto se ha previsto la ubicación de una válvula de impulsión o siamesa en el ingreso principal de la edificación, según consta en planos, la cual se conectará a la red hídrica del proyecto.

La siamesa es construida en bronce y de dos bocas o doble salida estándar con acople de tuerca giratoria, tapón de 2 ½" x 2 ½" x 4", que será colocada a una

altura de 0.90 m, en la parte exterior desde el nivel de la razante, con sus tapones correspondientes y un letrero con la leyenda USO EXCLUSIVO DE BOMBEROS, el niple hembra será de rosca NST, y la rosca de la siamesa será NPT.

4.2.1.8. Gabinetes Contra Incendios o BIE

Se ha previsto el equipamiento de gabinetes contra incendios, con una relación de 500 m² de superficie y con un radio de acción de 15 metros; los gabinetes serán metálicos, de color rojo chino y con unas dimensiones de 0.80 x 0.80 x 0.20 m, con una puerta de vidrio de 3 mm. Que no tendrá pegamento de ninguna índole para su fijación y equipado con todos sus accesorios como son:

- Válvula de ángulo de control de 2 1/2 "
- Válvula de ángulo de 1 1/2"
- manguera poliflex doble chaqueta de 1 1/2" de diámetro y de 15 metros de largo y de doble costura, Nicle y a.C.
- manguera, pitón para chorro niebla de 1 1/2",
- extintor de 10 lb. de P.Q.S., o C02,
- Hacha de bomberos
- llave Spaner,

La ubicación de los gabinetes, está determinado en el plano de recursos en el ANEXO 4.

4.2.1.9. Extintores

Se instalaran como equipamiento interior, extintores de Polvo Químico Seco de 10 lb. (P.Q.S.), extintores de C02 de 10 lbs. en las áreas en donde existan equipos eléctricos como en el cuarto de bombas, generadores transformadores, según constan en planos, ubicados de acuerdo a normativa por cada 100 m² de construcción, 10 libras de agente extintor, adicional en los espacios de almacenamiento de combustible y materiales inflamables se colocarán extintores volantes de 75 Kg. Su disposición está definida en el **Plano de Recursos**.

Tanto las salas de máquinas, sean estas para cuartos de bombas, generadores eléctricos o compresores, como para el piso técnico, contarán extintores de CO₂ de 10 libras, ubicados junto a la puerta de ingreso.

4.2.1.10. Rociadores O Sprinklers

Analizando la evaluación de riesgos realizada, se contempla incluir dentro del diseño del sistema de prevención de incendios, la colocación de rociadores montantes o colgantes de red húmeda en el área de bodega de materias primas y material de empaque, debido a la carga combustible existente en la zona por el almacenamiento de cartón y plástico principalmente.

Para la red de rociadores se ha tomado los siguientes parámetros:

- Tipo de riesgo: medio, factor 4
- Superficie máxima de cobertura de cada rociador: 20 m² para bodega de materias primas y material de empaque.
- Densidad de distribución: 0,9 l/seg.
- Separación máxima entre rociadores 4,50 m.
- Presión mínima de servicio en el rociador más desfavorable 22 m.c.a

Los rociadores automáticos a instalarse en el sistema de protección contra incendios, deberá tener un armazón y un bulbo de vidrio con solución de glicerina y deberán estar construidos de acuerdo a lo que dispone la norma 13 de la NFP A, capítulo 3.

Los rociadores a instalarse tendrán un orificio de ½" de diámetro y se accionaran a una temperatura que oscile entre los 60 grados centígrados.

Cada rociador debe cubrir un área de 20 m² y ha sido diseñada para proveer un caudal de 0,9 l/seg.

Las diferentes partes del rociador deberán estar construidas con los siguientes materiales:

- Bastidor Bronce fundido UNS-C84400
- Bulbo Vidrio con solución de glicerina al interior
- Deflector Latón UNS-C26000
- Detonador Cobre UNS-C11000
- Sello Teflón
- Bushing Latón UNS-C36000
- Tornillo Latón UNS-C36000

4.2.1.11. Pruebas De Instalación

La red se probará con agua a presión (150 PSI) manteniéndose con ella por lo menos 20 minutos sin que presente bajas de presión en el manómetro de pruebas, en caso existir fugas se deberá corregir y repetir las pruebas hasta que quede verificado todo el sistema de protección de incendios propuesto.

El caudal y la presión deberán probarse, por lo menos en tres puntos de su curva característica, el sistema deberá garantizar en sus líneas de distribución una presión de 1.5 veces la presión normal. El diseño de la red contra incendios es independiente de la red de agua potable para el servicio normal del proyecto como se indica en los planos de instalaciones sanitarias.

4.2.2. SISTEMA AUTOMATICO DE DETECCION DE INCENDIOS

El sistema automático de detección de incendios estará automatizado en una sola central de alarma, la misma que será monitoreada tanto por el guardia de turno como por la empresa de seguridad que vigila y monitorea la planta.

El sistema de detección de emergencias consta de:

4.2.2.1. Pulsadores

El proyecto contempla un sistema de alarma que serán de alta resistencia al impacto, operación de doble acción para evitar accionamiento accidental, con una placa con una leyenda que diga: ALARMA CONTRA INCENDIOS.

Estos pulsadores estarán colocados en la guardianía, junto a cada gabinete y en puntos estratégicos según se indica en planos, el cual activara una sirena automáticamente.

4.2.2.2. Sirena O Difusor De Sonido

Se colocara un sistema de alarma, compuesto por los pulsadores y por la sirena de emergencia, este sistema de alarmas o sirenas estarán ubicada en puntos estratégicos, desde donde se alertará a cada bloque de la edificación en caso de producirse un siniestro.

4.2.2.3. Lámparas De Emergencia

Para la evacuación en caso de un siniestro, se prevé la colocación de lámparas de emergencia de batería recargable, en puntos fijos de seguridad y supervisión del establecimiento, con una distancia máxima de 12 metros, situados en espacios de trabajo, en gradas, en las áreas de circulación y en las salidas de evacuación.

La iluminación de emergencia debe proporcionar un periodo mínimo de sesenta 60 minutos en el caso de corte de energía eléctrica. Las facilidades de la iluminación de emergencia estarán dispuestas para proporcionar una luminosidad inicial que sea de por lo menos el promedio de 10 lux y un mínimo en cualquier punto de 1 lux medido a lo largo del sendero de egreso a nivel del suelo.

Se debe permitir que los niveles de alumbramiento declinen a un promedio no menor a 6 lux y 1 lux mínimo en cualquier punto. Al final de la duración de la iluminación de emergencia, lo óptimo es 0,60 lux.

Tanto en el piso técnico, como en áreas de bombas y generadores eléctricos, se colocarán lámparas de emergencia.

4.2.2.4. Detectores de Humo

En concordancia con el Art. 50 del Reglamento Vigente Ecuatoriano, se instalará un sistema de detección tipo fotoeléctricos (ópticos), en áreas de oficinas, bodegas, áreas de máquinas y generadores con un radio de acción de 6 metros, compatibles con las líneas de control de la Unidad de Control (voltaje, corriente y comunicaciones), deberán considerarse en los puntos indicados en los planos, mismos que contarán con un PANEL DE CONTROL situado en un punto de control fijo, para el presente proyecto se ha destinado en la guardianía, pues posee 24 horas de vigilancia, los 365 días del año.

Todos los detectores de humo ópticos, deben ser de tipo convencional, cámara sensor óptica y única; también deben considerar una base de montaje separada, y LED para indicar operación normal: luz roja intermitente y activación de alarma: luz roja permanente. Los detectores deberán estar enlistados por UL 268, es decir bajo la norma Underwriters Laboratories: Norma para detectores de sistemas completos¹⁶. La conexión del detector a la base debe ser de fácil montaje, presionando la cabeza del sensor sobre la base girando 1/4 de vuelta. La conexión eléctrica debe ser mediante línea de control de 2 hilos.

El detector debe funcionar normalmente con velocidades de aire de hasta 5 metros por segundo, sin significar la activación de una falsa alarma; El

¹⁶ Revista Data Técnica (2007); Uso adecuado de detectores de humo Capítulo III, Obtenido el 21 de enero de 2012; Disponible en http://www.rnds.com.ar/articulos/034/RNDS_182W.pdf edición 34

detector debe funcionar normalmente dentro de un rango de temperatura ambiental entre 0°C y 38°C Y la humedad relativa permitida, entre el 10% y 93%; El detector podrá ser probado en el mismo detector mediante un interruptor de prueba; El detector debe poseer una cubierta removible para efectos de mantenimiento (limpieza) y una rejilla para la protección contra insectos.

En el área de calderas, se ubicarán detectores de temperatura, debido a que en ésta área no existe combustible que arda y genere humo, más el detector permitirá controlar la temperatura del área, permitiendo tener pronto accionar sobre un alza repentina de temperatura. De igual manera estarán integrados al sistema de detección de alarma.

4.2.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Al tratarse de una edificación de tipo mixta: hormigón y metal, existe la probabilidad de que descargas atmosféricas, más conocidas como rayos, hagan descarga en la edificación produciendo chispas que pueden causar el inicio de un incendio.

Por tal, dando cumplimiento a lo que dispone el código eléctrico y como protección de la edificación, se colocará descargas a tierra en circuitos independientes, de las descargas de uso domestico o comercial, así como sistemas de descargas atmosféricas (pararrayos).

Para lo cual se ha cotizado la instalación de 1 pararrayos que cubran el área de la edificación en su totalidad. Es un pararrayos tipo activo ionizante, marca SCHIRTEC E.S.E, modelo S-DA, cuyo radio de cobertura es de 99 m.

Contempla instalación tanto del pararrayo como de la conexión a tierra. Según oferta la toma a tierra será inferior a 5 ohmios Ω .

4.2.4. SISTEMA DE SEÑALIZACION

Es necesario se rotule todos los elementos del sistema considerado para prevención de incendios, para que se ubique el equipo instalado de una forma rápida, con información completamente visible que permita a los trabajadores, contratistas y visitantes de James Brown Pharma Planta Pifo conocer en caso de un siniestro su ubicación, los recursos que podrían utilizar y hacia donde poder dirigirse para evacuar el edificio sin complicaciones ni tropiezos.

La señalización incluirá:

- Dirección de salidas de escape
- Planos de evacuación
- Números telefónico de bomberos
- Anuncios de peligro en caso de presencia de combustibles, elementos eléctricos, materiales peligrosos o explosivos en tamaños conforme lo estipula la norma 439 del INEN.

Cabe indicar que la señalización será sonora, conformada por difusores de sonido, centrales computarizadas, sistemas inteligentes, etc. y visual con luces estroboscópicas, para el caso de personas discapacitadas.

4.2.5. Capacitación sobre Plan de Evacuación y Brigadas


En caso de incendio, se prevé la evacuación de los usuarios de la edificación, mediante la formación de brigadas conformadas de acuerdo al plan de autoprotección, dirigidas por un jefe de brigada, para lo cual se oficiará al Cuerpo de Bomberos para realizar un simulacro de evacuación, así como también la capacitación en el uso y manejo del equipamiento instalado.

4.3. RESULTADO DE LA PROPUESTA ECONÓMICA DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS. COSTOS

El diseño propuesto para el sistema de prevención de incendios está compuesto por las siguientes partes y sus respectivos valores de compra.

SISTEMA	RECURSO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	
RED HIDRICA	Gabinete BIES de 0.80 x 0.80 x 0.20 cm con válvula de ángulo de control de 2 1/2", válvula de ángulo de 1 1/2" manguera poliflex doble chaqueta de 1 1/2" de diámetro y 15 m de largo y de doble costura, niple y a.C de manguera, pitón para chorro niebla de 1 1/2", extintor de 10 lb CO2, Hacha de bomberos y una llave Spaner.	9,00	300,00	2.700,00	
	Toma siamesa con acople de tuerca giratoria, tapón de 2 1/2" x 2 1/2 x 4" niple hembra de rosca NST y la rosca de la siamesa NPT 180	1	400	400,00	
	Equipo de bombeo tipo Joker, de 10 HP	1	15000	15.000,00	
	Tubería 3"	17	100,00	1.700,00	
	Tubería 2 1/2"	10	79,00	790,00	
	Tubería 1 1/2"	10	67,00	670,00	
	Instalacion	1	2.000,00	2.000,00	
	SUBTOTAL				23.260,00
RECURSOS CONTRA INCENDIOS	Extintores CO2 de 10 lbs 65	4,00	77,00	308,00	
	Extintor satelital PQS 75 Kg	1,00	300,00	300,00	
	Lámparas de emergencia 17	20,00	30,00	600,00	
	SUBTOTAL				1.208,00
SISTEMA AUTOMATICO DE DETECCION DE INCENDIOS	Sistema instalado y monitoreado por CGB, monitoreo 24 horas, incluye tablero, instalación, cableado, detectores de humo, pulsadores y sirenas	1	8.000,00	8.000,00	
	SUBTOTAL				8.000,00
PARARRAYOS	Sistema de Pararrayos tipo ionizante	1	5006,4	5.006,40	5.006,40
SEÑALIZACIÓN	Letrero colgante SALIDA DE EMERGENCIA	20	6	120,00	
	Letrero PUNTO DE ENCUENTRO	10	4,5	45,00	
	Letrero SISTEMA DE BOMBEO	1	5	5,00	
	Letrero USO EXCLUSIVO DE BOMBEROS	1	4,5	4,50	
	Letrero ALARMA CONTRA INCENDIOS	11	3	33,00	
	SUBTOTAL				207,50
CAPACITACION	Capacitación Brigada Contra Incendios	1	500	500,00	
	Capacitación Brigada Primeros Auxilios	1	300	300,00	
	SUBTOTAL				800,00
	TOTAL SISTEMA PREVENCION DE INCENDIOS				38.481,90

Como se puede observar, la inversión en el sistema de prevención de incendios de la planta de producción James Brown Pharma C.A es de \$44.044,50. Debido al monto de la inversión se plantea realizarla de acuerdo al siguiente cronograma:

 PROYECTO: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PREVENCION DE INCENDIOS PLANTA PIFO					
MATRIZ DE PLANIFICACION PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO					
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	TIEMPO DE EJECUCIÓN	RECURSOS		DESVIACION
Aprobacion de Planos en el Cuerpo de bomberos del Distrito Metropolitano de Quito	Arq. Juan Valdez Ing. María Augusta Trávez	30 días	Pago tasa correspondiente	730,00	Correcciones por parte del Cuerpo de Bomberos
			Honorarios Arquitecto	1.300,00	
Cotización de los recursos necesarios para implementar el sistema de prevención de incendios	Ing. María Augusta Trávez Roberto Almeida	20 días			Demora en proveedores
Instalación Sistema automático de detección de incendios	CGB Seguridad	7 días	Pago contrato	8.000,00	Demora en instalación, problemas en cableado
Compra de Recursos para extinción de incendios	Roberto Almeida	15 días	Recursos de extinción de fuego	1.208,00	
Compra letreros de señalización	Jeaneth Loza	15 días	Letreros señalización	207,50	
Instalación Señalización	José Idrovo	5 días	Se realiza con personal de mantenimiento	-	
Compra tubería para red hídrica	Roberto Almeida	7 días	pago factura	3.130,00	
Compra Bomba de agua para red hídrica	Roberto Almeida	7 días	pago factura	15.000,00	Demora en importación, si no hay en stock
Instalación red hídrica	José Idrovo	45 días	pago factura	2.000,00	Descoordinación con los departamentos de producción, para realizar obras civiles para acometida y colocación de BIES
Instalación Pararrayos	Parmasueld C.A	30 días	pago factura	5.006,40	Incumplimiento por parte del contratista Demora en obras civiles

									
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS									
PLANTA PIFO									
ACTIVIDAD	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	
Aprobación de Planos en el Cuerpo de Bomberos del									
Cotización de los recursos necesarios del sistema									
Instalación Sistema automático de detección de Incendios									
Compra de Recursos para extinción de incendios									
Compra letreros de señalización									
Instalación Señalización									
Compra tubería para red hídrica									
Compra Bomba de agua para red hídrica									
Instalación red hídrica									

4.4. RESULTADO DE LA DETERMINACION DEL VALOR MONETARIO A SALVAGUARDAR. BENEFICIO

En todo proyecto es fundamental realizar el análisis económico del mismo, pues como se sabe una empresa es una entidad que al combinar recursos, su fin primero es generar lucro y luego servir al cliente; por tal el proyecto presente no se excluye de dicho análisis.

Como Beneficio se ha indicado que corresponde en este caso, todo bien que posee James Brown Pharma C.A en la planta de producción de Pifo, sumado el AHORRO de costos directos e indirectos generados a partir de un siniestro.

Es por esto que para determinar el valor monetario que tomaremos como beneficio para el análisis correspondiente, se parte de la póliza de seguros contratada por la compañía. Dicha póliza cubre:

RUBRO ASEGURADO	VALOR ASEGURADO
Muebles y Enseres	25.849,00
Materia Prima, Material Empaque y Producto Terminado	1'150.000,00
Maquinaria	1'355.605,15
TOTAL ASEGURADO	2'531.454,15

Como se indicó en la sección de Metodología, es importante contemplar el ahorro de costos generados a partir de un siniestro, pues se entiende que al proteger a la planta de producción de la ocurrencia de incendios, estamos protegiendo y evitando principalmente la pérdida de vidas humanas, valor incuantificable. Además se está evitando el pago de rubros referentes a costos indirectos y directos generados.

Para el análisis presente se simulará la ocurrencia del peor escenario, para lo cual se tomará en cuenta siniestro total con muerte de todos los ocupantes de la planta de producción.

Ante tal evento, el primer costo directo corresponde a la indemnización a los familiares de los trabajadores, para lo cual se partirá del Código del Trabajo, el cual en su Art. 369, tipifica que el empleador debe indemnizar a los derechohabientes de los fallecidos con el valor de la última remuneración multiplicada por 4 años.

Para efectos de cálculo, se toma en cuenta que en la planta de producción Pifo en el peor escenario fallecen 104 personas (total empleados), cuyo sueldo partiríamos del sueldo básico unificado:

Número fallecidos: 104

Sueldo Básico unificado: \$294,00

$$\text{Indemnización x muerte} = 104 \times 294 \times 12 \text{ meses} \times 4 \text{ años}$$

$$\text{Indemnización x muerte} = 1'467.648,00$$

En entrevista realizada al Gerente de Operaciones de la Planta de Producción Pifo, se preguntó cuántos días estima serán necesarios para la puesta en marcha de la planta, a lo cual supo responder que ante un siniestro total, la puesta en marcha de la planta sería en 6 meses aproximadamente, debido en primer lugar al tiempo empleado en limpiar los escombros, obras civiles por realizar en pisos y paredes, reactivación de sistemas eléctricos, sistema de aire, abastecimientos, contratación de personal, compra de maquinaria nacional e importada necesaria para iniciar incipientemente producción, tiempo complicado de estimar. Tomando este parámetro, se debe calcular 6 meses en que la planta no producirá nada, lo cual representa pérdida en ventas.

La planta de producción de Pifo genera el 80% de las ventas. En el año 2011, James Brown Pharma C.A alcanzó una venta de \$12'000.000,00; valor del cual partiremos para calcular la pérdida en ventas ante un incendio con siniestro total:

$$\text{Pérdida en Ventas} = 12'000.000,00 \times 80\%$$

$$\text{Pérdida en Ventas} = 9'600.000,00$$

Con el escenario presentado, es imposible que James Brown Pharma C.A pueda continuar operaciones, debería cerrar. Pero para efectos del análisis financiero, tomaremos el valor calculado.

Otro rubro a ser considerado es el valor por deducible a pagar para efectivizar el cobro del seguro de incendios. De acuerdo a la póliza contratada, el deducible corresponde al 10% del valor asegurado.

$$\text{Deducible} = \text{Valor asegurado} \times 10\%$$

$$\text{Deducible} = 2'531.454,15 \times 10\%$$

$$\text{Deducible} = 253.145,41$$

En resumen, el implementar un sistema de prevención de incendios en la planta de producción Pifo de James Brown Pharma C.A, salvaguarda los siguientes rubros:

BENEFICIOS	VALOR
Póliza de Seguros	2.531.454,15
Ahorro Indemnización familiares fallecidos	1.467.648,00
Ahorro Pérdida en Ventas por para de planta	9.600.000,00
Ahorro Deducible Seguro	253.145,41
TOTAL	13.852.247,56

4.5. CALCULO Y ANALISIS DEL INDICADOR COSTO-BENEFICIO

Para calcular el índice Costo beneficio, se debe relacionar los rubros

Costos: \$ 38.481,90

Beneficios: 13'852.247,56

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}}$$

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{38481,90}{13'852.247,56}$$

$$\text{Costo/beneficio} = 2,77 \times 10^{-3}$$

Es decir, la inversión de un sistema de prevención de incendios, que de cumplimiento a la normativa vigente y que asegure su eficiencia al momento de un siniestro, corresponde al 0,27% de los beneficios que el sistema brindará.

Si bien es cierto es una inversión relativamente alta a corto plazo, a largo plazo asegura tanto la inversión de los accionistas, como la vida de las personas que día a día brindan su fuerza de trabajo.

Con el índice obtenido, el análisis financiero es de fácil discusión.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis costo/beneficio del sistema de prevención de incendios en la planta de producción de una industria farmacéutica, se puede concluir:

1. La planta de producción de James Brown Pharma C.A, ubicada en la parroquia de Pifo, dentro del Distrito Metropolitano de Quito, una vez aplicado el Método Intrínseco de Evaluación de Riesgo de Incendios, tipificado en el RD 2267/2004 de la legislación española, arroja los siguientes datos:

Tipo edificación: Tipo C – edificación con separación mayor a 3 m de sus colindantes

Nivel de Riesgo intrínseco: Medio

Factor de Riesgo: 4

2. El diseño del sistema de prevención de incendios de la planta de producción, parte de la infraestructura existente. Se diseña dando cumplimiento a normas nacionales como internacionales, concluyéndose que James Brown Pharma, planta Pifo necesita para su sistema de prevención de incendios:
 - Red hídrica contra incendios, que cuente con una bomba tipo Jockey de 10 HP, 9 Bocas de Incendio Equipadas y una toma siamesa para abastecimiento de las motobombas del Cuerpo de Bomberos.
 - Sistema Automático de Detección de Incendios, centralizado en un tablero que lo monitoreará el personal de guardianía y la empresa que brinda el servicio de vigilancia por monitoreo. El sistema contará con detectores de humo centralizados, pulsadores de emergencia y sirenas, estratégicamente ubicados.

- Señalización, la misma que a pesar de existir en las instalaciones, por el momento es deficiente. La señalización a implementarse es de evacuación.
 - Sistema de descargas eléctricas, para lo cual debido al tamaño de la edificación y su disposición en el predio, se instalarán 3 pararrayos tipo ionizantes, con sus respectivas tomas a tierra, debidamente construidas.
 - Capacitación al personal de planta, pues es importante que conozcan el riesgo de incendios existente en la planta y la forma de actuación al momento de un siniestro. La formación de brigadas y su capacitación es fundamental
3. El costo de la inversión del sistema de prevención de incendios es el siguiente:

INVERSION SISTEMA PREVENCION INCENDIOS	
SISTEMA	VALOR
Red Hídrica	23.260,00
Recursos contra incendios	1.208,00
Sistema Automático de Detección de incendios	8.000,00
Sistema de Descarga Atmosférica	5.006,40
Señalización	207,50
Capacitación	800,00
TOTAL	38.481,90

4. El beneficio de tener un sistema de prevención de incendios en la planta de producción Pifo, no solo tiene que ver con el salvaguardar los bienes materiales, que de hecho están protegidos por una póliza de seguro de incendios, sino también el ahorro de rubros a desembolsar el momento que ocurra un siniestro. Para efectos del análisis, se tomó el peor escenario con la pérdida de todos los bienes y la muerte de todos los trabajadores. Adjunto los valores:

BENEFICIOS	VALOR
Póliza de Seguros	2.531.454,15
Ahorro Indemnización familiares fallecidos	1.467.648,00
Ahorro Pérdida en Ventas por para de plan	9.600.000,00
Ahorro Deducible Seguro	253.145,41
TOTAL	13.852.247,56

5. La conclusión fundamental, motivo del presente estudio, es determinar el índice costo/beneficio del proyecto. Es así que:

$$\text{Costo / beneficio} = 2,77 \times 10^{-3}$$

Es decir, el costo de implementar un sistema de prevención de incendios es de 0.00318, en términos porcentuales el 0,27% del total a salvaguardar tanto bienes como pagos a incurrirse en caso de siniestro. Financieramente el proyecto es viable, por tal razón, el presente proyecto, hoy por hoy es un proyecto que cuenta con el visto bueno de aprobación en la ejecución por parte de Gerencia General, por la cual se lo ha presentado al Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano, quienes luego de su revisión han dado su aprobación y está en vías de implementación de acuerdo al cronograma indicado.

En cuanto a recomendación, sobra indicar que el fuego así como es un gran aliado en los procesos productivos, también es un feroz enemigo si no se lo controla. Implementar un sistema de prevención de incendios no es un gasto, es una inversión que protege la inversión realizada.

6. BIBLIOGRAFIA

6.1. NOTAS AL PIE

¹ PreventionWorld, La formación en la lucha contra incendios en las empresas, edición 12, 19/07/2006

² Rubio Romero, Juan Carlos; Manual para la formación del nivel superior en prevención de riesgos laborales; Ediciones Díaz de Santos, 2005

³Guerrero Sánchez, Gonzalo; Incendios y explosiones, Editorial Tebar, 2da Edición, 2008

⁴ Foro de Seguridad; Las principales causas de incendios; Obtenido en línea el 10 de octubre de 2012; Disponible en

http://www.forodeseguridad.com/artic/prevenc/prev_3023.htm.

⁵ ISTAS (2009); Incendio y Explosión; Obtenido el 12 de octubre de 2012:

Disponible en línea en

http://www.istas.ccoo.es/descargas/gverde/INCENDIO_EXPLOSION.pdf

⁶ Considere los sistemas de protección de pararrayos(2010), Belt Ibérica S.A.

Obtenido el 19 de febrero de 2012. Disponible en

http://www.belt.es/noticiasmdb/home2_noticias.asp?id=10577

⁷ Conectapyme (2010); El fuego y los medios de protección contra incendios;

Obtenido en línea el 20 de octubre de 2011; Disponible en

<http://www.conectapyme.com/gabinete/emergemap/guia/nivel2apartado4.html>;

⁸ RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

⁹ NFPA 10 Extintores portátiles contra incendios

¹⁰ Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra incendios, MIES, 2009

¹¹ NFPA 13, Norma para la instalación de Sistemas de Rociadores, 2010

¹² NFPA Journal Latino (2011); Moncada, Jaime; Protección contra incendios en bodegas de almacenamiento, Obtenido el 01 de diciembre de 2011; Disponible en: http://www.nfpajournal-latino.com/?activeSeccion_var=50&art=402.

¹³ Library Economics Liberty (2008); Paul R. Portney; Benefit Cost Analysis: Obtenido el 12 de diciembre de 2011; Disponible en <http://www.econlib.org/library/Enc/BenefitCostAnalysis.html>

¹⁴ Boardman, Anthony E., David H. Greenberg, Aidan R. Vining, and David L. Weimer. *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. 2d ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2001.

¹⁵ NFPA (2011); John R. Hall; The total cost o fire in the United States; Obtenido el 12 de diciembre de 2011; Disponible en <http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/OS.totalcost.pdf>.

¹⁶ Revista Data Técnica (2007); Uso adecuado de detectores de humo Capítulo III, Obtenido el 21 de enero de 2012; Disponible en http://www.rnds.com.ar/articulos/034/RNDS_182W.pdf. edición 34

6.2. NORMATIVA

- NFPA 10: Extintores Portátiles Edición 2007
- NFPA 13: Instalación de Sistemas de Rociadores Edición 2007
- NFPA 72: Código Nacional de Alarmas de incendios - Edición 2007
- Ecuador: Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, 2009, Ministerio de Inclusión Económica y Social
- NFPA 780: Standar for the installation of lightning protection systems
- Ecuador: Ley de Defensa contra Incendios, 1979, reformada en 2003
- España: Real Decreto 2267/2004 Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos Industriales
- NTP 599 Evaluación del Riesgo de Incendios
- NTP 831 Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (I)

- NTP 832 Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RD 2267/2004) (II)
- NTP 766 Cálculo Carga Combustible Ponderada

ANEXO No. 1

ORGANIGRAMA GENERAL JAMES BROWN PHARMA C.A

ORGANIGRAMA PLANTA DE PRODUCCION PIFO

ANEXO No. 2

**PLANO DE PLANTA DE PRODUCCION PIFO
SECCIONADO POR AREAS**

ANEXO No. 3

**REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES
DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
(Anexo III del Real Decreto 2267/2004)**

ANEXO No. 4

DISEÑO DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

**PLANOS APROBADOS POR EL CUERPO DE BOMBEROS DEL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO**

APROBACION DEL PROYECTO

SISTEMA RED HIDRICA

SISTEMA DE DETECCION AUTOMATICA DE INCENDIOS

SISTEMA DE SEÑALIZACION DE EMERGENCIA

ANEXO No. 5

COTIZACIONES SISTEMA DE PREVENCION DE INCENDIOS

ANEXO No. 6
EVALUACION RIESGO DE INCENDIOS