

Caracas, Mayo 2002

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Rafael Peraza, titulado:

**“Diseño de un Sistema de Protección Contra
Incendios para una Sala de Computación”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducentes al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el Bachiller Rafael Peraza, lo declaran APROBADO.

Prof. Frank Pietersz
Jurado

Prof. Eric Omaña
Jurado

Prof. Félix Flores
Tutor Académico

Ing. Pedro Pérez Barrientos
Tutor Industrial

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA SALA DE COMPUTACIÓN

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Peraza, Rafael
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2002

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA SALA DE COMPUTACIÓN

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Félix Flores

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Pedro Pérez Barrientos

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
Peraza, Rafael
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2002

DEDICATORIA

A Dios, por permitir que el mundo y nosotros sigamos siempre los mejores caminos, por darme la fuerza necesaria para elegir esta gran y hermosa carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Central de Venezuela.

Dedico el esfuerzo y entusiasmo con los que realicé éste manuscrito, a las personas mas importantes en mi vida, **MIS PADRES**, Rafael y Alexis, ellos, con su amor y paciencia lograron hacer de mi persona un hombre digno, feliz, motivado y lleno de alegrías durante todas las etapas de mi vida, herramientas que he usado, uso y usaré para combatir las adversidades del día a día. Con ellos, he reído y llorado ante muchas circunstancias, pero es ésta una especial ocasión para decirles GRACIAS y “LOS QUIERO”

Hermana, con cada sonrisa y acto bondadoso, lograste impulsar el espíritu de seguir luchando en mi trabajo especial de grado, por ello y por ser tú tan especial, te dedico estas palabras cargadas de cariño y emoción.

LES QUIERE
Rafael Peraza

Mayo, 2002

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios, quien permitió darme vida y esperanza para continuar y finalizar este trabajo.

Agradezco nuevamente a mi familia, Rafael, Alexis y María Fernanda mi hermana por brindarme todo el apoyo humanamente posible y que con su cariño me colmaron de aliento.

A todos los profesores de esta ilustre escuela, en especial al Profesor Félix Flores, quien cumplió su función de Ingeniero y en especial de Educador.

A la empresa PDVSA y los trabajadores con quienes compartí, los cuales me dieron la oportunidad de conocer sus valores y dejar contagiarme de los mismos. Al Ingeniero Pedro Pérez y al Ingeniero Siegfried Diller por su paciencia y dedicación al instruir mi trabajo especial de grado.

Agradezco a mis compañeros de estudio, por su siempre activa participación en el desarrollo de este trabajo y sobre todo, por ser amigos que estrechan sus manos con cariño para brindarme ayuda frente a las dificultades salvadas.

Agradezco a todos aquellos que de alguna u otra forma hicieron posible la finalización de mis estudios Universitarios. Por todo esto:

¡GRACIAS!
Rafael Peraza

Mayo, 2002

Peraza G., Rafael G.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA UNA SALA DE COMPUTACIÓN

Tutor Académico: Prof. Félix Flores. Tutor Industrial: Ing. Pedro Pérez.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Mecánica. 2002, 146 pág.

Riesgo, Incendio, Análisis, Verificaciones

El objeto de este trabajo fue el diseño de un sistema protección contra incendios, para ello, se realizó un análisis de riesgo con su respectivo informe, considerando los constantes cambios y modificaciones realizadas en la sala de computación; se identificaron los peligros asociados que acarreen riesgos de incendios. Con base en los resultados y las limitaciones de diseño arrojados del informe del análisis de riesgo, se compararon dos agentes extinguidores que cumplieran con los requerimientos exigidos y se procedió a la selección de uno de ellos tomando en cuenta aspectos ambientales, técnicos, económicos y persiguiendo intereses de la empresa. Se establecieron pautas y metodologías para los cálculos concernientes a la cantidad de agente necesaria para proteger el área y para la ubicación de las redes de distribución de tuberías. Posteriormente se verificó que las caídas de presión no excedieran lo máximo permitido por las normas referentes a sistemas de protección contra incendios. Con el agente, sistema y características del conjunto ya conocidas se evaluaron las alternativas existentes en el mercado para el sistema de detección, postulando el adecuado según los requerimientos y exigencias estandarizadas.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
OBJETIVOS	
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
DEFINICIONES.....	4
MARCO TEÓRICO	
<i>Clasificación de los fuegos</i>	7
<i>Mecanismos de Extinción</i>	8
<i>Agentes Extinguidores</i>	10
<i>Agua</i>	10
<i>Productos humectantes</i>	12
<i>Espuma</i>	12
<i>Polvo químico</i>	14
<i>Dióxido de carbono CO₂</i>	15
<i>Agentes halogenados</i>	17
<i>Gases inertes</i>	20
<i>Protocolo de Montreal</i>	22
<i>Reducción de la capa de ozono (ODP)</i>	26
<i>Tiempo de vida atmosférica (ALT)</i>	28
<i>Calentamiento Global (GWP)</i>	29
<i>Análisis de riesgos</i>	33
<i>Análisis Preliminar de Peligros (APP)</i>	33
<i>Estudios de Peligros de Operabilidad (Hazop)</i>	37
<i>Auditorías Técnicas de Seguridad</i>	38
<i>¿Qué pasaría sí? (What if?)</i>	39
<i>Sistemas de protección contra incendios</i>	41
<i>Funcionamiento de un sistema fijo de extinción</i>	42
<i>Sistemas de alarma</i>	44
<i>Sistema local</i>	44

<i>Sistema auxiliar</i>	44
<i>Sistema de estación remota</i>	45
<i>Sistemas particulares</i>	45
<i>Sistemas de comunicación en emergencias alarma/voz</i>	45
<i>Sistemas de estación central</i>	46
<i>Sistemas de detección</i>	47
<i>Detectores de estación simple o múltiple</i>	47
<i>Sistema doméstico de alarma</i>	47
<i>Sistemas combinados</i>	48
<i>Detectores automáticos de incendios</i>	49
<i>Detectores térmicos</i>	49
<i>Detector de compensación de velocidad</i>	50
<i>Detectores termovelocimétricos</i>	50
<i>Detectores combinados</i>	50
<i>Detectores de efecto termoeléctrico</i>	51
<i>Detectores de humo</i>	51
<i>Detectores de ionización</i>	52
<i>Detectores Fotoeléctricos</i>	52
<i>Detectores de llama</i>	53
<i>Detector de infrarrojos (IR)</i>	53
<i>Detector de ultravioletas (UV)</i>	53
<i>Flujo de fluidos en tuberías</i>	54
<i>Viscosidad</i>	55
<i>Densidad, Volumen específico y Peso Específico</i>	56
<i>Número de Reynolds</i>	56
<i>Flujo Límite de Gases y Vapores</i>	58
<i>Fricción en las paredes internas de las tuberías</i>	59

CAPÍTULO I

Diseño del sistema de protección contra incendios

<i>Características de la Sala de Computación</i>	62
<i>Justificación del método de Análisis de Riesgo</i>	65

<i>Identificación de Peligros</i>	67
<i>Cuadro resultado What If?</i>	70
<i>Discusión resultados análisis de riesgo</i>	71

CAPÍTULO II

<i>Selección del agente Extinguidor</i>	73
<i>Comparación de los agentes</i>	76
<i>FM-200</i>	76
<i>INERGEN</i>	76
<i>Cantidad de agente necesario</i>	78
<i>Para INERGEN</i>	79
<i>Para FM-200</i>	80
<i>Comparación Técnica-Económica</i>	80
<i>Para INERGEN</i>	81
<i>Para FM-200</i>	81

CAPÍTULO III

<i>Cálculos y selección de tuberías</i>	83
<i>Metodología de cálculo</i>	84
<i>Cálculo tipo de la cantidad de agente para un área determinada</i>	87
<i>Distribución de tuberías y selección de diámetros</i>	90
<i>Cálculo de Velocidades</i>	97
<i>Verificación de la Selección de tuberías (cálculo tipo)</i>	99
<i>Número de Reynolds</i>	102
<i>Factor de Fricción</i>	104
<i>Caída de Presión</i>	106

CAPÍTULO IV

<i>Sistema de detección de incendios</i>	109
<i>Ejemplo de los detectores de humo fotoeléctricos</i>	113

CAPÍTULO V	
<i>Detalles constructivos</i>	114
<i>Advertencias</i>	118
CAPÍTULO VI	
<i>Listas de precios y costos</i>	119
<i>Precios de tuberías</i>	119
<i>Precios componentes específicos del sistema</i>	121
<i>Precios componentes del sistema de detección</i>	122
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES.....	127
APÉNDICE A.....	128
APÉNDICE B.....	137
ANEXOS.....	140
PLANOS.....	149

INTRODUCCIÓN

El concepto de *proteger* según el diccionario Pequeño Larousse: “Tomar la defensa de uno: proteger a los desvalidos. Apoyar, ayudar...” y los sinónimos referidos son: “Abrigar, adoptar, defender, inmunizar, ***precaver, preservar, resguardar, salvar***”. Es bien conocido por todos el significado de la mayoría de las palabras anteriormente expuestas, todas hacen connotación de la palabra proteger, pero el sentido adoptado en este trabajo se inclina hacia tomar precaución de posibles daños y resguardo al personal, material y equipos.

La pregunta que debemos formularnos es: ¿De cuáles peligros se debe resguardar el sistema?, (en el caso presentado el sistema será la sala de computación). Podríamos pensar fácilmente en cualquier eventualidad inesperada o incluso en catástrofes naturales con consecuencias desequilibrantes para el sistema como inundaciones, terremotos, tormentas, maremotos, tornados y otros; estos sucesos son de ocurrencia improbable por lo que se hace extremadamente complicado aplicar un diseño de protección al sistema. Por otro lado existen fenómenos provocados por circunstancias indeseables, por comportamiento de los operadores o mal manejo de materiales e instalación de los equipos que provocan daños al sistema como incendios; es allí precisamente donde dedicaremos esfuerzos, en la protección contra incendios, en los equipos y resguardo de la valiosísima información que se procesa en la sala de computación. Haciendo una evaluación de riesgo, selección de un agente extinguidor adecuado y posterior cálculo y diseño del sistema fijo de protección contra incendio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la industria petrolera se preocupa por la conservación del medio ambiente, tratando de adaptar todas sus actividades y procesos a las regulaciones ambientales; no es excepción el caso de los agentes extinguidores de incendios, los cuales, algunos de ellos son contaminantes y deben ser retirados de cualquier uso. La sustitución de estos agentes, en específico Halón 1301 (usado con frecuencia en áreas de la industria petrolera) es motivo de estudio detallado. Se presenta la problemática de cual es el *agente* y el *sistema* de extinción de incendio adecuado para proteger una sala de computación, la misma ha sido reestructurada en varias oportunidades, incorporando equipos más tecnificados, instalando nuevos accesorios y seccionando el área total de la sala; los riesgos implícitos con estas nuevas modificaciones físicas del ambiente son distintos que los de hace 20 años atrás, es por esa razón que se deben identificar nuevamente los peligros y riesgos asociados a la sala de computación. Posterior al estudio y, basándose en los resultados obtenidos se hará la selección del agente extinguidor para luego y finalmente establecer los parámetros de diseño del sistema fijo de protección contra incendios, tomando en cuenta factores de riesgo, costos, contribución a la contaminación global, calidad de extinción y otros. Se desea establecer los parámetros y limitaciones del diseño para un sistema de protección contra incendios. Los cálculos pertinentes y selección de las tuberías, se harán hasta un nivel de ingeniería conceptual.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de protección contra incendio para una sala de computación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de riesgo en la sala de computación.
- Determinar las características de ocupación de la sala en cuestión.
- Seleccionar un agente de extinción contra incendios haciendo un estudio comparativo con factores técnicos, ambientales y económicos.
- Realizar la ingeniería conceptual del diseño del sistema.
- Estimación de costos relacionados con la ingeniería conceptual.

DEFINICIONES

Análisis de árbol de fallas: Es un método para identificar condiciones lógicas de fallas de equipos y errores humanos, que pueden resultar en un accidente, siendo por tanto una técnica deductiva que a partir de un evento tope provee la metodología para determinar sus causas.

Análisis cuantitativo de riesgos: Es un método de ingeniería y formulaciones matemáticas, combinadas con información estadística de fallas, para producir resultados numéricos de consecuencias de accidentes y sus frecuencias o probabilidades de ocurrencia, usados para estimar riesgos.

Capacidad de resistencia al incendio: Es el tiempo que transcurre para que un material alcance una temperatura crítica predeterminada, cuando está cubierto por una capa de espesor específico de un revestimiento contra incendio.

Detector de incendio: Dispositivo diseñado para funcionar por la influencia de ciertos procesos físico-químicos que preceden o acompañan cualquier fenómeno de combustión, tales como: calor, humo, llamas y productos de combustión.

Detector combinado: Detector de incendio que responde a mas de un principio o modo de funcionamiento.

Detector lineal: Dispositivo que sensa de forma continua a lo largo de su recorrido.

Detector puntual: Dispositivo cuyo elemento sensor se concentra en un solo punto. Tal es el caso de los detectores de calor del tipo elemento fusible y de los detectores de humo.

Diagrama de lógica: Es la representación gráfica de una combinación lógica de secuencia de eventos, que conducen hacia o desde una etapa determinada.

Error humano: Es el conjunto de acciones de diseñadores, operadores que pueden contribuir o terminar en un accidente.

Espacios cerrados: Edificio, sala o espacio tridimensional, encerrado en más de dos tercios ($2/3$) del área proyectada en planta. Para un edificio típico, esto requeriría que existan mas de dos tercios ($2/3$) de las paredes, cielo raso y/o techo. También se considera espacio cerrado, cualquier espacio por debajo del nivel del suelo,

Estación central de alarma: Centro de recepción de todas las señales de alarma de una instalación, el cual se ubicará en un sitio con atención permanentemente personal (Cuerpo de bomberos, sala de control).

Estación manual de alarma: Dispositivo formado por elementos mecánicos y eléctricos debidamente montados en una caja metálica cerrada, que al ser operada manualmente, permite transmitir una señal de alarma al tablero central de control.

Evento: Suceso que envuelve el comportamiento de un equipo, una acción humana o un agente o elemento externo al sistema y que causa desviación de su comportamiento normal.

Incendio: Fuego grande que abrasa lo que no esta destinado a arder, como edificios, casas y cualquier tipo de materiales.

Riesgo: Medida de pérdidas económicas, daño ambiental o lesiones humanas, en términos de la probabilidad de ocurrencia de un accidente(frecuencia) y magnitud de las pérdidas, daño al ambiente o de las lesiones (consecuencias).

Señal de alarma: Aviso característicos de tipo audible o visible, utilizado para indicar una emergencia que requiere atención inmediata.

Tablero central de control: Gabinete o conjunto modular que contiene los dispositivos, circuitos o controles necesarios para emitir y recibir señales supervisoras, señales de alarma, activar dispositivos iniciadores de alarma y otros accesorios.

Zona de riesgo de incendio: Zona donde existen fuentes potenciales de incendio de intensidad y duración suficientes para causar daños o soportes, estructuras de acero, cables eléctricos y/o líneas de señales de instrumentación, ubicadas en dicha zona.

MARCO TEÓRICO

Es evidente que para el entendimiento del lector, es necesario discutir algunos puntos y temas de relevancia que en ningún momento están desligados de los objetivos del trabajo. Para comprender muchas de las decisiones tomadas a lo largo del trabajo debemos hacer explicaciones resumidas a cada caso y definir parámetros teóricos. Ahora bien, expondremos a continuación las teorías por las cuales se rigen algunas prácticas en la protección y prevención de incendios, pasando desde las definiciones básicas del tema, los métodos de análisis de riesgo, hasta todos los criterios que debemos seguir para la selección de agentes e instalaciones de sistemas de protección contra incendios.

Se comenzará por explicaciones básicas como lo son la clasificación de los fuegos según el material combustible y los mecanismos de extinción de los mismos.

Clasificación de los fuegos:

Fuego Clase A: Son aquellos provocados por materiales comunes como madera, papel, cartón, textiles, cables y en general la mayoría de materiales sólidos excepto metales.

Fuego Clase B: Son aquellos que ocurren en los vapores o gases de líquidos inflamables, como gasolina, aceites, pinturas, disolventes y algunos sólidos que se quemen en estado líquido como alquitrán y parafinas. La limitante de oxígeno o el efecto de inhibición de combustión es de vital importancia en fuegos incipiente de esta clase.

Fuego Clase C: Fuegos que ocurren en equipos energizados. Para la extinción de estos incendios es necesario agentes que no conduzcan electricidad.

Fuego Clase D: Provocados por metales combustibles ligeros y alcalinos tales como magnesio, aluminio, titanio, sodio, potasio, etc.

Esta clasificación es basada en normativas internacionales, adoptada y aprobada por Venezuela en su norma COVENIN 1040.

Mecanismos de Extinción

Debemos entender la fisiología del fuego para poder explicar los métodos o mecanismos de extinción. Para que se produzca fuego es necesario tener condiciones especiales y la combinación de ellos. Estos factores son, calor, oxígeno, combustible y reacción en cadena. Basándose en estos conocimientos, se han dedicado esfuerzos en desarrollar mecanismos de extinción tratando de apartar uno de los cuatro componentes y de esta manera romper con el tetraedro del fuego; se clasifican de la siguiente manera:

- Por sofocación: Se trata de alejar o extraer el oxígeno necesario para la combustión del fuego, esto se puede lograr cubriendo la llama con capas de arenas o espumas. Uno de los mejores agentes extintores de incendio por sofocación es el dióxido de carbono el cual desplaza al oxígeno del ambiente donde ocurre el fuego.

- Por Inanición: Es un mecanismo muy difícil de lograr el cual consiste en remover el combustible del fuego, se usa generalmente para incendios clase B líquidos inflamables, bombeando el mismo (retirando) a tanques vacíos y de esta manera bajar las concentraciones de los vapores a las mínimas de evaporación.

- Por Enfriamiento: Quizá sea el mecanismo más conocido, se trata de enfriar la llama extrayéndole calor latente de vaporización consumida por el agente extintor.

- Inhibición: El mecanismo de inhibición consiste en cortar la reacción en cadena que proporciona la combustión, el oxígeno se combina con las moléculas de combustible en una serie de sucesivos pasos intermedios.

Estos pasos son denominados ramas de la reacción en cadena y son responsables de la evolución de la llama. Al fragmentarse las moléculas en los pasos intermedios de la reacción en cadena, se forman productos llamados radicales libres y son estos el factor determinante de la velocidad de frente de llama. La vida de estos hidroxilos (radicales libres) es verdaderamente corto, 0.001 segundos aproximadamente, pero suficiente para ser de vital importancia en la combustión. Son precisamente estos radicales los retirados de la reacción en cadena para la extinción del fuego, es provocado por químicos secos y agentes hidrocarbonados halogenados.

Para el control del incendio es de suma importancia conocer muchos otros factores que solo el tipo de material en combustión, es necesario considerar por ejemplo:

- Tipo de ignición.
- Velocidad de la llama.
- Calor de combustión.
- Potencial calorífico.
- Opacidad de humos.
- Gases de fuego (toxicidad y corrosividad).
- Medio ambiental del incendio.

En el desarrollo de este trabajo no explicaremos en detalle los puntos anteriores, puesto que se desviaría de los objetivos planteados, además de este argumento existe otro de mayor importancia y es el de la selección del agente, para dicho propósito se deben listar una serie de agentes ya existentes en el mercado para que de manera crítica se seleccione uno de ellos; para la cual no es necesario conocer en profundidad los factores antes mencionados, a pesar

que se deben tomar en cuenta para determinar los factores de selección (para el desarrollo investigativo de nuevos agentes extinguidores si se debe hacer explicaciones detalladas de los mismos).

Agentes Extinguidores

De manera generalizada podemos nombrar los tipos de agentes adecuados para el combate de incendios, dependiendo por supuesto del tipo de fuego que se presente, los materiales presentes en la combustión y las condiciones del ambiente donde se suscite el incendio.

❖ AGUA:

Es un agente extinguidor que se encuentra en abundancia, económico y fácilmente disponible. De gran efectividad que sin embargo ha variado con las nuevas tecnologías y cuyo uso resulta muchas veces contraproducente o peligroso. El agua como agente actúa de tres maneras diferentes y sus efectos son los siguientes:

.- *Choque*: Una masa líquida en forma de chorro a presiones convenientes, corta la base de la llama.

.- *Enfriamiento*: Al poseer alto calor específico, el agua absorbe calor de la combustión y esta vaporización del agua reduce el fuego.

.- *Sofocación*: Al evaporarse el agua forma sobre el fuego una atmósfera inerte. Este vapor dificulta el paso del oxígeno atmosférico que por inhibición sofoca el fuego.

Características: A igualdad de peso, el agua puede absorber mas calor que cualquier otro agente extintor. Al evaporarse aumenta hasta 1700 veces su volumen inicial, diluyendo la mezcla aire-gas que mantiene la combustión.

Según la clase de fuego, la aplicación del agua debe ser variada. Mientras para incendios de clase A es conveniente el empleo de chorros compactos, por su poder de penetración, en fuegos de clase B, este procedimiento es inadecuado por que el agua directa actúa de manera dispersante, remueve la superficie del líquido en combustión y favorece la evaporación, por lo que en consecuencia activaría el incendio.

Agua pulverizada: En ciertos incendios, el agua atomizada o pulverizada en relación con el agua directa, resulta mas efectiva aunque se trate de fuegos de gran magnitud. El agua pulverizada por medio de difusores proyecta masas de agua de gotas muy finas, consiguiendo gran eficacia extintora. Además en forma de neblina, proporciona al personal una pantalla protectora que le permite actuar con mayor proximidad al fuego. Sin embargo posee la desventaja de su corto alcance. El agua pulverizada actúa de tres formas de diferentes, las cuales se complementan en la extinción:

.- *Enfriamiento:* El agua pulverizada en contacto con el fuego absorbe al vaporizarse una gran cantidad de calor. Siendo su calor latente de vaporización unos 540 cal/g.

.- *Sofocación:* El vapor de agua formado, genera una atmósfera o barrera entre el combustible y el oxígeno atmosférico. Además parte del agua no vaporizada también produce este efecto.

.- *Disolución:* En incendios de líquidos solubles en agua, la pulverización disminuye superficialmente el combustible, facilitando la extinción del mismo. Al mismo tiempo se forma una mezcla espumosa, combustible-agua, que ejerce una acción inhibitoria por el aire (en este aspecto, el agua directa dispersaría el foco del fuego extinguiendo el mismo).

Efectos y contrastes: El agua pulverizada es eficaz en los fuegos de kerosene, fueloil, aceites lubricantes y otros líquidos viscosos pesados. En contraste en incendios de líquidos muy ligeros como gasolinas, etc, y aunque el agua tienda a absorber calor e impedir la extensión del fuego, no resulta en estos casos un extintor eficaz. En líquidos combustibles muy volátiles, alcoholes, acetonas, etc., y siendo algunos solubles en ella, el agua pulverizada actúa como diluyente de las capas superficiales. En general, el agua pulverizada es eficaz en fuegos de clase B, por su alto poder enfriante. Por el contrario del agua directa que contribuiría por disociación a propagar el fuego.

Fuegos Eléctricos: En fuegos que interviene la corriente eléctrica deben tomarse precauciones. El agua directa es muy buen conductor de electricidad, y por tanto peligroso en estas situaciones. En cambio, el agua pulverizada no presenta ningún peligro de conducir la corriente eléctrica debido a sus finas gotas aisladas, no conductoras de ésta. En general deben tomarse precauciones referentes a la distancia entre la corriente y la boquilla de la lanza que sostiene el personal, y su utilización a presiones adecuadas. Sin embargo siempre existe un elemento de peligro adicional.

Otras peculiaridades: En recintos cerrados u otros lugares enrarecidos por humos y vapores, el agua pulverizada posee un gran poder dispersante, clarificando atmósferas y facilitando los trabajos de extinción y la permanencia.

❖ **PRODUCTOS HUMECTANTES**

Son sustancias que adicionadas al agua de extinción hacen aumentar su eficacia. Facilitan una mayor difusión sobre la superficie de otra materia, por reducción de la tensión superficial del agua. La acción extintora sobre el fuego, consiste en facilitar una mayor penetración en el combustible que quema y retrasar la vaporización. Esta penetración se realiza siempre en materiales porosos como el caso de los textiles.

Los productos humectantes al reducir la tensión superficial del agua cuando se disuelven en ella, hacen aumentar su eficacia. Los espumógenos, el agua ligera, etc.. son agentes humectantes.

❖ **ESPUMA**

Es un agente extintor especial para fuegos de clase B (hidrocarburos, etc.). La espuma actúa sobre las superficies líquidas, neutralizando así, el acceso a la atmósfera de los vapores flamables. De esta forma se consigue aislar el líquido de las temperaturas de fuego y enfriar las superficies afectadas. Por su ligero peso e insoluble en la mayoría de los líquidos, la espuma flota en la superficie de los

mismos, formando una cobertura o capa. Esta barrera es esencial en la extinción de líquidos, porque sofoca los vapores flamables del combustible, al mismo tiempo que corta al fuego.

Para líquidos disolventes polares (alcoholes, acetonas, etc.), la espuma normal, es destruida rápidamente. Este tipo de fuegos requiere un promedio de aplicaciones de espuma, de hasta cinco veces mayor que en condiciones de líquidos no polares. En fuegos de clase A, la espuma es igualmente un extintor excelente. En recintos confinados a bajos niveles (plantas subterráneas, estacionamientos, bodegas de barcos, etc.), la espuma presenta una gran eficacia en la extinción por inundación total. De esta forma no se arriesga el paso de los bomberos a situaciones que suelen resultar peligrosas.

Composición: La espuma forma una agregación íntimamente empaquetada de burbujas de gas separadas entre sí, por líquido. Si la espuma no fuese tan común, sorprendería que pudiese existir. Ninguna de las obvias propiedades de un líquido, conducirían a suponer, que películas tan delgadas pudieran sostenerse por sí misma, durante un tiempo apreciable y contra el efecto de la gravedad.

Las burbujas formadas con agua y aire o gas y dispersadas en películas finas, poseen mejor densidad que el agua o el petróleo, son mas ligeras que el aceite, además de ser también cohesivas y estables.

Burbujas: Forman el esqueleto de la espuma. El fino espesor de las paredes de las burbujas, posee una influencia directa en la capacidad extintora de la espuma.

De forma indirecta, la acción de las burbujas sobre el fuego puede resumirse de la siguiente manera:

- .- En fuego de sólidos y debido a la reflexión del calor, contribuyen al enfriamiento de las superficies en llamas.
- .- En fuegos de líquidos, previenen la emanación de vapores volátiles.
- .- Penetran en resquicios y cavidades donde pueden quedar acumulados líquidos combustibles.

.- Neutralizan la formación de gases y vapores tóxicos, producto de la combustión.

Tipos de espuma: En general, son dos los tipos de espuma que se producen por métodos especiales:

- ✓ Espuma química: Se genera por reacción química a partir de la cual una masa de burbujas contenido CO_2 forma una capa de espuma.
- ✓ Espuma física o mecánica: Se genera por acción mecánica del agua con un agente espumante, produciendo burbujas de aire.

❖ **POLVO QUÍMICO**

El polvo químico está compuesto por una mezcla de sales metálicas finamente pulverizadas. Este producto extintor en estado pulverulento, va adicionando con un agente de tipo hidrófugo que impide el apelmazamiento del polvo, por humedad ambiental. El lanzamiento del polvo fuera del aparato extintor, se expulsa a través de pistolas difusoras, boquillas o tuberías. La expulsión se verifica por medio de un gas auxiliar bajo presión (dióxido de carbono. Nitrógeno, aire seco, etc.).

Clases de polvo extintor: Se distinguen tres grupos principales de polvos químicos extintores, en función de las diferentes clases de fuego que puedan intervenir. En general la acción extintora posee una misma base, sofocar el fuego por acción de ahogo. Los diferentes tipos de polvo son:

.- *Polvos convencionales:* Excelente para extinción de fuegos clase B, C y fuegos eléctricos. Esta serie se subdivide en compatibles e incompatibles con la espuma mecánica.

.- *Polvos polivalentes:* Efectivos en fuegos clase A, B, C, y fuegos eléctricos.

.- *Polvos especiales:* Eficaces para fuegos de características muy especiales como lo son los fuegos de metales.

Peculiaridades químicas: La composición de las cargas, varían notablemente de uno a otro polvo químico:

.- *Polvos convencionales:* La materia de base se compone fundamentalmente de hidrocarbonados o sulfatos. Los aditivos que se añaden repelen el agua, evitando el apelmazamiento; aseguran un fácil proyección y conservación para facilitar el flujo libre.

.- *Polvos Polivalentes:* Principalmente fosfatos forman la materia base. Como también mezclas de sales amónicas, con los correspondientes aditivos para facilitar una perfecta conservación, fácil proyección y evitar el apelmazamiento.

.- *Polvos especiales:* Cuyas características básicas son los fuegos de metales, la materia de base la forma una sal adecuada al tipo específico del metal y a la cual se adicionan o agregan determinados compuestos que dan a estos polvos extintores características de buena conservación y fluidez.

Toxicidad química: Los polvos químicos no son tóxicos. Los productos resultantes de su descomposición por el calor no representan para el organismo ningún tipo de peligro por inhalación o irritación cutánea. Tampoco son corrosivos en ningún tipo de superficie, inclusive en piezas de maquinaria. A pesar de estas ventajas en cuanto a sus residuos, se deben tomar ciertas consideraciones para la protección de equipos que operen con energía eléctrica.

❖ **DIÓXIDO DE CARBONO CO₂**

A temperaturas normales el dióxido de carbono CO₂, posee una densidad 50% mayor que la del aire, por la que siempre al salir del extintor se dirige al suelo. Este gas es incoloro e inodoro, y todas sus formas (gas, líquido, sólido y hielo seco) no son combustibles.

Se almacena en los extintores y bombonas en estado líquido a presión de unos 90 Kg/cm². A la salida del extintor se expande y produce la llamada nieve carbónica a una temperatura alrededor de unos 78°C bajo cero.

Formas de extinción: En contacto con el fuego, el CO₂ se vaporiza rápidamente envolviéndole con una nube de gas inerte. La principal acción extintora es por sofocación, lo que hace que apague el fuego por aislamiento o separación: combustible-comburente. El sistema extintor a base de CO₂ actúa principalmente por reducción del contenido de oxígeno en el aire, hasta el extremo de poder continuar la combustión.

Una atmósfera conteniendo del 20 al 25% de CO₂ no es apta para la combustión, por lo que cuando en un recinto o local se llega a esta proporción no podrá existir el fuego ni se podrá respirar en le ambiente, haciéndose tóxico.

Propiedades del CO₂: La eficacia del CO₂ como agente extintor se extiende a un gran número de propiedades. Las principales propiedades del CO₂ son: no es conductor de la electricidad, no es tóxico ni corrosivo y no deja residuos.

Limitaciones:

.- Clase A: Es efectivo aunque hay que utilizar agua para terminar de sofocar el incendio.

.- Clase B: Petróleo, aceites, pinturas, gasolinas, disolventes, etc., siempre que estos fuegos sean de poca magnitud y siempre que no estén presentes vientos o corrientes de aire lo suficientemente fuertes para dispersar el CO₂ en el aire libre.

.- Clase C: Metano, butano, propano, etc., gas ciudad, gas natural, etc. Aunque en los combustibles gaseosos el CO₂ se comporta en ciertos casos con relativa eficacia.

Su efectividad patente en la mayoría de fuegos, hace su uso recomendable en la mayoría de las emergencias. En grandes instalaciones industriales se utilizan baterías de cilindros de CO₂ conectadas a un colector general.

Según las aplicaciones industriales los sistemas de distribución de CO₂ son análogos a los sistemas de distribución con agua. Al declararse el incendio en una instalación generadora de energía eléctrica se abren unos dispositivos que

inyectan CO₂ en la capa de generadores. Esta lluvia o rociada, recubre rápidamente con una manta de gas, a las áreas afectadas.

Se evita así, la propagación del fuego y se practica la extinción. Es necesario tras el uso, una enérgica ventilación.

Riesgo de utilización: Un riesgo que se debe tomar en consideración, es el de observar cuando un reservorio (extintor) ha agotado su carga. Este riesgo consiste en que la quedar el extintor vaciado se expulsa simplemente aire. Este aire desplaza el CO₂ de encima del combustible y el fuego se aviva de nuevo. El agotamiento del extintor se reconoce fácilmente por dos aspectos:

- .- Cambio de sonido en la expulsión del producto extintor.
- .- La nebulización del CO₂ se vuelve totalmente transparente.

Estos síntomas son propios de descarga del extintor, por lo que hay que reemplazarlo por otro rápidamente.

❖ **AGENTES HALOGENADOS**

Como agentes extintores, los halógenos forman parte de una fase desarrollada entre las formas modernas de extinción, estos compuestos denominados inhibidores de propagación actúan sobre un mecanismo químico, inversamente a los elementos extintores tradicionales de acción física. El proceso químico proporciona una mayor activación extintora, caracterizada por el bloqueo de radicales útiles interrumpiendo la propagación del fuego y cortando la combustión. Los halones reúnen condiciones máximas exigibles, como son:

- .- Alta potencia extintora.
- .- Rapidez de extinción.
- .- Toxicidad débil.
- .- No conductores de electricidad.
- .- No corrosivos.
- .- No dejan residuos tras la descarga.

Estas cualidades las podríamos combinar con ciertas comparaciones y ventajas de los halones respecto agentes comunes de extinción:

- .- Menores volúmenes de producto extintor.
- .- Menor tiempo de extinción, con la consiguiente disminución de riesgos.
- .- Empleo de equipos y material más ligeros.
- .- Mínimos daños tras el incendio por los mismos productos de combustión.

Halogenación: Un compuesto halogenado se obtiene por halogenación, reacción mediante la cual se introduce un compuesto orgánico, uno o mas átomos de un elemento de la serie de los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo). Cuando en un compuesto hidrocarbonado, se reemplazan los átomos de hidrógeno por átomos de halógenos, las propiedades fisico-químicas del compuesto, son marcadamente cambiadas.

Según el halógeno introducido en el compuesto, se tiene respectivamente una, fluoración, cloruración, bromuración o yoduración. Generalmente la presencia de flúor en un compuesto, incrementa la estabilidad e inertización del mismo. La halogenación por sustitución, es una reacción altamente exotérmica en el caso del flúor. En otros halógenos, es algo menor en como en el caso del cloro, siguiéndoles en este orden el bromo y el yodo.

A continuación presentamos una tabla de los principales compuestos halogenados extintores, su numeración y la fase la cual se encuentra almacenado.

Nombre Químico	Fórmula	Halón N°	Tipo extintor
Tetracloruro de carbono	CCl_4	104	Líquido
Bromuro de metilo	CH_3Br	1001	Líquido
Bromoclorometano	CH_2ClBr	1011	Líquido
Dibromodifluorometano	CBr_2F_2	1202	Líquido
Bromoclorodifluorometano	CBrClF_2	1211	Gas licuado
Bromotrifluorometano	CBrF_3	1301	Gas licuado
Dibromotetrafluoroetano	$\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$	2402	Líquido
Yoduro de metilo	CH_3I	10001	Líquido

Toxicidad: Los compuestos Halogenados presentan por su composición, una predisposición a la toxicidad.

Estudios médicos sobre halones, practicados en USA, han dado como resultado dictaminar, que tanto el halón 1301 como el halón 1211 pueden causar deficiencias en el corazón por actividad anormal, cuando se combinan con la adrenalina, que circula por la sangre. Esta anomalía que llamada en términos médicos es sensibilización cardíaca, se produce en atmósferas en que hidrocarburos y halocarburos están presentes en elevados porcentajes. Las limitaciones sobre concentraciones, se han fijado por la inhalación normal, en un tiempo tope de un minuto sin peligro para la vida.

- .- Halón 1301: 10% volumen.
- .- Halón 2402: 7% volumen.
- .- Halón 1211: 4% volumen.

Principales aplicaciones: En general las aplicaciones principales de los agentes halogenados se extienden a un gran campo de aplicación, entre éstas:

- .- Plantas petrolíferas.
- .- Industria química.
- .- Industria petroquímica.
- .- Industria eléctrica y electrónica.
- .- Industria aeronáutica.
- .- Industria naval.
- .- Industria y navegación espacial, etc.

Los halones también se emplean en protección de cohetes y misiles de propulsión que utilizan comburentes líquidos en sus motores.

❖ **GASES INERTES**

El uso de los gases inertes en la tecnología del fuego, es relativamente nuevo, su aplicación y como todos los agentes es tratar de atacar a cualquiera de los elementos participantes en la iniciación de fuegos. Estos compuestos (el la gran mayoría se observa la presencia de argón), extinguen el fuego reduciendo la concentración de oxígeno en el ambiente, haciendo de este, una atmósfera no apta para la combustión.

Las principales aplicaciones de estos agentes es en donde se desee la menor cantidad de residuos que afecte el espacio protegido:

- .- Salas de Baterías.
- .- Salas de almacenamiento de cintos y records de computación.
- .- Salas de computación.

De manera general se podría clasificar estos agentes como extinguidores de fuegos clase "A" y clase "C". Los estudios realizados, revelan que los gases

inertes no son tóxicos para la salud ni se les asocia con ningún daño ambiental como reducción de la capa de ozono, calentamiento global, esto responde a que son gases presentes en la naturaleza.

Basándose en los distintos tipos de fuegos, los mecanismos de extinción, y los tipos de agentes extinguidores se han desarrollado múltiples tecnologías en la extinción de incendios, muchas de ellas aún vigentes, pero al pasar de los años e ir descubriendo lo contaminante que son ciertos productos usados de manera masiva (también usados en la industria de la tecnología del fuego), se observó la necesidad de regular por medio de documentos, estatutos y acuerdos internacionales el uso de dichos productos. Quizá el de mayor relevancia y mayor impacto a nivel mundial es el Protocolo de Montreal; a continuación explicaremos la esencia de dicho convenio.

Protocolo de Montreal (Canadá, 16 de Septiembre de 1.987)

Cuando en la década de los setenta se fue conociendo la destrucción del ozono estratosférico se fueron proponiendo diversas medidas. En esos años, las lógicas controversias científicas y el choque de importantes intereses económicos, hicieron que avanzara despacio la implantación de medidas correctoras.

En varios países se prohibió el uso de los Clorofluorocarbonados (CFCs) como propelentes en los aerosoles, pero como, a la vez, se fueron descubriendo nuevos usos para los CFCs y productos similares, la producción y emisión a la atmósfera de productos destructores de la capa de ozono crecía rápidamente.

Conforme aumentaban los conocimientos científicos sobre este problema y se veía que la producción de sustancias dañinas seguía aumentando, la preocupación sobre los efectos nocivos que esta situación podía provocar fue creciendo y llevó a la constitución de la Convención de Viena en 1985. De esta manera se iniciaba un intenso trabajo internacional que culminó en la firma del Protocolo de Montreal. El Protocolo divide los componentes de la reducción de la capa de ozono en dos grupos. Grupo I incluye los compuestos halocarbonados (CFCs) los cuales son más amenazadores para la capa de ozono, y el Grupo II incluye los halones. El protocolo también hace una importante distinción entre los países desarrollados y los en vía de desarrollo (referidos en el documento original en el artículo 5) y la gran diferencia entre ambos es el tiempo de cumplimiento de los estatutos.

Para los países desarrollados, el Protocolo estipula que la producción y consumo de componentes del Grupo I debe ser congelada a los niveles de 1986 para el año 1989; reducidas en un 80% de los niveles de 1986 para el año 1994 y reducida en 50% los niveles de 1986 para el año 1999. El protocolo, permite 10% (15% después de 1998) a los países en vías de desarrollo de crecimiento en la producción sobre los niveles prescritos si esa producción es destinada a la exportación o usada para la racionalización industrial.

Respecto a los componentes del grupo II, el Protocolo estipula que debe ser congelado el consumo y producción a los niveles de 1986 para 1993, esto aplica para los países en vías de desarrollo, las mismas restricciones van dirigidas para el grupo I pero con diez años de retardo en el cumplimiento. Los países en vías de desarrollo pueden aumentar su consumo y producción hasta 1999 mientras que el consumo per cápita no exceda 0.3 Kg. El promedio del consumo de los países en vías de desarrollo entre los años 1995 y 1997 será el nivel de referencia para las reducciones que deben tomar efecto en 1999.

El protocolo también requiere de partes que prohíban la importación de productos dañinos para la capa de ozono de otros países no signatarios del convenio, así como también la eliminación de la exportación a países no pertenecientes al pacto de tecnologías usadas para la producción de sustancias incluidas en cualquiera de los grupos de sustancias definidos en el convenio. Venezuela por pertenecer a los países en vías de desarrollo según artículo # 5 del Protocolo de Montreal, debe cumplir con todas las estipulaciones para el año 2010. Además del Convenio, La Agencia Protectora del Ambiente (Environmental Protection Agency, EPA), se ha pronunciado prohibiendo la producción de agentes halogenados (incluye Halón 1301) para el 31 de Diciembre de 1.993, restringiendo el uso de los mismos sólo a las sustancias que se puedan recuperar por medio de procesos de reciclaje; esta situación se mantendrá hasta el 31/12/2002.

Consecuencias:

A raíz de todas estas convenciones y tratados internacionales, muchos laboratorios e industrias químicas han sumado sus esfuerzos para encontrar sustancias sustitutas de las listadas y analizadas en el Protocolo de Montreal. En tema de protección contra incendios, La Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA), es la pionera en investigaciones para solventar la situación mundial actual de los agentes halogenados. Para el año de 1993 comenzaron los hilos de discusión para promover un documento en donde se postularan posibles agentes reemplazo para el halón 1301 en específico, dando como resultado la

norma NFPA 2001 titulada “Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems”; (Estándar para Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios) en esta norma se describe con claridad los posibles sustitutos para los agentes halogenados, dando a conocer las propiedades físicas, niveles de toxicidad, calidad de extinción y otras referencias técnicas de trece (13) agentes.

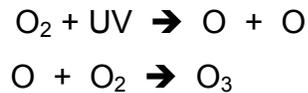
Principalmente esta norma hace dos importantes clasificaciones de los agentes limpios (llamados de esa manera por las similares características de los agentes halogenados, ausencia de conductividad eléctrica y el bajo porcentaje de residuos al ser liberados), la primera de ellas, compuestos halogenados y la segunda los gases inertes; parece una contradicción que una organización internacional promueva estos halones o compuestos fluorocarbonados, esto se debe a que la composición química de la mayoría de estos agentes no contribuyen a la destrucción de la capa de ozono y de hacerlo en un porcentaje bastante reducido, a demás de este factor, el tiempo de vida de dichos compuestos es bastante corto (o cero) y la contribución al calentamiento global es relativamente bajo respecto a los comparados. A continuación se presenta un cuadro con los trece agentes listados en la NFPA 2001 como posibles agentes sustitutos.

AGENTES POSTULADOS POR NFPA

AGENTE	COMPONENTES	FOR. QUIMICA
FC-2-1-8	Perfluoropropano	C_3F_8
FC-3-1-10	Perfluorobutano	C_4F_{10}
HCFC Blend A	Diclorotrifluoroetano HCFC-123 (4.75%) Clorodifluorometano HCFC-22 (82%) Clorotetrafluoroetano HCFC-124 (9.5%) Isopropenilmetilcicloheano (3.75%)	$CHCl_2CF_3$ $CHClF_2$ $CHClFCF_3$
HCFC-124	Clorotetrafluoroetano	$CHClFCF_3$
HFC-125	Pentafluoroetano	CHF_2CF_3
HFC-227ea	Hepfluoropropano	CF_3CHFCF_3
HFC-23	Trifluorometano	CHF_3
HFC-236fa	Hexafluoropropano	$CF_3CH_2CF_3$
FIC-1311	Trifluoroiodide	CF_3I
IG-01	Argón	Ar
IG-100	Nitrógeno	N_2
IG-541	Nitrógeno (52%) Argón (40%) Dióxido de Carbono (8%)	N_2 Ar CO_2
IG-55	Nitrógeno (50%) Argón (50%)	N_2 Ar

Reducción de la capa de ozono (ODP):

Ozono (O₃) es un gas natural que se encuentra en la atmósfera. La manera más espontánea de producir ozono es por la incidencia de los rayos UV provenientes del sol, los cuales separan la molécula de oxígeno en dos átomos, para posteriormente cada uno de esos átomos unirse con otra molécula de oxígeno y formar el O₃.



El ozono también es producido por diversas fuentes de las actividades del hombre, una de ellas es la contaminación ambiental cuando monóxido de carbono, metano y otros hidrocarburos se encuentran con el óxido de nitrógeno (emisiones de automóviles) y luz solar se forma ozono. Estas formas no naturales de producir ozono son llamadas comúnmente “smog” y pueden resultar dañinas para la salud, adicionalmente, este ozono producido por el hombre se concentra en la región de la atmósfera llamada tropósfera (se extiende de la superficie terrestre hasta unos 6-17 Km, dependiendo de la ubicación respecto al Ecuador) y la formada naturalmente en la estratósfera (desde el final de la tropósfera y se extiende unos 50 Km a partir de la superficie terrestre). Ahora bien, el ozono formado naturalmente es conocido como la capa de ozono, y la importancia de la misma radica en filtrar los rayos UV-b del total de los rayos UV emitidos por el sol, no permitiéndole penetrar por completo hacia la atmósfera. Esto trae dos efectos contundentes a) reduce el incremento de riesgo a la exposición de las plantas y animales de los rayos UV-b; b) Previene la creación de más ozono que se concentra en la tropósfera.

Halones, HCFCs y otros halocarbonados contienen cloro y bromo, se ha demostrado que estos son uno de las causas principales de la destrucción de la capa de ozono estratosférica; a pesar de estas afirmaciones no existe una medida exacta para cuantificar la destrucción de la capa de ozono, pero si una cantidad relativa tomada como estándar o punto de comparación. Este estándar ha sido asignado al Triclorofluorometano (CFC-11) el cual tiene un potencial de

agotamiento de la capa de ozono (ODP) de 1. El halón 1301 tiene un ODP de 13, lo que significa que es 13 veces más destructivo que el standard CFC-11 en base masa-masa. Un componente que tenga ODP de 0.1, causará 10% menos efectos negativos sobre la capa de ozono que el CFC-11. Todos los valores de ODP están dados en masa y no en moles (número molecular).

Se ha sugerido un método alternativo para medir el ODP de un compuesto el cual consiste en establecer un período de tiempo determinado, en ese período, observar los efectos adversos del CFC-11 en la capa de ozono y tomar como punto referencial esa medida para los demás compuestos.

Bajo condiciones normales de presión y temperatura, los clorofluorocarbonados tienen una baja toxicidad y son prácticamente inermes, es decir, no se combinan fácilmente con otros químicos ni se disuelven en agua y pueden permanecer inalterados en un intervalo de entre 40 y 300 años, dependiendo de su tipo (la duración media del CFC-11 se calcula en 75 años, la del CFC-12 entre 140 y 150 años aprox.). Sin embargo, una vez liberados en el aire (directamente, como en el caso de los aerosoles, o indirectamente, por filtraciones o escapes durante el proceso de su fabricación), muchos de ellos llegan a alcanzar la estratósfera, donde se van descomponiendo las radiaciones ultravioletas, desprendiendo moléculas de cloro, las cuales, combinadas con el oxígeno, tienen una acción catalizadora de efectos devastadores para la capa de ozono (unas ocho veces más poderosa que la de los óxidos de nitrógeno). Suponiendo el cese inmediato de las emisiones de fluorocarbonados, estos, debido a su gran estabilidad, todavía continuarán su acción destructora por varias generaciones.

Lo que está ocurriendo con el ozono es un problema que, por su misma naturaleza, requiere de la cooperación de todos los países, puesto que las sustancias que lo agotan, una vez que han sido descargadas en el aire, pueden dañar su capa de su lugar de origen, lo que rinde ineficaces cualesquiera medidas puntuales o locales de control. Además, aunque los países en desarrollo, con las

tres cuartas partes de los habitantes de la tierra, producen y consumen menos de 15% de sustancias clorofluorocarbonadas (China e India, donde viven el 35% de la población mundial apenas consumen un 3% de los clorofluorocarbonados) su potencial de daños a la capa de ozono es enorme: 2% del ozono estratosférico se agotaría para el año 2050 si cada país congela su uso a los actuales niveles, pero esa pérdida sería entre un 6 al 10% si los países desarrollados reducen su uso entre un 20 y un 50%, y los países en desarrollo lo aumentan en un 25% anual, hasta la cantidad de 0.5 Kg per cápita. De acuerdo con otros cálculos, los países en desarrollo, de no llegar a adoptar ningún tipo de control, pudieran llegar a representar un 30% del consumo total de clorofluorocarbonados para el año 2000.

China e India, los principales voceros del tercer mundo en las discusiones sobre este problema, expusieron en la conferencia de Londres para salvar la capa de Ozono, en 1989, que era inaceptable pretender que los países en desarrollo dejaran de lado necesidades de conservar sus alimentos y de aire acondicionado (indispensables para mejorar la calidad de vida de su gente) o que tuvieran que pagar mas por los sustitutos de los clorofluorocarbonados (enriqueciendo así a las industrias químicas de los países que habían creado y se habían beneficiado con su problema). En resumidas cuentas, que si se pretendía que los países en desarrollo participasen en el régimen jurídico-internacional para la protección de la capa de ozono, los mismos ameritaban que concesiones especiales en términos de plazos y estándares de control menos estrictos sobre las sustancia susceptibles de agotarla, al igual que aportes financieros extraordinarios y de un sistema de transferencia tecnológica más expedito y económico.

Tiempo de vida atmosférica (ALT):

Cuando se piensa en tiempo de vida de especies químicas, el término vida media es usado con frecuencia. En el campo nuclear es también muy usado el término y se refiere al tiempo en el que un compuesto químico o radiactivo decae en un 50% de su concentración original. Los valores del tiempo de vida atmosférico usados en el calentamiento global y en el agotamiento de la capa de ozono no se llaman vida media ($\frac{1}{2}$), mas bien $1/e$ tiempo de vida.

Los Halocarbonados fueron por mucho tiempo considerados como productos seguros para el medio ambiente hasta que se despojaban al mismo. No fue hasta unos años atrás que fueron ligados al agotamiento de la capa de ozono. Eso sumado a que otros compuestos de la misma especie, pueden estar relacionados con otros problemas ambientales actualmente en estudio. Si llenamos la atmósfera de estos químicos en grandes cantidades y con largos periodos de vida, ¿entonces qué pasará?, ¿será el daño al ambiente provocado más de lo que podamos controlar?, quizá la naturaleza pueda contrarrestar esos efectos pero ocurrirá en millones de años, lo cual es corto tiempo para la vida de la naturaleza, pero no para los humanos.

Calentamiento Global (GWP):

Para comprender lo que es el calentamiento global, es necesario explicar brevemente el clima de la tierra y atmósfera.

El área atmosférica mas cercana a la tierra, la tropósfera, representa aproximadamente el 81% de la atmósfera terrestre, está compuesta en su mayoría por nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂), representando el 99% de su composición; el restante 1% compuesto de argón con pequeñas cantidades de agua, 0.2% ; CO₂, 0.03% (300 partes por millón en base volumen [ppmv]). También está compuesta por otra gran cantidad en pequeños porcentajes de elementos conocidos como gases de traza. Estos son, Metano, óxido nitroso, monóxido de carbono, ozono y halocarbonos, que están tan diluidos que son medidos en partes por billón en base volumen.

Clima y condición del tiempo no es lo mismo, condición del tiempo se manipula haciendo referencia a un período de tiempo corto, día a día, condiciones de temperatura, humedad, lluvias, vientos, etc. Clima, es la condición promedio medida en varios años sobre una región y basado en predicciones del comportamiento del tiempo. El factor más influyente sobre todo el comportamiento del clima terrestre es el sol. La energía solar incide mayormente en las zonas

ecuatoriales y tropicales que en los polos. Dirigidos por principios de difusión, la tierra dispersa el calor de los trópicos, por medio de los vientos creados por la diferencia de densidades.

Se han dado estimaciones sobre la temperatura de la atmósfera terrestre, asumiendo dos condiciones teóricas, la primera asume una atmósfera completa, y la segunda asume una compuesta solo por N_2 y por O_2 (normalmente representa el 99% de nuestra atmósfera). En ambos casos, los modelos han predicho que la superficie de la tierra será de $91^\circ F$ ($33^\circ C$) mas caliente de lo que es. Se cree que la diferencia de temperatura es un resultado directo de las pequeñas cantidades de gases de trazas, vapor de agua y CO_2 . Este hecho, relacionada con las capas de vidrio en los invernaderos que permite la entrada de la energía solar y previniendo el escape de calor; de aquí, el término efecto invernadero y gases invernaderos (se define como cualquier gas capaz de absorber radiación infrarroja).

Así pues, no debería ser sorprendente que los constituyentes del aire puedan provocar el almacenamiento de calor. Por ejemplo, es de conocimiento común que en una noche caliente y húmeda, la superficie terrestre no ha liberado tanto calor como en una de menos húmeda. Durante el invierno, en una noche clara, no se cederá mas temperatura que en una noche nubosa. En ambos casos, la diferencia radica en la presencia de vapor de agua en el aire. En conclusión, el agua es el factor más contribuyente para el efecto invernadero, seguido del CO_2 .

Cambios climáticos y calentamiento global, no son sinónimos. El primero incluye enfriamiento y calentamiento de la atmósfera; el segundo solo esta relacionado con los cambios del tiempo que resulten en una calentamiento de la atmósfera.

Se estima que un tercio ($1/3$) de la radiación solares reflejada en la atmósfera terrestre y la mayoría de la restante dos terceras partes ($2/3$) traspasan y es absorbida por la superficie terrestre, convirtiéndose en calor. La tierra se

refrigera por si misma, cediendo calor por medio de radiación infrarroja. Para mantener un balance energético, la mayoría de la radiación entrante, sale de la superficie terrestre; pero si sale menos de lo que entra, la tierra se calentaría constantemente.

Oxígeno y nitrógeno son elementos transparentes, esto significa que dejan pasar calor o radiación infrarroja. Los gases invernaderos no son transparentes, por lo contrario absorben calor y radiación infrarroja. Este calor no es liberado de nuevo por los gases invernaderos, lo que implica una acumulación continua de calor en la atmósfera terrestre lo que resulta como el calentamiento global.

Existen sustancias que contribuyen a la formación de estos gases invernaderos, y como es sabido, a mayor cantidad de masa de gases, se absorberá mayor cantidad de energía. En conclusión, de manera sencilla podríamos escribir la siguiente ecuación, la cual corresponde a un balance de energía.

$$Q_{entra} = Q_{sale} \quad \text{pero por lo anteriormente explicado resulta lo}$$

siguiente:

$$Q_{sale} = Q_{AG} + Q_{RI} \quad \text{donde se definen los valores como:}$$

Q_{entra} : El calor entrante a la atmósfera terrestre.

Q_{sale} : El calor que sale de la atmósfera terrestre.

Q_{AC} : Calor absorbido por los gases invernaderos.

Q_{RI} : Calor reirradiado desde la superficie terrestre.

Es importante resaltar que el uso de agentes halogenados o liberación de los mismos al medio ambiente no son contaminantes directos como lo podrían ser otras sustancias mucho más tóxicas (CO , NO_x , SO_x). Se hace referencia y descripción del proceso del agotamiento de la capa de ozono, calentamiento global, y tiempo de vida atmosférica puesto que están relacionados con las consecuencias en el ámbito ambiental de los agentes halogenados.

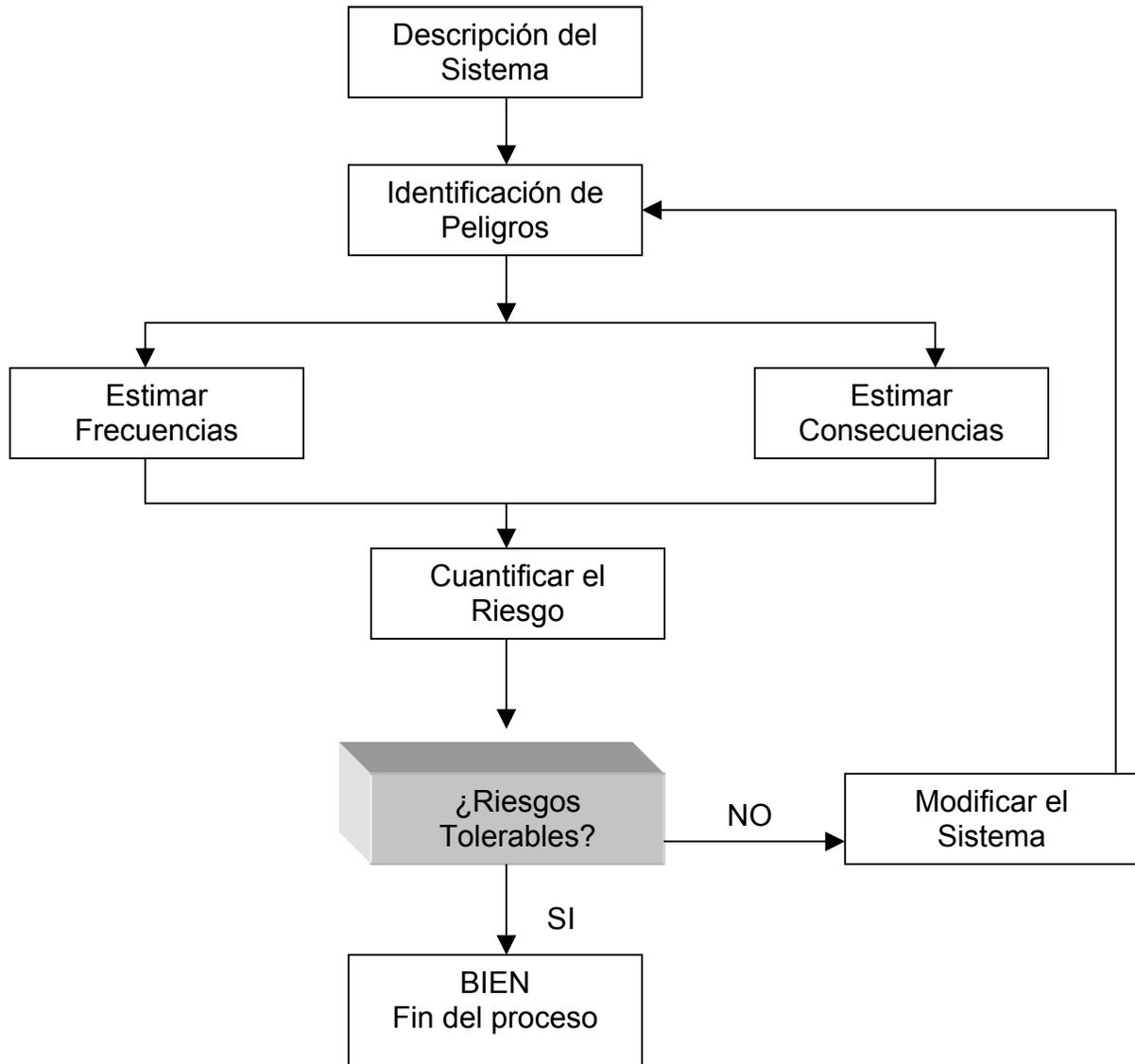
Ahora bien, tratando de seguir una secuencia lógica en el desarrollo conceptual de un sistema de protección contra incendio, es necesario, aclarar ciertos conceptos, herramientas y metodologías necesarias para el diseño de un sistema de protección contra incendios; es así, que se definirá los aspectos más relevantes en un análisis de riesgo. Tras la aplicación de dicha herramienta, los resultados serán determinantes para la selección del agente extinguidor. Además de la mencionada ventaja, será indicador para realizar recomendaciones con la finalidad de disminuir el riesgo dentro de la sala de computación.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Es un estudio que se realiza sobre un área o situación para determinar los posibles peligros y riesgos en el escenario presentado. La finalidad en los análisis de riesgo es el prever y proteger por medio de acciones preventivas, en primer lugar la vida humana y segundo término equipos, maquinarias y la continuidad del proceso. En toda actividad o proceso, ocurren eventos (muchos de ellos indeseables), los cuales debemos analizar en detalle para establecer jerarquizaciones de eventos críticos. Dichos eventos pueden ser evaluados de manera cuantitativa o cualitativa.

Los análisis de riesgos cuantitativos se han desarrollado en la industria como una herramienta fundamental para el mejoramiento y optimización de los procesos. La intervención de ecuaciones y fórmulas empíricas para cuantificar riesgos en procesos, sistemas y operaciones minimiza la subjetividad en la identificación de áreas críticas lo que mejora la práctica de Ingeniería de seguridad en las instalaciones.

Se puede representar en un flujograma los pasos a seguir en un análisis cuantitativo de riesgo, siendo de manera general las etapas de mayor representación en la aplicación de la metodología



De esta manera se define como un análisis cuantitativo de riesgo como un método de ingeniería y formulaciones matemáticas, combinadas con información estadística de fallas, para producir resultados numéricos de consecuencias de accidentes y sus frecuencias o probabilidades de ocurrencia, usados para estimar riesgos. Como ya mencionado, la aplicabilidad de estos métodos para ciertos escenarios es motivo de discusión debido a la complejidad de los mismos y la justificación de su uso en situaciones llamadas pasivas, donde la intervención de materiales en traslado, materiales peligrosos, fluidos inflamables no se hacen

presente. Es por ello que se enfocará mayor atención hacia las metodologías cualitativas en los análisis de riesgo.

No se pretende la redacción y explicación detallada de todos los métodos cuantitativos existentes para el análisis de riesgo, más bien se expondrá los mas utilizados en la industria y en las áreas de su aplicación. Los siguientes serán los mencionados:

1. Análisis Preliminar de Peligros.
2. Estudios de Peligros y Operabilidad.
3. Auditorías Técnicas de seguridad.
4. ¿Que pasaría sí?

Los objetivos fundamentales de realizar un análisis de riesgo son básicos y normalmente sobrentendidos, en todo caso mencionaremos de manera general el objeto de un estudio de un análisis de riesgo.

- Resguardar el bienestar del trabajador.
- Cumplir con disposiciones legales.
- Minimizar las pérdidas económicas.
- Jerarquización de mejoras necesarias.
- Evaluar respuestas a una emergencia.
- Valorar la tolerancia de riesgos.

Estos objetivos son los de mayor relevancia y que de alguna manera justifican el estudio en sí.

En cualquiera que sea los casos de estudio para el análisis de riesgo, es de vital importancia hacer una identificación de peligros; esta etapa en el proceso, es quizás una de la más importante partiendo de la premisa de muchos expertos de: *“peligro identificado es un peligro controlado”*.

El estudio de identificación de peligros en la etapa de diseño de un proyecto es importante por dos razones. Primero, es una manera de verificar que los conocimientos de la organización sobre el control de peligros se han aplicado convenientemente, durante el desarrollo del proceso y las etapas de diseño del proyecto. En segundo lugar, el informe resultante del estudio de identificación de peligros proporcionará las bases de los “procedimientos operativos de seguridad”, que se seguirán usando diariamente hasta que el sistema sea modificado o destruido, momento éste en el que se desarrollarán otros nuevos.

Por estas razones, la etapa de identificación de peligros en el estudio de análisis de riesgo recibe y seguirá recibiendo más atención que en otras fases de desarrollo del mismo. Pero la aplicación de métodos de identificación de peligros en las demás etapas del proyecto no debe descuidarse, particularmente cuando se efectúan modificaciones en el sistema.

1.- Análisis Preliminar de Peligros:

En un principio, este método, como la mayoría de los existentes, busca la identificación de peligros en el área de estudio o en la etapa de ingeniería conceptual de un proceso, con la finalidad que puedan ser evaluados a posterior y poder estimar las consecuencias de dichos peligros. La metodología presenta ventajas y desventajas en su aplicación, algunas de ellas son:

Ventajas:

- Identificación temprana de los peligros.
- Concientización por parte del equipo responsable del diseño del proyecto.
- Identificación y/o desarrollo de guías y criterios para el equipo de diseño.
- Requiere menos esfuerzos.

Desventajas:

- Método poco estructurado comparado con los otros.
- Los resultados son netamente cualitativos sin ninguna estimación numérica.

En base a las virtudes que nos brinda la metodología debemos pensar y analizar la posibilidad de su aplicabilidad en el caso presentado.

2.- Estudios de Peligros de Operabilidad (Hazop)

Quizás ésta, sea la metodología mas utilizada en procesos industriales, es uno de los más completos por la precisión del análisis que se realiza en el sistema. Básicamente, y como todos los demás, identifica los peligros potenciales del proceso y problemas operacionales, la gran diferencia radica en la división por nodos o puntos críticos del sistema y en la consideración sistemática de las desviaciones de la intención del diseño, a través de la aplicación de palabras guía a un flujograma de operación o del proceso. Se puede realizar en una etapa temprana un flujograma conceptual en cuyo caso generalmente sólo se indican los aspectos de seguridad, o en la etapa de diseño detallada, línea por línea. En este caso se indican todas las desviaciones que son indeseables ya sea desde el punto de vista de la seguridad o de la probabilidad.

Principalmente, el método separa las etapas del “proceso” para estudiarlas individualmente, de esta manera se asegura un análisis detallado de las variables críticas que intervienen. Se presta especial atención a estos llamados nodos y las posibles desviaciones que puedan tener durante el tiempo de operación del sistema.

El HAZOP es un método flexible aplicable tanto a procesos continuos como por carga y a diferentes tipos de instalaciones industriales (plantas de proceso, llenaderos, terminales de carga y descarga, almacenamiento, etc.)

Características de Hazop:

- Identifica desviaciones peligrosas.
- Interacción de experticias.
- Utiliza planos y diagramas de flujo.
- Es una metodología sistematizada y estructurada.

El estudio requiere ser aplicado por un equipo multidisciplinario el cual trabaja conjuntamente aportando ideas y utilizando un grupo de palabras guías para identificar peligros y problemas operacionales, mediante la búsqueda de desviaciones a las intenciones del diseño de la instalación.

Los beneficios más resaltantes del estudio de peligros de operabilidad son los siguientes:

- Método más riguroso y creativo para la identificación de peligros.
- Conocimiento mas profundo de los sistemas y procesos.
- Identifican problemas operacionales antes que se conviertan en catástrofes.
- Particularmente útil en la etapa de diseño de la planta.

3.- Auditorías Técnicas de Seguridad

Principalmente lo que se hace en estas evaluaciones técnicas de seguridad industrial es una comparación de las instalaciones y sus procedimientos de operación y mantenimiento de la planta con los estándares y normativas.

Éste método puede ser aplicado en cualquiera de las etapas del proyecto, diseño, construcción y operación pero se debe tener acceso a información técnica de las operaciones, procesos y actividades de mantenimiento. Esta información se puede listar básicamente de la siguiente manera.

- Diagramas de tuberías e instrumentación.
- Informes de accidentes e incidentes.
- Registros de mantenimiento.
- Planos de clasificación de áreas.

Esta metodología arroja resultados cualitativos y deben hacer referencia a los siguientes puntos:

- Identificación de sistemas que por sus características requieren ser analizados más detalladamente usando otro método de análisis de riesgo.
- Identificación de peligros provenientes del diseño de la planta, condición de la misma y modificaciones realizadas durante su vida.
- Desviaciones de los procedimientos operacionales y de mantenimiento.
- Recomendaciones referentes a cambios de diseño, procedimiento y actividades de mantenimiento.

Esta metodología debe ser aplicada por un equipo multidisciplinario, de ésta manera se asegura el aporte de conocimientos específicos en todos las áreas operacionales del sistema.

4.- ¿Qué pasaría sí? (*What if?*)

Este método se considera más estructurado que el Análisis preliminar de Peligros, consiste en identificar los peligros de cada etapa en un proceso separándolo por secciones y formulando preguntas o cuestionando situaciones hipotéticas de peligros, los mismos son almacenados ordenadamente en listas de verificación donde los renglones están estructurados en las desviaciones de las variables del proceso, causas consecuencias y recomendaciones hechas por el experto para prevenir la situación de peligro. Posterior al llamado Check List (lista de verificación), se debe levantar un informe reportando todas las posibles anomalías en el sistema y con base en las recomendaciones dadas implementar convenientemente las acciones correctivas para la mejora segura del proceso. A continuación presentamos una tabla correspondiente a una lista de verificación correspondiente a la metodología. Se puede encontrar ejemplos de listas de verificación en diversas normativas internacionales, como referenciales estándares ANSI, código ASME y listas de verificaciones ASME.

El siguiente cuadro es extraído de una de las listas anteriormente mencionadas, ASME en sus manuales de mantenimiento describe la misma como apta para realizar listas de identificación de peligros.

Localidad:			Fecha:
Sección:			Grupo/Analista:
Peligro	Causa	Consecuencia	Recomendaciones

SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En el área de la ingeniería de protección contra incendio existen diversas tecnologías, pero se hace evidente que la aplicabilidad de ellas es cuestionable para ciertos escenarios. La intención de este capítulo es el de dar a conocer al lector las características básicas de los sistemas de protección contra incendios y su funcionamiento de una manera simplificada.

Los sistemas de protección contra incendios se dividen básicamente en dos, los cuales son los siguientes:

- ◆ Sistemas fijos de extinción contra incendios.
- ◆ Sistemas portátiles de protección contra incendios.

El primero de ellos posee características peculiares y muy distintivas, a pesar que su funcionamiento responde a leyes básicas de transporte de fluidos, la aplicación de los mismos requiere de estudios exhaustivos por la gran cantidad de elementos que lo conforman, lazos de control en la detección automática y complejidad en el diseño. Estos sistemas pueden trabajar con los siguientes agentes extinguidores:

- ◆ Agua (rociadores pulverizados).
- ◆ Dióxido de carbono.
- ◆ Productos químicos secos (polvo).
- ◆ Espuma física de gran expansión.
- ◆ Agentes halogenados.
- ◆ Gases inertes.

Se pueden instalar en lugares donde los equipos o el área a ser protegida responda a caracteres críticos dentro del proceso, es decir, la pérdida del mismo acarrearía consecuencias negativas y de grandes pérdidas económicas.

Funcionamiento de un sistema fijo de extinción

Toda instalación fija de extinción de incendios, persigue dos elementos fundamentales:

- ◆ Atacar el fuego de forma inmediata.
- ◆ Limitar la propagación del mismo, hasta la llegada de efectivos.

Así se obtiene una medida del grado de seguridad que se precisa y que la instalación proporciona.

Debe tomarse en cuenta que la extinción por estos medios no pretende en absoluto prescindir de la actuación de los efectivos encargados del ataque del fuego, ya que ésta no es solamente complementaria, sino necesario para cualquier sistema automático, debido a:

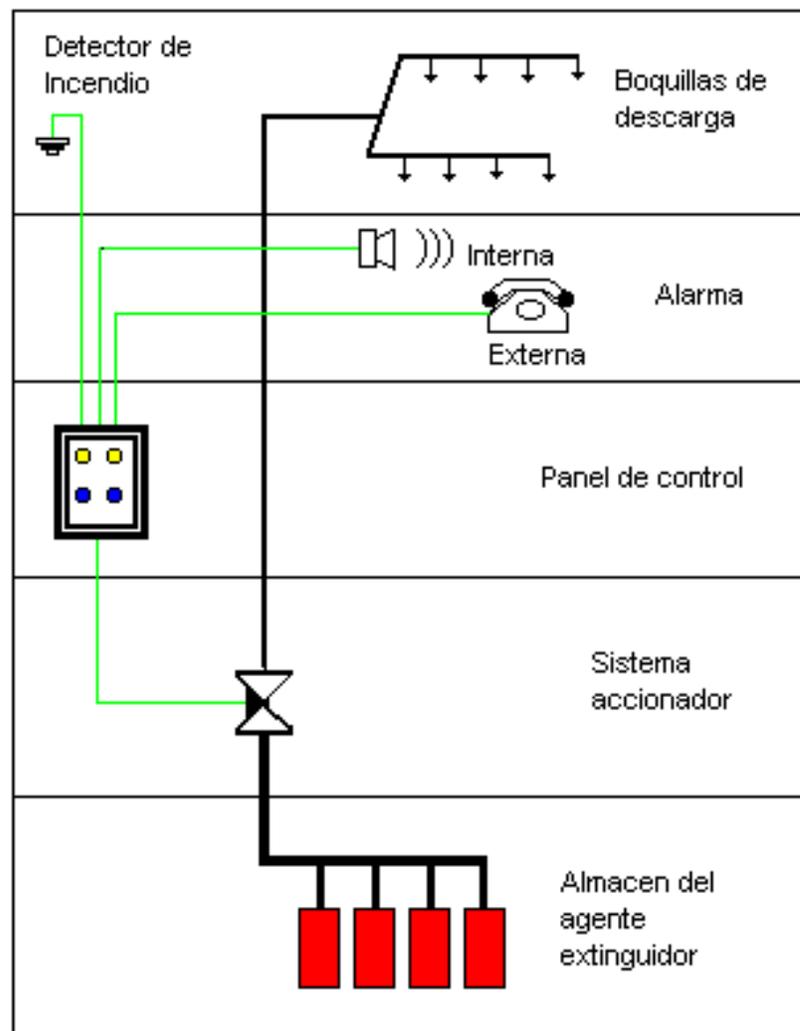
- ◆ La instalación puede presentar fallos, por defectuosos mantenimientos y funcionamiento.
- ◆ Necesidad del reconocimiento del área tras el incendio.
- ◆ Interrupción del sistema para evitar gastos innecesarios del agente extinguidor.
- ◆ Averías en materiales o equipos por calidad cuestionable.
- ◆ Negligencia de vigilancia (error humano).

Los sistemas fijos de protección contra incendios funcionan con un principio básico de almacenaje de fluido, transporte, descarga hacia el ambiente a ser protegido y un sistema de detección; dependiendo del fluido utilizado estos componentes varían en su complejidad de instalación, forma diseño, efectividad. Los componentes de un sistema fijo de extinción contra incendios son:

- ◆ Almacén del agente extinguidor.
- ◆ Sistema de distribución.
- ◆ Boquillas de descarga.
- ◆ Sistema de detección y alarma.

Para un perfecto funcionamiento de este tipo de instalaciones, deben verificarse y reconocerse periódicamente. Las operaciones son sencillas, pero deben realizarse en el orden establecido. Por la general en el puesto de control se encuentran las normas e instructivos proporcionados por el fabricante e instalador.

Se presenta un diagrama esquemático del funcionamiento de un sistema fijo de protección contra incendios.



SISTEMAS DE ALARMA

Un sistema de alarma contra incendios es un elemento clave en la protección contra incendios de cualquier edificio. Estos sistemas, si se diseñan e instalan apropiadamente, pueden contribuir poderosamente a limitar las pérdidas por incendio, independientemente del tipo de propiedad. Puesto que el 80% de las víctimas por incendio, se deben a incendios en edificios, el uso de los sistemas de alarma influye poderosamente en la reducción de pérdidas humanas.

A continuación se explicarán brevemente los diversos tipos de sistemas de señalización y alarma, las cuales se especifican en las normas NFPA.

Sistema local: El propósito fundamental de un sistema de señalización local, es hacer sonar las señales de alarmas locales para la evacuación del área protegida. Un sistema podría limitarse a los elementos básicos que se nombran a continuación. Un sistema local de suministro de energía de reserva debe ser capaz de hacer funcionar todo el sistema durante un período de 24 horas, con carga normal, y después de hacer funcionar el sistema de alarma durante 5 minutos. Esto cubriría un día normal de ocupación y posteriormente, la alarma de 5 minutos para poder evaluarlo.

En un sistema local, la alarma no queda conectada automáticamente al campo de bomberos; en lugar de ello, cuando suena la alarma, alguien debe notificarlo a los bomberos.

Sistema auxiliar: Básicamente es un sistema local con un circuito adicional conectado al sistema municipal de alarma de incendio a través de una caja maestra de alarma situada en las cercanías, o a través de una línea telefónica conectada directamente al panel del centro de comunicaciones municipal. La señal recibida por los bomberos es la misma que se percibe cuando alguien pone en funcionamiento manualmente la caja de alarma contra incendios municipal. El sistema de suministro de energía de reserva de un sistema auxiliar, debe hacer funcionar el sistema durante 60 horas de trabajo normal, seguido de 5 minutos de alarma.

Sistema de estación remota: Es similar al auxiliar, excepto que transmite la señal a un punto remoto atendido por expertos 24 horas al día. Generalmente, el equipo receptor se ubica en las instalaciones de un departamento de incendios, una estación de policías o un servicio telefónico. La señal se transmite por medio de una línea telefónica contratada y se indica de forma visual y audible en la estación remota. Estos sistemas deberán tener un suministro de energía secundario o independiente que hará funcionar el sistema 60 horas, seguido de 5 minutos de alarma.

Sistemas particulares: Es la unidad de control de mayor uso en centros comerciales. Es similar a los sistemas de estación central, exceptuando que la central de vigilancia que recibe la señal alarma es operada por alguien que tenga intereses particulares en el área protegida. Dicha central es por lo general una oficina ubicada en las cercanías o dentro del recinto. Con el manejo de nuevas tecnologías, este sistema puede tener una computadora la cual reciba todas las señales de alerta y ubicarlas en posición exacta por todo el área protegida.

Las unidades de control de la propiedad deben poder transmitir señales de alarma y avería a la estación supervisora central. La unidad de control en la estación central, así como los equipos de control situados remotamente, deben tener un suministro de energía secundario que hará funcionar el sistema durante 24 horas pudiendo poner en marcha una alarma.

Sistemas de comunicación en emergencias alarma/voz: Este sistema se utiliza como complemento de una estación remota, auxiliar y local, o de un sistema de señalización de protección particular. Su suministro de energía de reserva debe hacer funcionar el servicio de señalización alarma/voz en condiciones de incendio y otras emergencias durante 2 horas, tras 24 horas sin energía primaria. Además y debido a la naturaleza de la emergencia que se transmite por el sistema de comunicación por medio de la voz, algunos requisitos especiales de la NFPA 72f, “Norma para la instalación, mantenimiento y uso de los sistemas de emergencia de comunicación alarma/voz”, cubren la supervivencia de los daños, para que los

daños por incendio en una zona determinada no produzcan la pérdida de comunicación con otra.

El sistema alarma/voz, consiste en una serie de altavoces de alta capacidad distribuidos por el área. Van conectados y controlados desde la consola de comunicación de alarma contra incendios en la zona nominada cuartel general contra incendios.

Un aspecto importante del sistema de comunicación vocal, teniendo en cuenta que la evacuación de un edificio no siempre es factible, los ocupantes pueden recibir instrucción de dirigirse hacia zonas seguras, para esperar allí apartados del incendio. En dicho caso se puede mantener la comunicación con estas personas para prevenir el pánico y para darles nuevas instrucciones.

Sistemas de estación central: Es similar al particular. Sin embargo, existen algunas diferencias en la forma de transmitir señales entre el área protegida y la estación receptora. Debido a que la estación receptora en un sistema particular se ubica generalmente dentro de las instalaciones o en las cercanías de las mismas, normalmente las señales se transmiten entre dos puntos por medio de uno o más pares de cables. Esto no sería posible en los sistemas de estación central, puesto que el punto de recepción se encuentra frecuentemente a gran distancia del área protegida. Por ello se emplean otros medios en la transmisión de la señal.

SISTEMAS DE DETECCIÓN

Un sistema de detección de incendio puede variar en tamaño, desde un detector de humo de estación simple en un apartamento, casa móvil o vehículo de recreación, hasta un sistema de cableado centralizado con numerosos detectores y dispositivos separados de señalización de alarma. El número de dispositivos y complejidad del sistema está limitado, en el extremo inferior por lo que se considera el mínimo aceptado para un área determinada y, en el extremo superior, lo que el propietario considere necesario.

Detectores de estación simple o múltiple: Un detector de estación simple, es un dispositivo compacto consistente en un elemento de detección, componentes de control eléctrico o mecánico, un aparato de alarma acústica y conexión a una fuente de energía integral o de la red. La conexión a la red puede hacerse mediante cordón, enchufe o un transformador de enchufe conectado al detector mediante un cable limitador de potencia o directamente a una caja de salida como un accesorio eléctrico. Cuando el tipo de conexión es de toma directa y tiene uno a más cables adicionales para interconexión con otros detectores similares, se denomina detectores de estación múltiple. Cuando la interconexión se efectúe de acuerdo con las instrucciones, la alarma de cualquiera de los detectores activará la del resto. Esto es muy importante debido a que un detector junto a un área debería enviar una señal cuando otro (ubicado en otra área) detectara humo. Algunos modelos de estos sistemas envían una señal periódica a la unidad receptora para indicar que esta en normal funcionamiento.

Sistema doméstico de alarma: Además de los detectores de estación simple y múltiple, existen sistemas domésticos de alarma similares en composición y funcionamiento a los sistemas locales de alarma descritos en la norma 72^a de la NFPA. Dichos sistemas, constan normalmente de una unidad de control conectada a la red de la vivienda y de una batería recargable de reserva capaz de operar el sistema al menos durante 24 horas. Además el sistema incorpora detectores de humo del tipo de conexión al sistema o de estación simple con

contacto de alarma. Normalmente dispone de dispositivos indicadores de alarma separados, tales como timbres, bocinas o sirenas electrónicas. La unidad de control puede también disponer de una conexión a un disco automático, estación central o cable de televisión, para transmitir la alarma a un punto determinado.

Sistemas combinados: Los sistemas domésticos y sin cableado a menudo incluyen alarmas de robo, además de la de incendio. En los sistemas combinados la señal de alarma de incendio es prioritaria sobre la de robo y las alarmas sonoras deben ser distintas de forma que pueda distinguirse inmediatamente un robo de un incendio. Además, aquellos sistemas que puedan transmitir alarmas a un punto determinado por medio de una línea telefónica o un cable de televisión, a veces incorporan alerta médica.

DETECTORES AUTOMÁTICOS DE INCENDIOS

Desde el momento que se inicia un incendio aparecen múltiples cambios ambientales mediante los cuales pueden detectarse su presencia. Los seres humanos son excelentes detectores por sus cualidades sensoriales de olfato, vista y tacto. También son capaces de comparar sensaciones sensoriales con conocimientos y experiencias previas.. Esto ayuda a diferenciar entre fuegos peligrosos y fuegos inofensivos. Pero puesto que los sentidos humanos no son infalibles, debido a la necesidad de frecuente descanso y relajación, se han desarrollado una serie de dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos, para la detección de los cambios ambientales generados por fuego.

Los elementos más comunes que pueden ser detectados en un incendio son: el calor, el humo (partículas) y la radiación luminosa. El tema se complica con el hecho que no todos los incendios generan todos los elementos y de que situaciones sin incendios producen ambientes similares.

Detectores térmicos:

Constituyen los más antiguos detectores automáticos de incendio. Comenzaron a emplearse con el desarrollo de los rociadores automáticos en 1860 y han proliferado hasta el presente en múltiples tipo de dispositivos. Un rociador puede catalogarse como una combinación de detector de incendios activado por calor y por dispositivo extintor, cuando el sistema indicador incorpore medidores de caudal de agua conectados al sistema de control de alarma de incendio. Los indicadores de caudal detectan el flujo de agua por las tuberías o el subsiguiente cambio de presión cuando el sistema actúa.

Los detectores térmicos responden a la energía calorífica transportada por convección y generalmente se sitúan en o cerca del techo. La respuesta se produce cuando el elemento de detección alcanza una temperatura fija predeterminada o cuando se llega a una velocidad especificada de cambio de temperatura. En general se diseñan para detectar un cambio determinado de una de las propiedades físicas o eléctricas de un material o de un gas.

Detector de compensación de velocidad: Consiste en un dispositivo que actúa cuando la temperatura que lo rodea alcanza un nivel determinado, independientemente de la rapidez de subida de ésta. Un ejemplo típico es un detector puntual con una envoltura tubular con un metal que se expande longitudinalmente a medida que se calienta y un mecanismo de contacto que se cierra en el momento cuando se alcanza una cierta elongación. Un segundo elemento metálico en el interior del tubo, ejerce sobre los contactos una fuerza opuesta que tiende a mantenerlos abiertos. Las fuerzas están equilibradas de forma que a bajas tasas de aumento de temperatura, se dispone de más tiempo para que el calor se transmita al elemento interior, el cual impide que el elemento se cierre hasta que todo el dispositivo se ha calentado al nivel de la temperatura regulada.

Detectores termovelocimétricos: Uno de los efectos que el fuego produce en el área que lo rodea es el rápido incremento en la temperatura del aire que ocupa el espacio situado por encima del fuego. Los detectores de temperatura fija no inician la alarma hasta que la temperatura del aire cerca del techo no supera el punto de diseño. El detector de velocidad de aumento de temperatura, funciona cuando el valor de la velocidad de aumento supera un valor prefijado, alrededor de 12-15°F (7-8°C) por minuto. Se diseñan para compensar los cambios normales en la temperatura ambiente que se producen en condiciones normales.

En un detector neumático, el aire caliente en el interior de un tubo o cámara se dilata, aumentando la presión. Esto ejerce una fuerza sobre un diafragma que cierra los contactos de alarma.

Detectores combinados: Contienen mas de un elemento para responder al fuego. Pueden diseñarse para actuar por medio de cualquier elemento o mediante una combinación parcial o total de ambos elementos. Un ejemplo es un detector térmico que funciona según los principios de temperatura fija y de velocidad de aumento. La ventaja consiste en que el elemento termovelocimétrico actúa con prontitud a fuegos de rápido desarrollo y el termostático responde a otro de lento desarrollo. El tipo más común emplea una cámara de aire hemisférica con venteo

y un diafragma flexible, para la función de velocidad de subida, y una lámina bimetálica con una ballestilla sujeta por un metal eutéctico, para la función de temperatura fija. Cuando el elemento termostático alcanza el punto de funcionamiento, la lámina bimetálica flexa hasta el punto de contacto, o bien se funde el metal eutéctico, liberando el resorte que cierra los contactos.

Detectores de efecto termoeléctrico: Un dispositivo cuyo elemento sensible consta de un termopar o termopila genera un aumento de potencial cuando la temperatura aumenta. Al aumentar dicho potencial a una velocidad anormal, se inicia una alarma mediante un equipo de control.

Los dispositivos de termopila, que funcionan según el principio de generación de tensión, emplean dos series de termopares. Una de las series se encuentra expuesta a los cambios en la temperatura atmosférica y la otra no. Durante el período de rápidos cambios térmicos debidos a fuegos, la temperatura de los termopares expuestos aumenta más rápidamente que la de no expuestos y se genera una diferencia de potencial. El incremento de voltaje se utiliza para la activación de un sistema de alarma. Este voltaje no necesita estar dentro de un solo detector, puesto que las unidades de termopila se conectan en serie, de forma que los voltajes generados por cada una se acumulen. De esta manera, pequeños voltajes producidas en cada unidad del circuito se suman y producen una alarma.

Detectores de humo:

Un detector de humo actúa con mucho más rapidez que uno térmico en la mayoría de los incendios. Se identifican según su principio de funcionamiento, dos de ellos son la ionización y la fotoelectricidad. Los que funcionan según el principio fotoeléctrico responden con más rapidez al humo generado por fuegos de baja energía, ya que generalmente se producen partículas de mayor tamaño. Los otros, poseen una respuesta algo más rápida a fuegos de alta energía (con llama), donde se producen elevadas cantidades de partículas de menor tamaño. Sin embargo, ambos tipos de detectores de humo están sujetos a los mismos ensayos de incendio en los laboratorios de prueba, con el fin de poder quedar aprobados.

Detectores de ionización: Generalmente son del tipo puntual. Contienen una pequeña cantidad de material radioactivo que ioniza el aire en la cámara detectora, convirtiéndolo en conductor y permitiendo que pase una corriente entre dos electrodos cargados. Esto proporciona a la cámara una conductancia eléctrica bastante efectiva. Cuando las partículas de humo penetran en la zona de ionización, disminuyen la conductancia del aire, adhiriéndose a los iones, causando una reducción en su movilidad. El detector responde cuando la conductancia baja de un nivel prefijado.

Detectores Fotoeléctricos: La presencia de partículas de humo en suspensión generadas durante el proceso de combustión afecta a la propagación de un haz luminoso a través del aire. Esto puede emplearse para detectar la presencia de un fuego de dos formas: (1) oscurecimiento de la intensidad luminosa a medida que pasa el haz, (2) Dispersión del haz luminoso.

1. Principio de oscurecimiento: Los detectores de humo que operan según este principio incorporan una fuente luminosa, un sistema de colimación del haz de luz, y un dispositivo foto sensible. Cuando las partículas de humo penetran en el haz, la luz que alcanza el elemento fotosensible se reduce y se activa la alarma. La fuente es generalmente un diodo emisor de luz (LED). Este constituye una fuente fiable y duradera que funciona con baja intensidad de corriente.
2. Principio de dispersión: Cuando las partículas de humo penetran en el haz, se produce dispersión de la luz. Los detectores que emplean este principio son generalmente puntuales. Contienen una fuente luminosa y un dispositivo fotosensible, dispuestas de tal forma que los rayos luminosos no inciden, normalmente, en el segundo. Cuando las partículas entran en la luz, esta se dispersa sobre el dispositivo fotosensible, provocando la respuesta del detector. El dispositivo fotosensible puede ser fotovoltaico, fotorresistivo, fotodiódico, fototransistorizados.

Detectores de llama:

Los detectores de llama reaccionan ante la aparición de energía radiante visible para el ojo humano (aprox. 4000y 7700 angströms) o a la energía radiante que está fuera del campo de la visión humana. Estos detectores son sensibles a las brasa incandescentes y a las llamas que radian energía con suficiente intensidad y naturaleza espectral para motivar la reacción del detector.

Debido a su rápida respuesta detectora, suelen emplearse generalmente en zonas altamente peligrosas, tales como plataformas de carga de combustible, áreas de procesos industriales, cámaras hiperbáricas, áreas con techos altos y atmósferas propensas a explosiones o fuegos rápidos. Debido a que deben ser capaces de “ver” el fuego, pueden ser bloqueados por objetos situados frente a ellos aunque el detector de infrarrojos posee cierta capacidad para detectar la radiación reflejada de las paredes.

Detector de infrarrojos (IR): Consta básicamente de un sistema de filtro y lentes que se emplea para apantallar longitudes de onda indeseables y focalizar la energía incidente en una célula fotovoltaica. Reaccionan a la componente total de infrarrojos de la llama, sola o en combinación, con el parpadeo de la llama en la banda de frecuencias de 5 a 30 Hz.

El mayor problema en el empleo de este detector que recibe la radiación total IR es la posibilidad de interferencia de la radiación solar en la región del IR. Si se sitúan en zonas de sombra solar, no es necesario apantallar o filtrar los rayos del sol.

Detector de ultravioletas (UV): Emplea generalmente como elemento sensible un dispositivo de estado sólido, carburo de silicio o nitruro de aluminio, o un tubo lleno de gas. Es insensible a la luz solar y artificial.

FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS

Uno de los temas mas estudiados en la Ingeniería mecánica es el transporte de fluidos en tuberías; éste es un fenómeno que se presenta en la mayoría de los procesos industriales y no industriales. Dicho transporte, responde a la necesidad en los procesos de transformar o aprovechar en otro escenario la energía y bondades que brinda el fluido.

Será entonces criterio del Ingeniero el evaluar las condiciones de transporte y múltiples factores influyentes en las características y propiedades que se adicionan al fluido a medida que se traslada por la tubería. Es así, que en éste capítulo se describirán algunos aspectos resaltantes y básicos en el transporte de fluidos y selección de las tuberías.

El método más común para transportar fluidos de un lado a otro es el impulsarlo a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que esta forma ofrece no solo mayor resistencia sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma.

Muy pocos problemas especiales de mecánica de fluidos, como es el caso del flujo en régimen laminar por tuberías, pueden ser resueltos por métodos matemáticos convencionales; todos los demás problemas necesitan métodos de resolución basados en coeficientes determinados experimentalmente. Muchas fórmulas empíricas han sido propuestas como soluciones a problemas de flujo de fluidos por tuberías, pero son muy limitadas y pueden aplicarse sólo cuando las condiciones del problema se aproximan a las condiciones de los experimentos de los cuales derivan la fórmula.

Debido a la gran variedad de fluidos usados en los procesos industriales modernos, una ecuación que pueda ser usada para cualquier fluido ofrece ventajas obvias. Una ecuación de este tipo es la fórmula de *Darcy*, que puede ser

deducida por análisis dimensional, sin embargo, una de las variables de la fórmula, el coeficiente de fricción, debe ser determinado experimentalmente. Esta ecuación de pérdida de presión se expresa en metros de fluido y es:

$$h_f = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

pero para llevar estas unidades a unidades de presión se tiene lo siguiente

$$\Delta P = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * D} \quad \text{donde se define:}$$

ΔP : La caída de presión entre un punto y otro.

ρ : La densidad del fluido.

f: El factor de fricción.

L: La longitud de tubería.

v: El volumen Específico.

D: El diámetro interno efectivo de la tubería.

g: Aceleración de la gravedad

La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de algunas propiedades físicas del fluido en cuestión, las cuales son variables en la mayoría de las ecuaciones usadas; estas son valores exactos que afectan su flujo, principalmente la viscosidad y el peso específico, han sido establecidos por muchas autoridades en la materia para todos los fluidos utilizados normalmente y muchos de estos datos se encuentran tabulados en gran número de publicaciones especializados en el tema.

Viscosidad: La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas. La melaza es un fluido muy viscoso en comparación con el agua, a su vez, los gases son menos viscosos en comparación con el agua.

Se puede predecir la viscosidad de la mayoría de los fluidos; en algunos, la viscosidad depende del trabajo que se haya realizado sobre ellos. La tinta de imprenta, las papillas de pulpa de madera y la salsa de tomate son ejemplos que tienen propiedades tixotrópicas de viscosidad.

Existe gran confusión respecto a las unidades que se deben usar para la viscosidad; de ahí la importancia de utilizar las unidades adecuadas cuando se sustituyen los valores de la viscosidad en las fórmulas.

Densidad, Volumen específico y Peso Específico: La densidad de una sustancia es su masa por unidad de volumen. La unidad de densidad en el Sistema Internacional SI es el Kg./m³ y se denota por ρ (Rho).

El Volumen específico de un fluido es el inverso de la densidad.

El Peso específico (o densidad relativa) es una medida relativa de la densidad. Como la presión tiene un efecto insignificante sobre la densidad de los líquidos, la temperatura es la única variable que debe ser tomada en cuenta al sentar las bases para el peso específico. La densidad relativa de un líquido es la relación de su densidad a cierta temperatura, con respecto al agua a cierta temperatura normalizada.

Número de Reynolds: Es la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. Las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo.

$$Re = \frac{D * V * \rho}{\gamma} \quad \text{donde se define:}$$

γ : La viscosidad cinemática del fluido.

D: El diámetro interno efecto de la tubería.

V: La velocidad del flujo.

ρ : La densidad del Fluido.

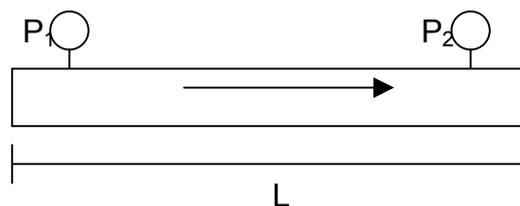
Re: Número adimensional de Reynolds.

Según sea el valor del número de Reynolds, se determinará el régimen del flujo, es decir, para flujos incompresibles hasta $Re = 2000$ se considera flujo laminar, entre 2000 y 4000 en una etapa de transición en donde dependiendo de las condiciones del problema se considerará laminar o turbulento. Éste último se considera a partir de 4000. Para fluidos compresibles, estos límites y consideraciones varían, se tienen entonces que, hasta $Re = 12000$ es flujo laminar, entre 12000 y 14000 en estado de transición y a partir de 14000 un flujo en régimen turbulento. Algunas bibliografías consideran que a partir de números de Reynolds de 16000 se considera una turbulencia total.

La determinación exacta de la pérdida de presión de un fluido compresible que circula por una tubería requiere un conocimiento de la relación entre presión y volumen específico; esto no es fácil de determinar para cada problema en particular. Los casos extremos considerados normalmente son el flujo adiabático y el flujo isotérmico. El primero se supone que ocurre en tuberías cortas y bien aisladas, esto es debido a que no se transfiere calor desde o hacia la tubería, excepto la pequeña cantidad de calor que se produce por fricción añadida al fluido.

El flujo isotérmico o flujo a temperatura constante se considera que ocurre muy a menudo, en parte por conveniencia o más bien, porque se acerca más a la realidad de lo que sucede en las tuberías. El caso extremo del flujo isotérmico sucede en las tuberías de gas natural.

La densidad de los gases y de los vapores varía considerablemente con la presión, por lo tanto, si la caída de presión entre dos puntos P_1 y P_2 en la figura adjunta es grande, la densidad y la velocidad cambian de manera significativa.



Cuando se trabaja con fluidos compresibles como aire, vapor de agua, etc., deben tenerse en cuenta las siguientes restricciones al usar la fórmula de Darcy:

1. Si la pérdida de presión calculada ($P_1 - P_2$) es menor que el 10% de la presión de entrada P_1 , se obtiene una exactitud razonable si el volumen específico que se introduce en la fórmula se basa en las condiciones de entrada o en las condiciones de salida, cualesquiera que sean conocidas.
2. Si la caída de presión calculada ($P_1 - P_2$) es mayor que un 10% pero menor que un 40% de la presión de entrada p_1 , la ecuación de Darcy puede aplicarse con razonable precisión utilizando el volumen específico basado en una media de las condiciones de entrada y salida..
3. Para pérdidas de presión mayores (tuberías largas), deben utilizarse otros métodos matemáticos para su resolución.

Flujo Límite de Gases y Vapores: La característica no evidente de la mayoría de las formulaciones, es que el flujo másico de un fluido compresible que pasa por una tubería con una determinada presión en la entrada, se aproxima a un cierto valor máximo que no puede ser superado por más que se reduzca la presión en la salida. La velocidad máxima de un fluido compresible en una tubería está limitada por la velocidad de propagación de una onda de presión que se mueve a la velocidad del sonido en el fluido. Como la presión decrece y la velocidad aumenta a medida que el fluido se mueve corriente abajo por una tubería de sección constante, la velocidad máxima aparece en el extremo de la salida de la tubería. Si la pérdida de presión es muy alta, la velocidad de salida coincide con la velocidad del sonido. Al reducir aún más la presión de la salida, no se detecta corriente arriba, ya que la onda de presión se mueve a la velocidad del sonido y la señal no se traslada corriente arriba. El exceso de caída de presión obtenido al reducir la presión en el exterior después de haber alcanzado el máximo de descarga se produce más allá del extremo de la tubería. Esta presión se disipa en ondas de choque y turbulencias del fluido saliente.

La velocidad máxima en una tubería es la velocidad sónica y se expresa:

$$U = \sqrt{K * R * T} \quad \text{donde se define:}$$

U: La velocidad de una onda de presión que se mueve a la velocidad del sonido.

K: La relación de los calores específicos a presión y volumen constante.

R: La constante Universal de los Gases.

T: La temperatura de las condiciones de trabajo.

FRICCIÓN EN LAS PAREDES INTERNAS DE LAS TUBERÍAS

Existe una ecuación desarrollada por el científico inglés Colebrook en la cual se desarrolla una relación entre el factor de fricción “f” de un flujo de fluido con un número de Reynolds “Re” determinado y una tubería de rugosidad relativa conocida “e/D”. La misma es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right]$$

Como se puede observar, para encontrar el valor de “f”, es necesario realizar numerosos cálculos partiendo de suposiciones; en principio se establece un valor para el factor de fricción “f”, posteriormente se procede a realizar las operaciones algebraicas implícitas en la ecuación para ambos miembros de la igualdad. Esto arrojará un resultado por cada miembro de la ecuación, habrá entonces que comparar ambos, y si numéricamente no son iguales existirá la necesidad de repetir las operaciones con otro valor del factor de fricción; este procedimiento culminará en el momento en que ambos resultados sean iguales o por lo menos con una diferencia porcentual establecida por el operador de la ecuación. La decisión se tomará en base a las necesidades de exactitud y precisión que solicite el sistema.

Es notable que el procedimiento anteriormente descrito es laborioso, y en algunos casos el nivel de complejidad aumenta según las características y régimen del flujo de fluido; es por ello, que científicos a nivel mundial se han dedicado a resumir estas operaciones en una sola ecuación, donde el resultado de la misma es un único valor del factor de fricción, esto se logró estableciendo

valores de factores de fricción en el miembro derecho de la ecuación de Colebrook para ciertas condiciones en el transporte del fluido. Siendo los factores considerados, el régimen del flujo (Laminar, en Transición, Turbulento), la variación de la densidad con los cambios de temperatura (fluido compresible, fluido incompresible) y la calidad del material de la tubería de transporte (rugosidad relativa).

Las conclusiones y recomendaciones de uno de estos estudios, fueron publicadas en la revista científica "Journal of Energy Resources Technology" en junio de 1.985, en el artículo "A REVIEW OF EXPLICIT FRICTION FACTOR EQUATIONS", las mismas serán citadas a continuación:

- I. Mientras más precisa sea la data experimental disponible o mayor precisión en la correlación de la data obtenida, la ecuación de Colebrook debe servir como la estándar.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}} \right]$$

- II. Ecuaciones explícitas adicionales para factores de fricción, no son necesarias.
- III. Soluciones numéricas de factores de fricción basadas en la ecuación de Colebrook pueden ser obtenidas por iteración para cualquier grado de precisión deseado.
- IV. Para muchas aplicaciones, las expresiones explícitas simples de las ecuaciones (5), (6), (7) u (11) serán suficientes.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{13}{\text{Re}} \right] \quad (5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{14.5}{\text{Re}} \right] \quad (6)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 * \text{Lg} \left[\frac{6.9}{\text{Re}} + \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} \right]^{1.11} \right] \quad (7)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{12}{\text{Re}} \right] \quad (11)$$

- V. Si se requiere mas precisión, cualquiera de las ecuaciones de la (12) a la (19) son adecuadas para flujo turbulento. Se anexa a éste documento las ecuaciones nombradas, con copia del trabajo de investigación.
- VI. Si la aplicación es exclusiva en la región de números de Reynolds $\text{Re} > 10000$ y rugosidad relativa mayor $\varepsilon/D > 0.004$, ecuación (5) es recomendada. En esta región, la precisión es cercana a la de la ecuación (7) y sustancialmente mas simple.
- VII. Ecuación (15), la cual ofrece un compromiso razonable entre precisión y complejidad, es recomendada para cálculos de factores de fricción para flujos turbulentos, todas las rugosidades relativas y números de Reynolds.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} - \frac{4.518}{\text{Re}} * \text{Log} \left[\frac{6.9}{\text{Re}} + \left[\frac{\varepsilon/D}{3.7} \right]^{1.11} \right] \right] \quad (15)$$

Con toda la información precisada anteriormente se puede realizar los cálculos de la caída de presión en cada área seleccionada. Los mismos se harán por tramos y el resultado final será la suma de todas las caídas de presión resultantes en cada uno de los tramos.

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Para poder completar el diseño en sí del sistema, se deben desarrollar etapas previas a los cálculos, elegir el método de análisis de riesgo, la selección del agente extinguidor y por último los cálculos y selecciones necesarias para las tuberías, accesorios y todos los componentes del arreglo. Previamente, se debe dar a conocer las características del área a ser protegida, haciendo una descripción de la misma y representaciones gráficas.

Características de la Sala de Computación.

La totalidad del área es de aproximadamente 1.300 m², con una altura de 2.30 m desde el piso falso hasta el cielo raso, la profundidad del piso falso es de 0.40 m y la altura del cielo raso es 0.55 m. Las paredes son de mampostería con un espesor de 35 cm. aproximadamente, en los alrededores de la sala se encuentran oficinas del lado sur y este, en el sector norte y oeste, la fachada limita el edificio con áreas al aire libre; es de importancia resaltar que en dirección nor-este se encuentran unidades de manejo de aire (UMA). Las características de techo, ambiente y piso falso son muy similares a lo largo de toda la superficie de la sala de computación. En los extremos de la sala existen dos salidas de emergencia y una salida principal en aproximadamente el centro del área de lado sur, la misma conduce a una sala de control.

TECHO: El techo raso o comúnmente llamado cielo raso es sostenido en sus bases por medio de alambres anclados a la plataforma techo, los plafones son de yeso y pintados de blanco, en algunos de ellos se han hecho modificaciones para colocar accesorios como detectores de humo, sensores de movimiento, boquillas de descarga para el sistema de protección contra incendios y para la salida de los ductos del aire acondicionado central.

AMBIENTE: El ambiente de la sala se encuentra a una temperatura baja de aproximadamente 17 °C, debe permanecer a esa temperatura por seguridad de

los equipos y disposiciones que hacen alusión a las condiciones de temperatura en salas destinadas a computación. Sin poder ser medida, se puede estimar que la sala cuenta con buena iluminación cuya fuente son lámparas fluorescentes. No existe corriente de aire directamente en el ambiente, por lo que se nota la ausencia de un sistema en operación de aire acondicionado y que descargue la corriente de aire frío directamente en el ambiente. El mismo es refrigerado por medio de unidades de aire acondicionado tipo schiller individuales, estos expulsan el aire frío por debajo del piso falso creando una corriente que se distribuye al ambiente por medio de rejillas colocadas en el piso. El ambiente no cuenta con un sistema de extracción de aire por la que las unidades de aire acondicionado trabajan con corrientes en recirculación. En ningún momento se notó la presencia de concentrados en el ambiente (gases, partículas suspendidas visibles, humo).

PISO FALSO: Es de 0.40 m de profundidad hasta la plataforma piso, el material son láminas de metal de 1.5 cm de espesor con un cubrimiento de fórmica, las mismas están colocadas sobre pequeñas barras de acero dispuestas a lo largo de toda la sala. Dentro del piso falso se distribuyen todo el cableado de las máquinas allí presentes, tanto fuentes de energía como de procesamiento y transmisión de data. También es de notar la presencia de una fuerte corriente de aire proveniente de los ductos de los schillers; existe una red de distribución de tuberías y boquillas de descarga destinadas a la protección del espacio entre el piso falso y la plataforma piso.

SECCIÓN 1: Es la sección más grande contando con 390 m² de superficie. Alberga computadoras de procesamiento de data, UPS (uninterruptable power supply), computadores personales ordenados en estantes y once (11) unidades de aire acondicionado tipo shiller, en la extrema izquierda se observa un espacio vacío que es aproximadamente la tercera parte del total del área (170 m²). Cuenta con una salida de emergencia y dentro de la sala un cuarto destinado a deposito, separada por mampostería. En los lados norte, sur y este, los límites son de paredes de ladrillos y hacia el lado oeste limita con la sección 2 por medio de una pared de vidrio y puertas abatibles también de vidrio. Normalmente desocupada.

SECCIÓN 2: Se encuentra en el medio de la sala con una superficie de 268 m², se nota la ausencia de ventanas y módulos de extracción de aire. Cuenta con unidades schiller que actúan de igual manera que los de la sección 1. En ella se encuentran equipos de procesamiento de data UPS, unos pocos computadores personales ordenados en estantes. En los extremos Este, Oeste y sur está separada por paredes de vidrio de las secciones 1, 3, 4 y 5; por el lado norte una pared de ladrillo convencional. Normalmente desocupada.

SECCIÓN 3: La sección es de 75 m², en ella se alojan dos máquinas robot y está limitada por paredes de vidrio con la sección 2 y 4; la puerta de acceso dirige hasta la sección 4. Se nota la ausencia de boquillas de descarga del gas extinguidor de incendio debido a que esta zona formaba parte de la sección 2, posteriormente aislada. Normalmente desocupada.

SECCIÓN 4: Es la sala de control, con una superficie de 82 m² aproximadamente, el acceso a la sala es desde el pasillo del edificio, también es la más ocupada de todas, se encuentran operadores las 24 horas del día trabajando en ésta sección. Las máquinas que allí se encuentran no son de gran envergadura y están dispuestas en la periferia de la sección. Es la única sección que está aislada del resto por el piso falso. Normalmente ocupada.

SECCIÓN 5: Ubicada en el extremo oeste de la sala, con una superficie de 362 m², en ella se almacenan cintas que guardan información digital, de material plástico en estantes metálicos altos, se encuentran también máquinas robot de gran tamaño las cuales trabajan con dichas cintas. En ésta sala, está el tercer sistema fijo de protección contra incendios en base Halón 1301, protegiendo solo el ambiente y piso raso. Con la segunda salida de emergencia y equipos de aire acondicionado independiente. Normalmente desocupado.

El estricto control de las condiciones de la sala de computación, se debe, principalmente a la gran importancia de la información procesada. Se hace de necesidad primordial el seguir rigurosamente los reglamentos y normativas de

seguridad dirigidos hacia áreas como esta. Ésto, se ha convertido en una gran preocupación para la empresa petrolera, puesto que se ven en la obligación de hacer reestructuraciones tanto físicas como en el modo de operación en la mayoría de los procesos y sistemas que ellos manejan.

La información recolectada en la sala de estudio, proviene de todo el país, data a nivel nacional de toda la corporación llega a los equipos de la sala, procesándola, almacenándola y enviándola a muchos destinos a nivel nacional e internacional. La información es concerniente a todos los aspectos de la empresa: procesos, sistemas, programas internos, intranet, nómina y de cualquier otra índole. El reemplazo o desincorporación de cualquier equipo de estos, costaría grandes sumas de dinero, a pesar de la significativa pérdida económica, es mucho más valiosa la información que se maneja. Con esta pequeña explicación se evidencia la importancia de los equipos para la empresa y más aún la protección de los mismos.

Justificación del método de Análisis de Riesgo

De manera consecutiva se debe elegir la metodología más apropiada para realizar el análisis de riesgo en la sala de computación, para ello debemos verificar factores como la aplicabilidad de la metodología en el sistema planteado, rapidez del proceso de estudio, precisión de los resultados y veracidad de los mismos.

Ahora bien, tomando en cuenta que en la sala de computación no se lleva a cabo un proceso como tal en donde existan tuberías, puestos de control, transporte de fluidos, almacenaje de materiales peligrosos, tránsito de personal o simple manejo de sustancias peligrosas, es de considerar razonable la posibilidad de descartar aquellas metodologías en las que se incluyen la determinación precisa y cuantitativa de los peligros; más bien hemos definido el sistema como un ambiente donde las actividades realizadas son de carácter pasivo. Las características antes descritas son típicas donde se pueda aplicar un estudio de peligros de operabilidad Hazop. A demás de esto, la intención de este trabajo va

dirigida sólo al sistema de protección contra incendio y no en los componentes de la sala como la conducción de electricidad por el cableado, fallas en el proceso de refrigeración en las unidades de manejo de aire y otros que se puedan suscitar en las actividades alrededor de la sala. Hazop, es un método utilizado en su mayoría para plantas o procesos que ya estén completamente operativos (en otros casos en etapa de diseño) y la intención del mismo es evaluar de manera precisa los riesgos del funcionamiento de los equipos, y elementos del sistema.

Por otro lado, los otros tres análisis de riesgos descritos, nos ofrecen resultados cualitativos y descriptivos bastante certeros. El tiempo de culminación del estudio es relativamente corto si se conoce por completo las actividades que en la sala se realizan, condiciones de operación de la misma, frecuencia de ocupación, material almacenado e información que se transmite. Las metodologías nos permiten de manera rápida y concisa reconocer los peligros, sus consecuencias y las recomendaciones pertinentes al caso.

Se hará entonces una descripción narrativa de los peligros, planteando situaciones hipotéticas de eventos que desencadenen otros y traigan consecuencias desfavorables para el sistema; el interés de este análisis es el de estudiar los peligros de **incendio** principalmente, es por ello que no se tomará en cuenta otras eventualidades. Como punto de partida el peligro de incendio, se empezará a describir todas las posibles causas del evento y a su vez las consecuencias en los casos hipotéticos de ocurrencia de incendio.

La elección de esta metodología, **What If?**, para realizar el análisis de riesgo en la sala de computación, responde básicamente a la factibilidad de aplicación de la misma, es decir, los eventos y actividades que se desarrollan en la sala son múltiples pero fácilmente predecibles, por lo que suponer eventos que acarreen consecuencias negativas es de gran ayuda para la recomendación de actividades preventivas. El desarrollo de la identificación de peligros juega un papel vital en el resultado del estudio; es ésta etapa la determinante para aplicar

acciones y evitar incendios en la sala de computación, así pues, la relevancia del método que se aplicará está ubicada en la identificación de peligros.

Identificación de Peligros

Dada la descripción de la sala, se listarán los peligros que en ella se encuentran, y en especial los riesgos de incendio, se pondrá mayor interés a las consecuencias de esta emergencia en particular. Para ello se cuenta con diversas herramientas y métodos en el análisis de riesgo; se debe seleccionar una de las tantas existentes tratando de estudiar todas las posibilidades y haciendo la selección tomando en cuenta múltiples factores como económicos, rapidez de culminación del estudio, calidad y precisión en los resultados, aplicabilidad de métodos cualitativos o cuantitativos a la situación.

Como es ya descrito, la sala aloja equipos de procesamiento de data, robots que trabajan con cintas de almacenamiento de información; éstos, utilizan energía eléctrica para su funcionamiento e infinidad de cables interconectados entre cada una de ellos. Además del cableado, poseen tarjetas plásticas procesadoras, chips, y gran cantidad de accesorios electrónicos que en general constituyen los artefactos. Todos los materiales de construcción de las unidades son potencialmente un peligro, su condición de material combustible para completar los factores necesarios para provocar incendios, los convierte en objeto de estudio y foco de atención en la prevención y protección.

Los equipos al trabajar con energía eléctrica, están propensos a desequilibrarse por oscilaciones bruscas en la corriente de suministro, recordamos que los componentes de estos equipos son muy sensibles a los cambios de voltaje e intensidad, pudiendo producir un chispazo por elevaciones excesivas de temperatura, éste fenómeno es aplicable para todos los dispositivos que operan dentro y fuera de las máquinas.

Al igual que las computadoras existen unidades de aire acondicionado tipo shiller, los mismos trabajan con corriente eléctrica y no están exentos de cambios o perturbaciones a las condiciones normales de operación. Así pues, cualquier equipo que necesite de energía eléctrica para su funcionamiento es un potencial peligro para la iniciación de un incendio. Otros factores incontrolables o quizá impredecibles serían los fenómenos naturales, como terremotos (o pequeños temblores que quiebren las condiciones de estabilidad), inundaciones, explosiones en los alrededores del área que afecten directamente la sala de computación.

A pesar que los equipos están conectados a dispositivos de seguridad, los cuales los protegen de caídas y subidas de tensión, es completamente posible el recalentamiento del cableado, bien sea por falla en los UPS (fuente ininterrumpida de poder) o por exceso de capacidad en el manejo de información. Otro aspecto importante en la identificación de peligros son los materiales existentes dentro de la sala, pueden o no ser combustible contribuyentes en la propagación o iniciación de incendios como lo es el material del cielo raso o techo falso, el cual es de tablopan.

El manejo de los equipos, y la ubicación de nuevos en la sala, son actividades de cierto peligro puesto que deben ser incorporados a la red eléctrica y de transmisión del sistema, esto implica conexión al mismo suministro de energía y conexión de los cables de transmisión de data; es evidente que estas labores están reguladas por normativas y catálogos de fabricantes, pero recordemos que es la mano del hombre la que interviene en dicho proceso y existe la posibilidad de cometer errores. En fin, podemos de manera clara listar los peligros más resaltantes en la sala y en las actividades que se realizan para mantener la continuidad de las operaciones.

- Oscilaciones en el suministro de energía eléctrica.
- Falla de los UPS.
- Recalentamiento del cableado.
- Conexiones inadecuadas en la incorporación de nuevos equipos.
- Atasco en las piezas mecánicas de los Robots.

- Bajo rendimiento en las unidades de aire acondicionado.
- Caída de los plafones del piso falso e interrupción de las líneas de transmisión.
- Corte del cableado por factores externos a la operación (instalación y desinstalación de componentes en la sala).

Podríamos listar de igual manera los peligros de incendio a los cuales está expuesta la sala:

- Incendio en la oficina o cubículo dentro de la sala.
- Incendio en los materiales combustibles comunes.
- Exposición a un incendio en el área de oficinas fuera de la sala (en sus alrededores).
- Incendio en los cables agrupados debajo del piso falso.
- Incendio en un equipo energizado

Como ya se ha mencionado, la data e información que transmite y recibe la sala de computación posee una gran importancia para la empresa, y en muchos casos la supervivencia de ciertas áreas depende de dicha información, esa información digital, por lo general cuanta con un respaldo o como se menciona en el lenguaje técnico computacional “backup”, la transcendencia de dicha información es casi invaluable y por supuesto incuantificable en términos económicos, se recuerda que, se maneja información de toda índole, procesos, nómina, negocios nacionales e internacionales, transporte, movimientos de dinero, etc., por lo que la pérdida física de los dispositivos almacenadores de ésta información digital, sería irreparable.

En la siguiente página se muestra la tabla correspondiente a las observaciones de la aplicación del método del Análisis de Riesgo What If?

Localidad: Sala de computación DATA-CENTER		Fecha: Enero 2002	Grupo Analista: Rafael Peraza
Sección: Se destacan los aspectos de toda la de Computación (Ambiente y Piso Falso para todas las área)			
PELIGRO	CAUSA	CONSECUENCIA	RECOMENDACIONES
INCENDIO	1.- Incendio en los alrededores de la sala.	1., Penetración de llamas y humo en las áreas internas.	1.- Colocar paredes resistentes al calor y llamas de tal manera que se evite la propagación de llamas.
	2.- Sobrecalentamiento en los cables de energía eléctrica.	2.- Inicio de Incendios en los interiores de las máquinas.	2.- Utilizar materiales apropiados en el recubrimiento de los cables para evitar incendios en los mismos y colocar sistemas de detección y combate de incendios.
	3.- Falla en las unidades de aire acondicionado.	3.- Calentamiento de las máquinas y mal funcionamiento por temperaturas elevadas	3.- Realizar mantenimientos programados y monitorear el funcionamiento de los aires acondicionados.
	4.- Oscilaciones en el suministro de energía eléctrica.	4.- Pérdidas parciales o totales de información y de los equipos por disparos de los mismos	4.- Colocar equipos que combatan incendios de equipos energizados y de materiales sólidos.
	5.- Inadecuada conexión en los equipos incorporados en la sala.	5.-Interrupción del proceso y actividades de transmisión de data.	5.- Revisar las múltiples conexiones existentes entre los aparatos.
	6.- Factores que irrumpan la integridad del cableado.	6.- Pérdidas económicas en el proceso de recuperación de data	6.- Realizar inspecciones planificadas de las instalaciones y de los materiales allí almacenados.

Nota: Las supervisiones y verificaciones se deben hacer según normas internas de la industria.

DISCUSION RESULTADOS ANÁLISIS DE RIESGO

En virtud de las recomendaciones expuestas anteriormente (Tabla observaciones What If?) se realizarán algunas acotaciones pertinentes a la situación de la sala en cuestión.

En primera instancia se observa, que en la mayoría de las secciones indicadas anteriormente no cumple con normas básicas de construcción segura para la prevención de incendios establecidas en la norma NFPA 75 “Estándar para la protección de equipos de procesamiento de data”, lo que indica que el riesgo de incendio aumenta. Las secciones están separadas por paredes de vidrio en su mayoría lo que no asegura un total aislamiento térmico entre cada una de las secciones.

Por otro lado se tiene que el flujo de personas en la sala de computación es bastante elevado y el buen control o supervisión de las mismas se convierte una tarea poco frecuente; dentro de la sala de computación, trabajan personas ajenas a la corporación, y a pesar de las normativas estipuladas en cuanto a trabajos seguros en los contratos otorgados para personas que laboren dentro de las instalaciones de la industria, en muchos casos no existe la supervisión directa por parte del personal fijo de la empresa, por lo que el error humano siempre estará presente incrementando así el riesgo de incendio.

Es de notar, que las dimensiones de la sala son bastante grandes para la total supervisión por medio del personal, por lo tanto, éstas actividades de supervisión y resguardo deben ser apoyadas por equipos automatizados o dispositivos electrónicos que den señales de cualquier tipo de anomalía en el proceso continuo de las actividades de la sala de computación. Uno de estos dispositivos es el sistema de detección de incendios, que si es correctamente seleccionado e instalado ayudaría en grandes proporciones a la prevención de incendios.

El uso de sistemas portátiles en la protección de salas de computación es una de las alternativas que se presentan,

El uso de sistemas portátiles (extintores) en la protección contra incendios en salas de computación es una alternativa que se presenta, para la implementación de estos sistemas se debe preparar al personal con técnicas de combate de incendios, reconocimiento de situaciones críticas y otras áreas necesarias para el buen funcionamiento de los equipos portátiles, a pesar que el personal que labora en la empresa cuenta con estas habilidades, la supervisión total de la sala por las pocas personas que trabajan en ella, (tres empleados fijos durante 24 horas) sería ineficiente, además, el combate de incendios con equipos portátiles en áreas como el piso falso y otros lugares inaccesibles colocan a estos sistemas en desventaja sobre los sistemas automáticos de protección contra incendios.

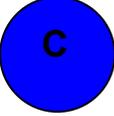
La experiencia en la empresa y demás corporaciones a nivel nacional es la instalación de sistemas automáticos de detección y sistemas fijos de protección contra incendios para salas de computación.

SELECCIÓN DEL AGENTE EXTINGUIDOR

En primer término, es de suma necesidad comentar los tipos de incendios que se pudiesen suscitar en el área de la sala de computación. La existencia de papeles, cintas plásticas y materiales sólidos, son elementos que puede favorecer a los incendios *Clase A*, por otro lado, como es bien descrito anteriormente, se alojan cantidades de equipos de computación, máquinas procesadoras de datos, y que en general, para su funcionamiento es necesario el suministro continuo de energía eléctrica; es así que el otro tipo de incendio que se pudiese producir son los de *Clase C*.

Son múltiples los factores que se deben tomar en cuenta para la selección de un agente extinguidor, en primer plano y como ya dicho se debe buscar agentes para el combate de los tipos o clases de fuegos que se puedan presenciar en el área a ser protegida. En segundo lugar, pero no de menor importancia, las condiciones que se quieren o necesitan en el ambiente después de descargado el agente, es decir, residuos tóxicos en el área, corrosión en el material, humedad en el ambiente, y por supuesto desechos contaminantes para el medio ambiente. Para mejor entendimiento de lo explicado se presenta un cuadro, en donde se refleja la aplicabilidad de ciertos agentes según el tipo de fuego. Es también importante señalar que el establecer las condiciones post-incendio es criterio del diseñador, basado en las necesidades de la continuidad del proceso que se este efectuando.

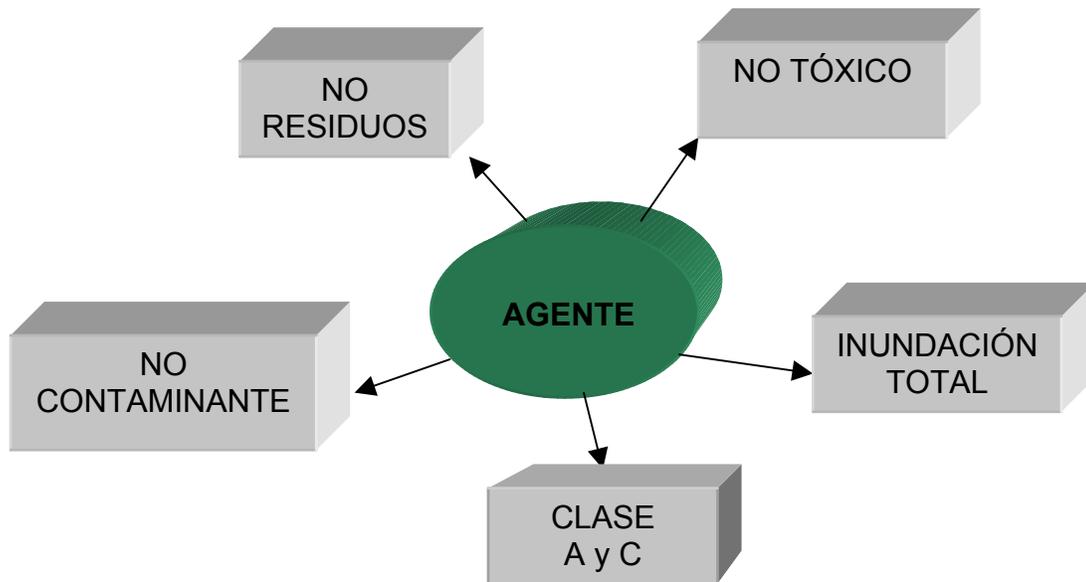
Tabla 1: Clasificación Agentes

CLASES DE FUEGO		MEDIOS DE EXTINCIÓN							
		Agua a Chorro	Agua Pulverizada	Espuma química	Espuma Física	Polvo Seco	Polvo Antibrasa	Dióxido de carbono	Halógenos
	Materiales sólidos combustibles	Exce-lente	Exce-lente	Exce-lente	Exce-lente	Defi-ciente	Exce-lente	Defi-ciente	Defi-ciente
	Líquidos Combustibles	No	No	Bueno	Exce-lente	Exce-lente	Exce-lente	Bueno	Bueno
	Incendios de equipos Energizados	No	No	No	No	Bueno	Bueno	Exce-lente	Exce-lente
	Metales ligeros Y Alcalinos	No	No	No	No	Bueno	Bueno	Defi-ciente	No

Como es de notar, en el cuadro presentado, para los incendio clase C, los cuales son los de mayor probabilidad de ocurrencia en la sala de computación, es muy bien recomendado el uso de agentes del tipo dióxido de carbono (CO₂) y agentes halogenados, pero por el contrario, estos agentes son deficientes en su capacidad de extinción de fuegos clases A, por lo que resulta provechoso para este último el uso de agua y espumas. Ante esta disyuntiva, debemos analizar las posibilidades existentes, las cuales son las siguientes.

- (1) Usar agua como agente extinguidor, es muy aplicado para combatir incendios de clase A pero no para los de clase C, puesto que el agua es conductor de la electricidad.
- (2) El uso de agentes halogenados como agente extinguidor de la sala de computación. No es muy efectivo para incendios de clase A pero si para los de clase C. Por otro lado, es de suma importancia describir lo que se quiere después de la descarga del agente, en esta oportunidad es básicamente una, la protección de los equipos lo cual requiere que el agente no deje residuos que puedan dañar las máquinas por corrosión, así pues que las espumas y polvos químicos quedan descartados del estudio.

Además de las razones anteriormente expuestas, se presentan los requisitos que el agente a ser elegido debe cumplir.



Entonces, se decide hacer el estudio comparativo para agentes halogenados, dióxido de carbono y gases inertes.

Según el Protocolo de Montreal, celebrado en Canadá el 16 de Septiembre de 1.987, deben ser retirado del mercado y de su uso algunas sustancias dañinas para el medio ambiente, entre las que cuentan los agentes halogenados, en

consecuencia de este dictamen internacional, la NFPA lista una serie de posibles agentes sustitutos de los halones, entre los que figuran el Heptafluoropropano (FM-200) y la mezcla de gases naturales llamado INERGEN. Ambos agentes son los más recomendados y promovidos en el mercado nacional e internacional; sumado a esto, diversos laboratorios e instituciones dedicadas a la investigación han estudiado las capacidades y propiedades de los dos agentes en cuestión; es por ello que concentraremos los esfuerzos de la evaluación en estos dos agentes y en el dióxido de carbono.

Comparación de los agentes

FM-200: Es uno de los agentes listados por NFPA 2001 “Estandar for Clean Agent Fire Extinguishing Systems” como posible agente reemplazo del halón 1301. Se define como un agente limpio puesto que no deja residuos al ser aplicado. Su composición química lo coloca dentro del grupo de hidrofluorocarbonados y extingue el fuego por el mecanismo de inhibición, anteriormente explicado (interrupción de la reacción encadena); es un agente que no conduce electricidad, no deja residuos, puede ser colocado en sistemas y distribución de tuberías similares a los de los halones. El impacto ambiental del FM-200 es muy bajo en comparación con otros elementos hidrofluorocarbonados, y los niveles máximos de exposición a los seres humanos están bien definidos. El almacenaje del agente se realiza en bombonas metálicas en fase líquida y la medida usual es en unidades de masa (Lb, Kg). El paso a través de las boquillas de descarga de la sustancia es en fase gaseosa y se considera la inundación total.

INERGEN: Listado de igual manera en la norma NFPA 2001 “Estandar for Clean Agent Fire Extinguishing Systems”, es una mezcla de gases inertes como lo son Nitrógeno (52%), Argón (42%), Dióxido de Carbono (8%), esta mezcla no tiene ningún impacto ambiental puesto que los gases son inertes, naturales y no reaccionan con otro elemento. No deja residuos al extinguir el incendio, su almacenaje es en bombonas metálicas en fase gaseosa y al ser descargado inunda todo el volumen o espacio a ser protegido. Extingue el fuego reduciendo los niveles de oxígeno desde condiciones normales en salas y cuartos de 21% hasta 12.5% e incrementa niveles de CO₂ desde 1% hasta 4%, suficiente para

suprimir el fuego y desplazar el oxígeno necesario para la combustión; por otro lado al aumentar los niveles de CO₂ en el ambiente, estimula al cuerpo humano en la respiración aumentando el flujo de aire entrante, de esta manera existe una compensación a la caída de los niveles de oxígeno.

Teniendo delimitado los agentes a estudiar, se debe completar un cuadro evaluativo y ponderado considerando factores de interés ambiental, técnico y económico. Se dará una puntuación del 1 al 5 para calificar dichos factores observados en cada uno de los agentes, siendo el valor 5 el más favorable para el punto en estudio. Cada factor no tendrá el mismo valor o peso en la evaluación, es por ello que se ha considerado ponderarlos ponderadamente, con la finalidad de poseer un criterio de selección inclinado hacia aspectos ambientalistas, técnico o económico según las necesidades de la empresa.

Tabla2: Comparación ambiental

AGENTE FACTORES	Ponderación (%)	INERGEN			FM-200			CO ₂		
		ODP	25	0	5	1.25	0	5	1.25	0
ALT (años)	15	N/A	5	0.75	36.5	4	0.6	N/A	5	0.75
GWP (100AÑOS)	15	N/A	5	0.75	2050	2	0.3	N/A	5	0.75
% de diseño	15	37.5	4	0.6	8	4	0.6	50	1	0.15
NOAEL %		43			9			5		
LOAEL %		52			10.5			7		
Tiempo máx. de exposición a % de diseño	20	20 min.	4	0.8	6 min.	2	0.4	<0 min.	1	0.1
Opacidad (después 4min)	10	NO	5	0.5	20%	4	0.4	85%	2	0.2
Total Ponderado	100%	4.65			3.55			3.2		

Los datos del cuadro anterior son tomados de la norma NFPA 2001.

Como podemos observar en el cuadro comparativo anteriormente expuesto, el agente dióxido de carbono, presenta unos niveles de diseño muy por encima del nivel NOAEL (Nivel donde no se observan efectos adversos), en una descarga de CO₂ en un ambiente encerrado, es primordial que el área esté desocupada, puesto que el CO₂ combate el incendio disminuyendo la concentración de oxígeno en el ambiente a niveles intolerables y aumentando la concentración de CO₂, haciéndolo no apto para la combustión; es evidente que es una ventaja en el combate de incendio, pero recordemos que la sala de computación estudiada es un recinto donde permanentemente labora personal. Es por esta fundamental razón por la cual no se recomienda el uso de dióxido de carbono. Seguidamente, los estudios se concentrarán en la comparación de los dos agentes restantes.

De igual manera haremos un estudio técnico y económico con los dos agentes, los factores en esta matriz comparativa, serán especificaciones y características fundamentales de diseño y facilidad de adquisición del agente. Se hace difícil ponderar ciertos valores, puesto que sus posibles respuestas serán si o no, y en los otros factores comparativos serán determinados por criterio de la empresa referida a velocidad de respuesta en la reposición de los agentes.

Cantidad de agente necesario.

Para poder construir la tabla comparativa entre la cantidad de agente necesaria para proteger la sala, es necesario realizar cálculos previos, los cuales están aprobados por la NFPA y descritos en la norma “Estándar para agentes limpios de sistemas de extinción de incendios”. Estas formulaciones están fundamentadas en estudios realizados por Factory Mutual, el cual es un laboratorio reconocido a nivel mundial, este laboratorio trabaja para la NFPA, colaborando en la realización de ensayos y experimentos con la finalidad de determinar de manera precisa y exacta propiedades y características de procesos, materiales, agentes y cualquier elemento relacionado con la tecnología de extinción de incendio. Las ecuaciones utilizadas para los cálculos de cantidad de

agente, son exactamente las mismas que las utilizadas por la NFPA y FM (Factory Mutual) en sus ensayos.

✓ **Para INERGEN**

$$X = 2.303 * \left[\frac{V_s}{S} \right] * \text{Log} \left[\frac{100}{100 - C} \right] \quad \text{donde se define como:}$$

X: Factor de Flujo.

V_s : Volumen específico @ T. [ft³/Lb]

S: $9.8579 + 0.02147 * T$ [°F]

T: Temperatura Mínima estimada del volumen a ser protegido.

C: Concentración de diseño [37.5%]

Se estima una temperatura ambiental interna de la sala de 65°F (18°C aproximadamente), el volumen total de sala es de 100262.96 ft³ y el piso falso 13078 ft³. Para INERGEN, es recomendada una concentración mínima de 37.5%, la cual la asumiremos para los cálculos. Después de encontrar el factor de flujo, se multiplicará por el volumen total (bien sea de la sala o de el piso falso), para después hacer la corrección con el factor de altura, recordando que el agente en cuestión es un gas y que su capacidad de expansión varía según la presión atmosférica.

Se considera únicamente el volumen total sin extraerle el volumen reducido, el cual no es el correcto para realizar cálculos *detallados* en el momento de diseñar el sistema, es así que usaremos el volumen total para poder comparar la cantidad necesaria de los agentes. Ahora bien:

$$X = 2.303 * \left[\frac{11.251}{11.25345} \right] * \text{Log} \left[\frac{100}{100 - 37.5} \right]$$

$$X = 0.4699$$

Reconociendo un factor de corrección de altura de 0.89 (encontrado en la tabla anexa A.3).

✓ **Para FM-200**

Las consideraciones tomadas para el cálculo de la cantidad de agentes extinguidor son exactamente las mismas que para INERGEN, se diferencian en la ecuación, la cual es también descrita en la norma NFPA 2001.

$$W = \frac{V}{S} * \left(\frac{C}{100 - C} \right) \quad \text{donde se definen los factores como:}$$

W: Peso en libras de FM-200.

V: Volumen a proteger.

S: Volumen específico @ T y se define de la siguiente manera.

$$S = 1.885 + 0.0046 * T$$

C = % de diseño

Se establece el mismo área para los cálculos con este agente, con un factor de diseño de 8% y una temperatura promedio de 65 °F. Ahora bien, el cálculo tipo para el volumen de la sala de computación quedaría:

$$W = \frac{100262.96}{2.184} * \frac{8}{100 - 8}$$

$$W = 3991.85 \text{ Lb. de FM-200}$$

Reconociendo un factor de corrección de altura de 0.89 (encontrado en la tabla anexa A.4).

$$W = 3991.85 \text{ Lb.} * 0.89 = 3552.83 \text{ Lb de FM-200}$$

Comparación Técnica-Económica

A continuación se presenta la tabla comparativa, los factores a estudiar serán técnicos y económicos.

Tabla 3: Comparación Técnica

	INERGEN		FM-200	
	Sala	Piso Falso	Sala	Piso Falso
Volumen (ft ³)	100262.96	13078	100262.96	13078
Cantidad Requerida	40517.66 ft ³	5469.36 ft ³	3552.83 Lb.	462.86Lb
Número de Cilindros	93 de 435 ft ³ nominal	13 de 435 ft ³ nominal	9 de 400 Lb.	2 de 400 Lb.
Costo (\$) de Cilindro+Agente	1744\$*106 = 184864\$		14263\$*11 = 156893\$	
Costo Recarga	0.46 \$/ft ³		30 \$/Lb.	
Mercado	Nacional		Importado	
Tiempo de reposición(días)	2-3		15-18	

En el cuadro, se observa que la alternativa INERGEN presenta costos por concepto de cilindros con agente más elevado que la alternativa FM-200, los cilindros de éste último se adquieren vacíos, por lo que la compra de los cilindros es independiente del agente y existe la necesidad de calcular el precio de los cilindros vacíos más el llenado de los mismos, pero se estima que ocurrirán tres disparos cada quince (15) años por cualquier motivo (falsas alarmas o incendios comprobados), esto se traduce en lo siguiente:

- ✓ Para INERGEN:

$$45957.02 \text{ ft}^3 \text{ requerido} * 0.46\$/\text{ft}^3 = 21140.22 \text{ \$/disparo}$$

$$21140.22 \text{ \$/disparo} * 3 \text{ disparos} = \mathbf{63420.68 \$}$$

- ✓ Para FM-200:

$$4015.69 \text{ Lb requerido} * 30 \text{ \$/Lb} = 120470.7 \text{ \$/disparo}$$

$$120470.7 \text{ \$/disparo} * 3 \text{ disparos} = \mathbf{361412.1 \$}$$

Es evidente que la alternativa económicamente más viable para la instalación del sistema fijo de protección contra incendio es INERGEN. Los costos del agente y de las bombonas o cilindros es superior que las del agente FM-200, pero al analizar los eventos futuros de disparo de sistemas, resulta económicamente más viable el agente INERGEN. No se hacen comparaciones con la instalación, periféricos y accesorios específicos del sistema, puesto que para ambos casos guardan mucha similitud. La red de tuberías, cabezales, soportes y costo de las boquillas de descarga se podrían considerar en el mismo orden de precio. EL costo de recarga, es un factor que no podemos descuidar, recordando que se hacen estimaciones que por lo menos una vez cada cinco (5) años, el sistema es descargado independientemente de la causa.

De manera definitiva, recomiendo INERGEN como agente extinguidor de incendio para la sala de computación; considerando principalmente factores ambientales, resguardo del personal y factores económicos. El FM-200 es un agente que contiene Flúor y átomos de carbono, lo que lo convierte en un fluorocarbonado. Con el gran crecimiento de las industrias y el uso de sustancias químicas, las regulaciones internacionales y documentos resultantes en pro de la conservación del ambiente, serán cada vez más rigurosos en sus dictámenes, por lo que existe la posibilidad que en un futuro no muy lejano el agente FM-200 deba ser retirado del mercado y eliminado su producción para cualquier fin.

Es importante señalar que la cantidad de cilindros requeridos de INERGEN para proteger la misma área es superior a la cantidad de FM-200, lo que implica mayores solicitudes de espacio para su instalación; a pesar de lo anterior, existen otros factores ya mencionados que predominan en la selección del agente.

CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE TUBERÍAS

Para poder realizar los cálculos necesarios y la selección de tuberías, debemos definir ciertos factores de diseño y limitantes. Los mismos estarán basados en normas y recomendaciones de protección contra incendio y evidentemente limitaciones físicas (espacio requerido) y económicas.

La norma NFPA 75, titulada, “Estándar para la protección de equipos electrónicos de procesamiento de data”, edición 1999, establece en el capítulo 4, “Materiales y equipos permitidos en el área de computación”. 4-2 Almacenamiento de Récorde, 4-2.2 “Librerías de cintas y almacenes de récorde contenidos en el área de computación deben ser protegidos por un sistema de extinción y separado del cuarto de computación y otras porciones del área de computación por una construcción resistente al fuego. Esta resistencia al fuego debe ser proporcional a la exposición pero no menos de una (1) hora.”. Nos quiere decir que el espacio destinado al almacenaje de cintas y videos récorde debe ser protegida por un solo sistema de protección contra incendios y separado de las demás áreas del salón de computación.

Debido a la rapidez de propagación de un posible incendio en el piso falso, no es recomendado la instalación de más de un sistema para el mismo; es decir, se recomienda que la alimentación de las tuberías procedan de un solo sistema o arreglo de cilindros. Por estas razones que se plantean, se ha decidido distribuir los sistemas de la siguiente manera, las secciones 1,2 y 3 conformaran el área 1; la sección 4 (sala de control) área 2 y el área 3 será la sección 5; así pues, tendremos cuatro sistemas completamente independientes uno del otro.

Las estaciones de bombeo (lugar donde se ubicarán las bombonas) serán ubicadas según disponibilidad de espacio y tratando siempre de distribuir las tuberías de manera simétrica y que el fluido recorra la menor distancia posible para evitar grandes pérdidas de presión por fricción.

Metodología de cálculo

En cuanto a los cálculos, se hará un cálculo tipo y los demás se realizarán con la ayuda de una hoja de cálculo, puesto que los procedimientos son exactamente los mismos y se describen a continuación:

1. Determinar el volumen del área a ser protegida, multiplicando sus tres dimensiones (largo [L], ancho [W], altura [H]).

$$V_{\text{total}} = L * W * H \quad \text{En pie}$$

2. Determinar el volumen residual, volumen de los equipos, columnas y demás objetos considerados a no ser protegidos.

$$V_{\text{residual}} : \text{estimaciones de observación de la sala. En pie}$$

3. Determinar el Volumen a ser protegido.

$$V = V_{\text{total}} - V_{\text{residual}}$$

4. Calcular el factor de flujo el cual depende de las temperatura máxima y mínima.

$$X = 2.303 * \left[\frac{V_s}{S} \right] * \text{Log} \left[\frac{100}{100 - C} \right] \quad \text{donde se define como:}$$

X: Factor de Flujo.

V_s : Volumen específico @ T. [ft³/Lb]

S: $9.8579 + 0.02147 * T$ [°F]

T: Temperatura Mínima estimada del volumen a ser protegido.

C: Concentración de diseño [37.5%].

Se estima una $T_{\text{min}} = 60$ °F y $T_{\text{max}} = 80$ °F, el volumen específico se toma de la tabla anexa A.1 entrando con la temperatura mínima en la columna de la izquierda.

5. Calcular la cantidad de INERGEN.

$$C.INERGEN = X * V$$

6. Encontrar el factor de multiplicador de altitud, recordando que el agente se encuentra en todo momento en estado gaseoso, y su comportamiento es afectado por la presión ambiental. El factor de altitud FA se encuentra en la tabla anexa A.3, entrando con la altura de la localidad.

$$FA = 0.89 \text{ para la ciudad de Caracas ubicada a 910 mts. s.n.m.}$$

7. Encontrar la cantidad de INERGEN requerida.

$$I_{\text{requerido}} = FA * C.INERGEN$$

8. Estimar el número de botellas necesarias. Se harán las estimaciones con la botella de mayor capacidad. De 435 ft³ nominal y capacidad real de 439 ft³. El número resultado del cociente se debe aproximar al próximo entero

$$\# \text{ Botellas} = I_{\text{requerido}} / 439$$

9. Calcular la cantidad de INERGEN de reserva con la cantidad de botellas reales y su capacidad real.

$$\text{Reserva} = \# * 439$$

10. Estimar el factor real de flujo de la siguiente manera.

$$FRF = (\text{Reserva} / FA) / V$$

11. Por medio de la tabla anexa A.1, encontrar con FRF y la temperatura máxima y la temperatura media la concentración real calculada.

$$\text{Con } T_{\text{max}} \text{ y FRF} \rightarrow \% \text{ real de trabajo.}$$

12. Verificar si la concentración real de trabajo está dentro de los estándares establecidos por la norma NFPA 2001; entre 37.5% y 42%. De no estar dentro de este rango se deben tomar las consideraciones y ajustes necesarios.

13. Estimar el tiempo de descarga por medio de tabla anexa A.5, entrando con la concentración real de trabajo. Existe una limitación para este agente, el cual se estipula si el sistema de INERGEN esta desbalanceado o esta listado por Underwriters Laboratories (UL) como lo son todos los sistemas en base a INERGEN cualquier tiempo de descarga que exceda los 45 segundos debe asumirse como 45 segundos.

14. Determinar el flujo volumétrico por área, dividiendo la cantidad en reserva entre el tiempo de descarga.

$$Q = \text{Reserva} / \text{Tiempo}$$

15. Determinar el número de boquillas de descarga necesarias para proteger cada una de las áreas. Las boquillas tienen aproximadamente un radio de acción de 18 ft (5.5 mts). Así pues, se debe dividir el largo del área a ser protegida por 32 y el cociente aproximarle al siguiente número entero; la misma operación se debe hacer con el ancho de la sala. Posteriormente se debe multiplicar los dos resultados obtenidos y ese será el número de boquillas necesarias.

Nota: Será criterio del diseñador el aumentar o disminuir el número de boquillas según sean las circunstancias.

16. Determinar el flujo volumétrico que se descargará por cada boquilla (Q_{Boquilla}), dividiendo el flujo total del área por el número de boquillas totales. Es importante al hacer cualquier tipo de ajustes al sistema, verificar que la ubicación y flujo de las boquillas están dentro de los límites permisibles.

17. Realizar un plano detallado con la ubicación de todas las boquillas, longitudes de tuberías, accesorios notables en la red de distribución. Isometrías en la mayoría de los casos son necesarias para dar una mejor perspectiva del sistema.

Cálculo tipo de la cantidad de agente para un área determinada

Siguiendo los pasos anteriormente descritos procederemos a realizar un cálculo tipo para el área de la cintoteca perteneciente a la sala de computación, posteriormente se harán los mismos cálculos para las demás secciones pero con la ayuda de una hoja de cálculo.

1. $L = 73.63 \text{ ft}$; $W = 52.5 \text{ ft}$; $H = 7.87 \text{ ft}$.

$$V_{\text{total}} = 73.63 \text{ ft} * 52.5 \text{ ft} * 7.87 \text{ ft} = 30422.075 \text{ ft}^3$$

2. Se estima un volumen residual de $V_{\text{residual}} = 2855 \text{ ft}^3$ procedente de columnas, y estantes y demás equipos.

3. $V = 30422.075 \text{ ft}^3 - 2855 \text{ ft}^3 = 27567.075 \text{ ft}^3$

4. Factor de flujo con los siguientes datos

$$V_s = 11.251 \text{ ft}^3 / \text{lbm}$$

$$S = 9.8579 + 0.02147(60^\circ\text{F}) = 11.1461$$

$$C = 37.5\% \quad \text{luego}$$

$$X = 2.303 * \left[\frac{11.251}{11.1461} \right] * \text{Log} \left[\frac{100}{100 - 37.5} \right] \rightarrow X = 0.4701$$

5. $C. \text{INERGEN} = 27567.075 \text{ ft}^3 * 0.4701 \rightarrow C. \text{INERGEN} = 12959.27 \text{ ft}^3$

6. Por tabla A.3 se encuentra el factor multiplicador de altitud $FA = 0.89$

7. $I_{\text{Requerido}} = 0.89 * 12959.27 \text{ ft}^3 = 11533.75 \text{ ft}^3$

8. Estimamos el número de botellas necesarias.

$$\# \text{ Botellas} = 11533.75 / 439 \text{ ft}^3 = 26.273 \quad \text{este valor se aproximar al entero consecutivo, lo que nos resulta } 27 \text{ Botellas.}$$

9. Reserva o cantidad real

$$\text{Reserva} = 27 * 439 \text{ ft}^3 = 11853 \text{ ft}^3$$

10. Factor real de Flujo

$$FRF = (11853 / 0.89) / 27567.07 = 0.48311$$

11. Verificamos las concentraciones a la T_{media} y a T_{max} .

38.9% y 38.45% respectivamente,

12. Observamos que ambas concentraciones están en los límites permisibles.

13. El tiempo de descarga del agente hacia el ambiente será de 45 segundos.

14. Flujo volumétrico

$$Q = 11853 \text{ ft}^3 / 0.75 \text{ min.} = 14223.6 \text{ ft}^3 / \text{min.}$$

15. Número de boquillas

$$73.63 / 32 = 2.3 \text{ se aproxima a 3 boquillas}$$

$$52.5 / 32 = 1.64 \text{ se aproxima a 2 boquillas}$$

→ el número total de boquillas será $2 * 3 = 6$ boquillas

16. Cálculos de flujo por boquilla

$$Q_{Boquillas} = (14223.6 \text{ ft}^3 / \text{min}) / 6 = 2370.6 \text{ ft}^3 / \text{min.}$$

A continuación se presentan los cuadros, en donde se muestran los cálculos respectivos de todas las áreas de la sala de computación, como bien se ha mencionado, cada área está compuesta por secciones bien descritas en capítulos anteriores.

Tabla 4: DIMENSIONES

Piso Falso	Largo [ft]	Ancho [ft]	Altura [ft]	V. Total [ft3]	V. Resi. [ft ³]	Volumen [ft3]
------------	---------------	---------------	----------------	-------------------	--------------------------------	------------------

Área 1	360.89	40.85	1.32	19459.911	0	19459.911
Ambiente						
Área 1	287.26	36.08	7.87	81567.362	8000	73567.362
Área 2	26.24	31.16	7.87	6434.814	647	5787.814
Área 3	73.63	52.5	7.87	30422.075	2855	27567.075

Tabla 5: CANTIDAD DE AGENTE

Piso Falso	Volumen [ft ³]	Rango T. [°F]	Factor Flujo	C. IGEN [ft ³]	F. Altitud	Req [ft ³]
Área 1	19459.911	60-80	0.4701	9148.104	0.89	8141.813
Ambiente						
Área 1	73567.362	60-80	0.4701	34584.017	0.89	30779.775
Área 2	5787.814	60-80	0.4701	2720.851	0.89	2421.558
Área 3	27567.07	60-80	0.4701	12959.280	0.89	11533.759

Tabla 6: CILINDROS Y VERIFICACIONES

Piso Falso	# de Cilindros	Reserva [ft ³]	Factor F. Real	Real Conc [%]	Conc @ 70°F	T. Des. [seg]
Área 1	21	8341	0.481601	39.4	38.77	45
Ambiente						
Área 1	71	31169	0.4760446	38.11	37.6	40.84
Área 2	6	2634	0.5113417	40.3	39.6	45
Área 3	27	11853	0.4831118	38.9	38.45	45

Tabla 7:
FLUJOS VOLUMÉTRICOS Y NÚMEROS DE BOQUILLAS

Piso Falso	F área [ft ³ /min]	# boquillas	F Boq [ft ³ /min]
------------	-------------------------------	-------------	------------------------------

Área 1	10009.2	18	556.067
Ambiente			
Área 1	41212.683	16	2575.793
Área 2	3160.8	1	3160.8
Área 3	14223.6	6	2370.6

Distribución de tuberías y selección de diámetros

Es conveniente hacer una distribución lo más simétrica posible para evitar un sistema hidráulicamente desbalanceado, lo que traería como consecuencia un manejo de flujo volumétrico desigual por cada una de las boquillas de descarga. Sabiendo que al hacer bifurcaciones en las tuberías, el porcentaje de flujo que se transportará por los lados de la bifurcación, dependerá de manera directa de las pérdidas a lo largo del ramal en cuestión. Esta problemática se podría eventualmente solucionar variando el número de boquillas pero siempre cuidando y verificando que no exista una excedencia o insuficiencia perjudicial de la concentración del agente; y, que el área de cobertura o radio de acción de las boquillas estén en los límites recomendados por el fabricante.

La norma NFPA 2001 antes mencionada, establece que para sistemas desbalanceados (sistemas asimétricos en cuanto a las solicitudes de presión y perdidas por fricción), es altamente recomendable la utilización de softwares, programas computarizados y/o herramientas electrónicas. Las teorías usadas para resolver problemas en el balance hidráulico son conceptualmente básicas, fundamentadas en leyes de pérdidas por caída de presión (Ecuación de Fanning), fricción del fluido con las paredes internas de las tuberías, cambios en la cantidad de movimiento, variaciones (reducciones y ampliaciones) en las secciones transversales de los tubos, el cambio de densidad a lo largo de la trayectoria del fluido.

A continuación, se hará la distribución de las líneas tuberías en las cuatro áreas seleccionadas anteriormente, siempre tomando en cuenta factores de simetría y balance de carga de presión en los ramales de los tubos. Además de la

distribución se seleccionarán diámetros nominales tentativos de los mismos según se listan en recomendaciones de fabricantes y norma NFPA2001. Se mostrará un esquema representativo de la distribución seleccionada para dar al lector una mejor visión; posteriormente se realizarán planos e isometrías correspondientes a cada una de las áreas.

Es necesario realizar ciertos arreglos, suposiciones y verificaciones para lograr concordancia entre el diseño y las limitantes de fabricantes y normas, para ello utilizaremos como ejemplo explicativo el cálculo de estas dimensiones el ambiente del piso falso.

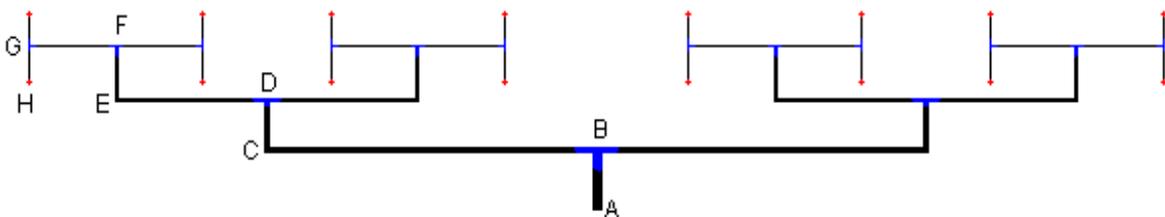
Piso Falso:

Como observa en la Tabla 7: Flujos volumétricos y número de boquillas de la cantidad de agente necesario para proteger el área en cuestión es de 10009.2 ft³/min. la cual debe ser distribuido en iguales cantidades a todas las 18 boquillas de descarga mencionadas. Se observa claramente que para lograr una configuración simétrica en el camino del fluido por las tuberías, debemos variar la cantidad de boquillas y aproximarlos a un número que sea divisible por cuatro (4), con la finalidad que las solicitudes de cargas de presión para los lados del sistema sean exactamente los mismos; esta maniobra obliga a realizar otro tipo de verificaciones en cuanto a la concentración desalojada en el ambiente del piso falso y en el área de cobertura de cada boquilla. Así pues, haremos los cálculos pertinentes para 16 boquillas de descarga.

Entonces se recalcula el flujo por boquilla.

$$10009.2 \text{ ft}^3/\text{min.} / 16 \text{ Boq.} = 625.575 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Se presenta un diagrama esquemático de la distribución de las líneas de tuberías y diámetros nominales tentativos para cada una de las secciones. Estas dimensiones estarán sujetas a verificaciones en secciones siguientes a esta. Serán seleccionados los diámetros de la tabla A.6: Máximos y mínimos flujos



propuesta por la norma NFPA 2001 y comparados a su vez con listas de fabricante, el juicio o parámetro que se tomará en cuenta para la elección de los mismos es simplemente el caudal volumétrico que por ella circule, como es ya explicado, las justificaciones, verificaciones y cálculos pertinentes se harán seguidamente.

Esquema de la distribución de las tuberías.

Se observa la simetría total en el sistema, esto asegura una distribución de cargas de presión exactamente igual para cada uno de los ramales. En la siguiente tabla se muestran los diámetros y longitudes correspondientes a cada tramo.

Tabla 8: Diámetros Piso Falso

TRAMO	FLUJO [ft ³ /min]	DIÁMETRO [in]	SCH	OBSERVA- CIONES
A – B	10009.2	2 ½	80	Cambio de sección
B – C	5004.6	2	40	
C – D	5004.6	2	40	Cambio de sección
D – E	2502.3	1 ½	40	
E – F	2502.3	1 ½	40	Cambio de sección
F – G	1251.15	1	40	
G – H	625.57	1	40	Boquilla

Existe a su vez, diferentes tipo de boquillas de descarga, las cuales su aplicación, dependerá de los solicitudes del sistema. En primera instancia se necesitan boquillas con una cobertura total, es decir, que su radio de acción sea de 360° con flujo multidireccional. Este tipo de boquillas ofrecidas en el mercado, poseen diferente diámetros de conexión con las tuberías de alimentación y valores de diámetros de orificio de escape del agente extinguidor. Los anteriores dependerán directamente de la cantidad de agente que atraviese la boquilla.

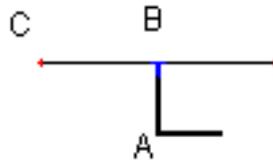
Los detalles constructivos y material de las boquillas de descarga, serán anunciados en normas internacionales como la NFPA 2001. Por lo general, las mismas son construidas de bronce o aceros comerciales al carbono. En la tabla anexa A.7 se encuentran los rangos de los valores de diámetros de orificio según la tubería a la cual deberá estar conectada, estos valores guardan una dependencia directa con el flujo volumétrica que por ellas pasan. Después de haber encontrado dicho rango, siendo el caso de las boquillas del piso falso es de 0.210 – 0.734 in., se procede a buscar en la tabla anexa A.8 suministrada por fabricantes, los diámetros normalizados de los orificios de las boquillas; para el piso falso será de 0.3020in.

Bajo los mismos conceptos y premisas expuestas anteriormente, se realizan los cálculos de flujos, número de boquillas y longitudes de tuberías (para efectos de cálculos estarán en valores aproximados, estando siempre por encima de la longitud real) para las restantes 3 áreas; de igual manera se presentarán esquemas de la distribución de las líneas de tubería y cuadros correspondientes a diámetros de tubería de cada tramo.

AREA 1

El número de boquillas calculado para esta área es de 16, por lo que no tendremos que realizarle ninguna modificación, así pues, la distribución de las mismas será similar a las del piso falso. Se muestra el esquema:

la distribución homogénea del todo el agente, a pesar que con una boquilla según anteriores cálculos es suficiente. La red de tuberías es de la siguiente manera:



Esquema de la distribución de las tuberías.

La distribución para esta área es realmente sencilla, y las características de la misma serían:

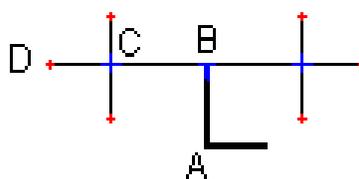
Tabla 8.2: Diámetros Área 2

TRAMO	FLUJO [ft ³ /min]	DIÁMETRO [in]	SCH	OBSERVA- CIONES
A – B	3160.8	1 ½	80	Sin cambio de sección
B – C	1580.4	1 ½	40	

En esta área, no existe cambio de sección y los rangos de los diámetros de orificios de las boquillas de descarga están limitados por 0.322 – 1.127 in. pero el diámetro seleccionado es de 0.6582 in.

ÁREA 3

El número de boquillas calculado para la protección de esta área es 6, a pesar que no es un múltiplo de 4, su distribución no acarrea ningún inconveniente



en cuanto a solicitudes de cargas y distribución igualada por cada boquilla de descarga si se realiza de la siguiente manera:

Esquema de la distribución de las tuberías.

Y el cuadro correspondiente de los flujos y dimensiones correspondientes a los tramos es el siguiente. La distribución de estas boquillas es bastante peculiar.

Tabla 8.3: Diámetros Área 3

TRAMO	FLUJO [ft ³ /min]	DIÁMETRO [in]	SCH	OBSERVA- CIONES
A – B	14223.6	3	80	Dos cambios de sección
B – C	7111.8	2 ½	40	
C – D	2370.6	2	40	

Se observa en el esquema que los terminales de los ramales se dividen y llevan hacia tres boquillas de descarga, siendo comúnmente dos como en los restantes sistemas propuestos en este trabajo.

El diámetro seleccionado de los orificios de las boquillas de descarga de 0.6582 in.

Cálculo de Velocidades

A partir de estos datos se harán ciertos cálculos necesarios para poder determinar la caída de presión en el sistema, estos son, el número de Reynolds, el factor de fricción y por último la caída de presión.

Ahora bien, se han preparado tablas en donde se listan las velocidades alcanzadas en cada uno de los tramos propuestos anteriormente, los mismos son los siguientes:

Tabla 9: Velocidades Piso Falso

Tramo	Flujo CFM	D. Nom	Área int. (in ²)	Vel (ft/min)
A B	10009,2	2 1/2	3,8846	371273,191
B C	5004,6	2	2,154	334783,621
C D	5004,6	2	2,154	334783,621
D E	2502,3	1 1/2	1,442	250042,968
E F	2502,3	1 1/2	1,442	250042,968
F G	1251,15	1	0,5904	305353,963
G H	625,575	1	0,5904	152676,982

Tabla9.1: Velocidades Área 1

Tramo	Flujo CFM	D. Nom	Área int. (in ²)	Vel ft/min
A B	41212,58	5	16,7997	353483,223
B C	20606,34	4	11,1211	266989,17
C D	20606,34	4	11,1211	266989,17
D E	10303,17	3	6,0872	243889,905

E F	10303,17	3	6,0872	243889,905
F G	5151,58	2	2,6763	277361,504
G H	2575,79	1 1/2	1,442	257386,475

Tabla 9.2: Velocidades Area 2

Tramo	Flujo CFM	D. Nom	Área int. (in ²)	Vel ft/min
A B	3160,8	1 ½	1,3276	343060,173
B C	1580,4	1 ½	1,442	157921,874

Tabla 9.3: Velocidades Area 3

Tramo	Flujo CFM	D. Nom	Área int. (in ²)	Vel ft/min
A B	14223,6	3	5,7254	357968,017
B C	7111,8	2 1/2	4,1438	247298,384
C D	2370,6	2	2,6763	127633,305

Es de suma importancia resaltar, que las velocidades alcanzadas en el transporte de éste fluido (INERGEN) son elevadas, esto responde a la gran cantidad de flujo que se debe utilizar para garantizar la concentración adecuada y proteger el área en cuestión. Por la teoría de la conservación de la energía, la misma en forma de presión del fluido almacenado, al ser liberado de los cilindros, se convierte violentamente en energía cinética, que acarrearía fuerzas y ondas de choque a lo largo de la tubería. Al ser el agente desalojado por las boquillas de descarga con tal velocidad, los plafones que componen el cielo raso, posiblemente saldrán de su sitio, y cualquier otro objeto que se encuentre en las cercanías de

las boquillas de descarga que no este sujeto firmemente podría sufrir daños. De igual manera, las personas que posiblemente no logren desalojar el área, podrían sufrir daños corporales si el flujo choca directamente con ellas.

Verificación de la Selección de tuberías (cálculo tipo)

La selección de las tuberías del sistema de protección contra incendio, dependerá de diversos factores como lo son las solicitudes de presión del fluido, velocidad del fluido y muchas otras características físico químicas del mismo. Ahora bien se pueden describir una cantidad suficiente y necesaria de factores determinantes en la selección de las líneas de tuberías y condiciones a las cuales estarán expuestas.

Los sistemas fijos de protección contra incendio para salas de computación, están diseñados para actuar aproximadamente una vez cada 5 años, bien sea por disparos accidentales del panel de control o por incendios reales, es decir, las tuberías estarán en contacto con el fluido tan solo tres veces a lo largo de 15 años. Se puede interpretar de esta premisa que el peligro de incrustaciones, obstrucciones y desgaste de las mismas es prácticamente despreciable, por lo que la exigencia del material de las tuberías es baja. Por otro lado se tiene que el fluido de trabajo son gases inertes que no reaccionan químicamente con algún otro elemento, así pues, el problema de la corrosión esta igualmente descartado.

El único requerimiento impuesto por la norma NFPA 2001 refiere a la caída de presión y las presiones que las tuberías puedan soportar; la misma norma postula diversos materiales para dichas tuberías, por lo que se tomarán como cierto o correcto que las mismas soporten las solicitudes del sistema.

Por otro lado, se tiene que la presión de almacenaje del agente INERGEN es de 1850 psi. esta presión disminuirá considerablemente gracias a la colocación de una placa orificio, la cual a la salida de la misma reducirá la presión hasta 310 psi. aproximadamente; por condiciones del fabricante y estatutos estandarizados

en la norma NFPA 2001, la presión mínima que debe llegar a las boquillas de descarga es de 200 psi. Esto indica, que no puede existir una caída de presión mayor a la diferencia entre ambos puntos señalados, es decir, 110 psi. como máximo para que el sistema pueda trabajar normalmente y cumplir la función de descargar la cantidad de agente necesaria para proteger el área.

Como es ya explicado, los cálculos de las caídas de presión serán mayor en los recorridos más largos del fluido en la red de distribución, es por esta razón que se verificarán las pérdidas, sólo en dichos tramos para cada área, dando por asegurado en los demás recorridos que la caída de es menor que la calculada. Son estos tramos los indicados en los esquemas correspondientes a las distintas áreas. Para poder llegar al resultado final de las caídas de presión, es necesario realizar ciertos cálculos previos, y asumir condiciones que se irán explicando.

A continuación se realizará un cálculo tipo con todas las acotaciones y comentarios que se deban hacer al respecto. Se tiene entonces para el piso falso:

Se calcula el Número de Reynolds con la siguiente fórmula:

$$\text{Re} = \frac{D * V * \rho}{\mu}$$

Los términos fueron definidos anteriormente, la viscosidad dinámica sobre la densidad del fluido evaluada a la temperatura de trabajo será igual a la viscosidad cinemática ($\nu = \mu / \rho$), en este caso por falta de data del fluido INERGEN se asumirá la viscosidad cinemática del aire (se ha demostrado según la NFPA y Underwriters Laboratories que el comportamiento de INERGEN y de gran número de mezclas de gases inertes en condiciones estándares es similar al del aire y sus propiedades no varían significativamente entre una y otra dentro de

tuberías), recordando entonces que para fluidos compresibles esta propiedad dependerá básicamente de la variación de temperatura, se agrega a esto que la variación en el valor de la viscosidad cinemática para fluidos compresibles es perceptible en el orden de las milésimas; por lo tanto $\nu = 1.7 * 10^{-4} \text{ ft}^2 / \text{seg}$ de tal manera que:

$$\text{Re} = \frac{6187.89 \text{ ft} / \text{seg} * 0.1854 \text{ ft}}{1.7 * 10^{-4} \text{ ft}^2 / \text{seg}} \Rightarrow \text{Re} = 6706559.27$$

seguido de éste cálculo y con apoyo en la ecuación (15) escrita en el marco teórico, se procede a determinar el coeficiente de fricción provocado por el paso del fluido a través de la tubería, antes es necesario determinar a rugosidad relativa el cual es un término directamente dependiente de las características de la tubería, es decir, del material y el diámetro del mismo. Este valor se puede encontrar por medio de una gráfica la cual relaciona los diámetros de tuberías de distintos materiales con la rugosidad relativa; se ha tomado acero al carbono comercial ASTM Grado A-53B (Gráfico B.1 del apéndice). Esta tubería está aprobada por la NFPA y norma COVENIN para ser usada en los sistemas de protección contra incendios. Entonces se obtiene un valor de la rugosidad relativa: $e/D = 0.0007$.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log} \left[\frac{0.0007}{3.7} - \frac{4.518}{6706559.27} * \text{Log} \left[\frac{6.9}{6706559.27} + \left[\frac{0.0007}{3.7} \right]^{1.11} \right] \right]$$

$$f = 0.0180971$$

Para determinar finalmente la caída de presión en ese tramo se usará la fórmula (*) escrita en el marco teórico, es justo anunciar que el valor del diámetro utilizado para alimentar dicha ecuación será el diámetro nominal, lo cual es un factor que incrementaría aún mas la variación de presión recordando que ambas variables son directamente proporcionales. Además de lo anterior, cada letra en el

esquema representa una desviación o un accesorio que se ha colocado en la línea de tubería, estos accesorios comúnmente encontrados en el mercado poseen una caída de presión equivalente a cierta longitud de línea recta de tubería. Dichos valores serán encontrados en la tabla A.9 del apéndice. Por lo tanto: 25 ft de tubería recta más 3.9 ft de longitud equivalente para una “Te” de diámetro 2 ½ in. y 3 codos de 90° con longitud equivalente de 5.8 ft es igual a 46.3 ft Las medidas de las longitudes de las tuberías serán siempre aproximadamente un 5% mayor a la medida real para introducir en la ecuación un factor de seguridad, además que en la instalación siempre surgirán inconvenientes por coincidencias entre la ubicación de las boquillas y cualquier otro elemento ya instalada en el área como lo son lámparas, ducterías, cableado, etc.

$$\Delta P = \frac{0.088 L b / ft^3 * 0.01809 * 46.3 ft * 38289858.8944 ft^2 / seg^2}{2 * 0.2083 ft * 144 * 32 ft / seg^2}$$

$$\Delta P = 10.2116 \text{ psi}$$

De igual manera se realizaron los cálculos para todas las secciones de todas las áreas y se listan en las siguientes tablas.

Número de Reynolds

Tabla 10: Reynolds Piso falso

Tramo	Vel. (Ft/seg)	D. Int (in)	Visc.(ft ² /seg)	Reynolds
A – B	6187,886517	2,224	1,71E-04	6706559,27
B – C	5579,727017	1,846	1,71E-04	5019578,98
C – D	5579,727017	1,846	1,71E-04	5019578,98
D – E	4167,3828	1,355	1,71E-04	2751853,65

E – F	4167,3828	1,355	1,71E-04	2751853,65
F – G	5089,232717	0,867	1,71E-04	2150275,23
G – H	2544,616367	0,867	1,71E-04	1075137,62

Tabla 10.1: Reynolds Área 1

Tramo	Vel. (Ft/seg)	D. Int (in)	Visc.(ft ² /seg)	Reynolds
A – B	5891,38705	4,625	1,71E-04	13278589,2
B – C	4449,8195	3,763	1,71E-04	8160170,94
C – D	4449,8195	3,763	1,71E-04	8160170,94
D – E	4064,83175	2,784	1,71E-04	5514859,45
E – F	4064,83175	2,784	1,71E-04	5514859,45
F – G	4622,691733	1,846	1,71E-04	4158620,34
G – H	4289,774583	1,355	1,71E-04	2832672,79

Tabla 10.2: Reynolds Área 2

Tramo	Vel. (Ft/seg)	D. Int (in)	Visc. (ft ² /seg)	Re
A – B	5717,666667	1,3	1,71E-04	3622303,44
B – C	2632,016667	1,355	1,71E-04	1738003,21

Tabla 10.3: Reynolds Área 3

Tramo	Vel. (Ft/seg)	D. Int (in)	Visc. (ft ² /seg)	Re
A – B	5966,133333	2,7	1,71E-0433113322	7850175,44

B – C	4121,633333	2,297	1,71E-04	4613738,68
C – D	2127,216667	1,846	1,71E-04	1913665,68

Debido a las altas velocidades encontradas en el paso del fluido por las tuberías, se observa números de Reynolds con magnitudes muy superiores a lo que normalmente se considera flujo turbulento. Bajo estas condiciones, el flujo está completamente desarrollado en régimen de turbulencia o como bien se conoce turbulencia total.

Factor de Fricción

Observando la ecuación (15), utilizada para el cálculo del factor de fricción, se concluye que el aporte en los términos donde interviene el número de Reynolds tiende a cero (0) o es despreciable; entonces, la dependencia del factor de fricción es únicamente de la rugosidad relativa, es decir, del tipo de material de las tuberías seleccionadas. Se presentan entonces tablas realizadas en una hoja de cálculo para indicar los factores de fricción en los tramos de cada área.

Tabla 11: Factor de Fricción Piso Falso

Tramo	D. Nom.	e/d	Reynolds	Factor de Fricción
A – B	2,5	0,0007	6706559,27	0,01810
B – C	2	0,0009	5019578,98	0,01921
C – D	2	0,0009	5019578,98	0,01921
D – E	1,5	0,0013	2751853,65	0,02105
E – F	1,5	0,0013	2751853,65	0,02105

F – G	1	0,0018	2150275,23	0,02287
G – H	1	0,0018	1075137,62	0,02297

Tabla 11.1: Factor de Fricción Área 1

Tramo	D. Nom.	e/d	Reynolds	Factor de Fricción
A – B	5	0,00035	13278589,2	0,01549
B – C	4	0,00045	8160170,94	0,01638
C – D	4	0,00045	8160170,94	0,01638
D – E	3	0,0006	5514859,45	0,01749
E – F	3	0,0006	5514859,45	0,01749
F – G	2	0,0009	4158620,34	0,01922
G – H	1,5	0,0013	2832672,79	0,02104

Tabla 11.2: Factor de Fricción Área 2

Tramo	D. Nom.	e/d	Reynolds	Factor de Fricción
A – B	1,5	0,0013	3622303,44	0,02102
B – C	1,5	0,0013	1738003,21	0,02110

Tabla 11.3: Factor de Fricción Área 3

Tramo	D. Nom.	e/d	Reynolds	Factor de Fricción
-------	---------	-----	----------	--------------------

A – B	3	0,0006	7850175,44	0,01746
B – C	1 1/2	0,0007	4613738,68	0,01812
C – D	2	0,0009	1913665,68	0,01932

De estos cuadros se verifica claramente, que todos los valores de factores fricción encontrados se asemejan entre todos, aproximadamente 0.021. Al asumir este valor para todos los tramos no se cometería mayor error en los cálculos, pero con ayuda de nuevo de una hoja de cálculo excel, no representa mayor problema el calcular uno por uno.

Caída de Presión

Finalmente se calcula la caída de presión para cada área en sus tramos más críticos, es decir, los tramos hidráulicamente más desfavorables o donde se presume existen más pérdidas de presión por la presencia de mayor número de accesorios (codos, te, reducciones de áreas transversales y otros). En las siguientes tablas se estiman dichas caídas de presión

Es importante señalar que la densidad y demás propiedades del fluido son evaluadas a 70°F, esto resulta que $\rho = 0.088 \text{ Lb/ft}^3$. La caída de presión total será simplemente la suma de las caídas en todos los tramos.

Tabla12: Caída de Presión Piso Falso

Tramo	F. Fricción	Vel (ft/seg)	Log. Eqv (ft)	Log. (ft)	$\Delta P(\text{psi})$
A – B	0,01810	6187,88652	21,3	25	10,2116
B – C	0,01921	5579,72702	5,2	100	25,0312
C – D	0,01921	5579,72702	3,4	6	2,2366
D – E	0,02105	4167,3828	4	50	10,4702
E – F	0,02105	4167,3828	2,7	6	1,6869

F – G	0,02287	5089,23272	1,7	20	10,2290
G – H	0,02297	2544,61637	5	6	1,3016
Caída total de presión					61,1670

Tabla12.1: Caída de Presión Área 1

Tramo	F. Fricción	Vel (ft/seg)	Log. Eqv (ft)	Log. (ft)	$\Delta P(psi)$
A – B	0,01549	5891,38705	32	20	4.4495
B – C	0,01638	4449,8195	10,1	80	5.8140
C – D	0,01638	4449,8195	6,7	6	0.8195
D – E	0,01749	4064,83175	7,7	40	3.6558
E – F	0,01749	4064,83175	5,1	6	0.8507
F – G	0,01922	4622,69173	3,4	15	3.0072
G – H	0,02104	4289,77458	5	6	2.2597
Caída total de presión					20.8564

Tabla12.2: Caída de Presión Área 2

Tramo	F. Fricción	Vel (ft/seg)	Log. Eqv (ft)	Log. (ft)	$\Delta P(psi)$
A – B	0,02102	5717,66667	14	103	42,6577
B – C	0,02110	2632,01667	7,5	12	1,5120
Caída total de presión					44,1697

Tabla12.3: Caída de Presión Área 3

Tramo	F. Fricción	Vel (ft/seg)	Log. Eqv (ft)	Log. (ft)	$\Delta P(psi)$
A – B	0,01746	5966,13333	12,1	60	11,8873

B – C	0,01812	4121,63333	12,3	20	5,2757
C – D	0,01932	2127,21667	5	6	0,3826
Caída total de presión					17,5456

Como bien se observa la caída más grande de presión ocurre en el área del piso falso, esto se debe a que las pérdidas son directamente proporcionales a la velocidad media del fluido al cuadrado, y es precisamente en esa área donde se alcanzan las velocidades mas elevadas. Además, se encuentran mayor cantidad de accesorios que aportan al flujo grandes caídas de presión en el paso del mismo por ellos.

Como bien se expuso en líneas anteriores a ésta, la caída de presión máxima permisible es de 110 psi. aproximadamente. Se verifica entonces que la caída de presión en el área del piso falso es de 61.1670 psi, lo que evidentemente no es mayor a 110 psi. Luego se concluye, que todos los sistemas propuestos cumplen con los requerimientos normados referentes a presiones máximas y mínimas establecidas en NFPA 2001.

SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

El sistema de protección contra incendios con INERGEN propuesto en este trabajo, requiere de una pronta detección en cualquiera que sea los cambios ambientales producidos por el inicio de un incendio.

Se recuerda, que la función principal de un sistema fijo de protección contra incendios para una sala de computación es evitar el inicio de la combustión puesto que este evento dañaría de igual manera los equipos.

En general, los detectores térmicos poseen el mas bajo costo y tasa de falsas alarmas, pero son lentos en respuesta. Debido a que el calor generado en pequeños fuegos, tiende a disiparse rápidamente, los detectores térmicos tienen su mejor aplicación en la protección de espacios confinados y directamente en áreas donde se esperan fuegos con llamas.

Los detectores de humo son más costosos que los térmicos, pero responden más rápidamente a los incendios. Son más adecuados para la protección de espacios abiertos por que el humo no se disipa con tanta facilidad como el calor en un espacio de las mismas dimensiones.

Los detectores de humo de ionización son útiles cuando se producen incendios con llamas. Los fotoeléctricos tienen una mayor utilización en lugares que tengan posibilidad de ser afectados por incendios de rescoldos o incendios que afecten al aislante de cables de pirólisis a baja temperatura (PVC).

Los detectores de llama ofrecen una respuesta extremadamente rápida, y se activan con cualquier fuente de radiación dentro de su campo de sensibilidad. Debido a que son dispositivos que necesitan ver el fuego, debe cuidarse que no sean bloqueados accidentalmente por equipos o materiales almacenados. Su sensibilidad va en función del tamaño de la llama y distancia de ésta al detector. Aunque son relativamente caros, son idóneos para proteger áreas, con presencia

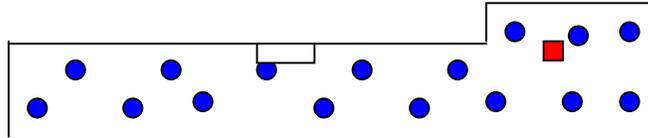
de polvos, o vapores explosivos o inflamables, debido a que normalmente están dotados de una carcasa a prueba de incendios.

En la actualidad se desarrollan tecnologías con el fin de aumentar la rapidez de respuesta de estos detectores, los mismos se nombran comercialmente como VESDA, estas siglas responden a la frases en inglés de “Very Early Smoke Detection for all Application”; los sistemas VESDA funcionan bajo el principio de detección de humo, haciendo pasar una corriente de aire por tuberías de muestreo especialmente colocadas en el área a ser protegida, el mismo es muestreado con una cámara láser de detección vía filtro de aire de doble etapa. La primera etapa de filtración remueve el polvo y suciedad de la muestra de aire antes de ingresar a la cámara de detección láser para análisis. La segunda etapa, proporciona filtración de aire ultra fina para entregar un aire muy limpio el cual es utilizado para proteger las superficies óptimas de la contaminación dentro del detector.

La cámara de detección usa una luz láser estable y sensores cuidadosamente ubicados para alcanzar una respuesta óptima a una gran variedad de tipos de humo, la sensibilidad del detector es de 0.005 a 20%.

También es cierto que no existe data en Venezuela de instalación de estos sistemas, tampoco compañías dedicadas a la protección contra incendios que utilicen dichas tecnologías en sus productos ofrecidos; es por esta razón que nos limitaremos a la recomendación de detectores *de humo del tipo fotoeléctrico*. La ubicación de los mismos y demás especificaciones que deberá cumplir el sistema de detección y alarma se realizará según indiquen las normas: NFPA 72 “National Fire Alarm Code”, COVENIN 758-89 “Estación manual de alarma”, COVENIN 823-88 “Guía instructivos sobre Sistemas de Detección, Alarma y Extinción de incendios”, COVENIN 1176-80 “Detectores. Generalidades”, COVENIN 1377-79 “Sistema automático de detección de incendios. Componentes”, COVENIN 1420-79 “Detector de Humo. Fotoeléctrico”.

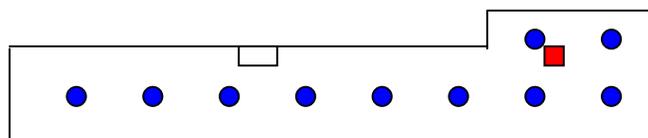
En el siguiente esquema se muestra con puntos azules la ubicación de los detectores antes mencionados a lo largo y ancho de toda ala sala en cuestión.



■ Control Central

Esta configuración será para el ambiente de toda la sala de computación. La disposición de dichos detectores de humo no está limitada por una cantidad específica, se decidió dieciséis (16) detectores con la finalidad de obtener un área de cobertura lo suficientemente amplia para no descuidar incluso los llamados puntos ciegos (esquinas).

Para el ambiente del piso falso, no es necesario colocar la misma cantidad de detectores que para el ambiente, esto se debe a la diferencia de volumen existente entre un ambiente y otro, la detección de humos en un área confinada como la del piso falso, se puede realizar fácilmente puesto que el mismo no se dispersa con tanta facilidad que en un espacio abierto. Pero, como se describe en capítulos anteriores a éste, los equipos de aire acondicionado descargan el aire hacia el ambiente a través del piso falso, esta situación indica, que se debe tomar precauciones necesarias en la colocación de los detectores, siguiendo siempre las normas correspondientes para su instalación. Se ha entonces decidido colocar diez (10) detectores de humo del tipo fotoeléctrico en el ambiente del piso falso, dispuestos de la siguiente manera:



■ Control Central

Las consideraciones descritas en la norma COVENIN 1176-80 “Detectores. Generalidades” son las siguientes (1) No se debe colocar un detector de humo a una distancia menor de 90 cm de una rejilla de escape de aire acondicionado (2) No se debe colocar un detector a una distancia no menor a 30 cm. de una rejilla de succión de aire (retorno).

El radio de acción de los detectores es de aproximadamente 40 ft².

Cada detector enviará una señal independiente a un panel central ubicada en el área 2 o sala de control central, en donde se ubicará con precisión la procedencia de la señal, de ésta manera, se sabrá cual de las áreas es la amenazada, el panel de control activará la alarma sonora y visual, poniendo en prevención a los ocupantes de la sala. El operador de turno de la sala de computación deberá verificar si la alarma es producto de cualquier otro factor que no sea el inicio de un incendio (falsa alarma) o ciertamente la ocurrencia de un fuego, el mismo, deberá decidir si abortar la señal de alarma manualmente por medio de dispositivos ubicados en puntos estratégicos de la sala o atender a la señal de evacuación y permitir que el sistema se dispare libremente.

En caso que se decida dejar actuar el sistema de protección contra incendios, el panel de control deberá enviar señales a los controladores de todos los servicios que funcionen con energía eléctrica para ser interrumpidos, es decir, sistema de aire acondicionado (para evitar la propagación del incendio y procurar la dispersión homogénea del agente extinguidor), fuente de potencia o suministro de energía de equipos y máquinas que operen en la sala.

Según la normativa antes mencionada, el tiempo que deberá transcurrir tras enviada la señal de alarma y activado el sistema de señalización sonoro y visual será de 10 segundos. Es evidente que, el tiempo que transcurrirá para tomar la decisión de abortar el sistema o dejarlo funcionar es muy breve, por lo que las acciones deben realizarse rápidamente tomando en consideración las dimensiones de la sala. Es siempre recomendable informar al personal que labora

en las salas de computación (y cualquier otra área donde la presencia de personas sea imprescindible para el proceso) las acciones pertinentes que deben hacerse cargo para evitar consecuencias mayores.

Encontramos entonces otro motivo de bastante valor el cual justifica la instalación de un sistema de detección confiable, eficaz y seguro, el cual posea una baja tasa de falsas alarmas.

Ejemplo de los detectores de humo fotoeléctricos

Las siguientes figuras muestran detectores de humo fotoeléctricos ofrecidos en el mercado Nacional e Internacional.



Detector de humo fotoeléctrico a pilas



Detector de humo fotoeléctrico

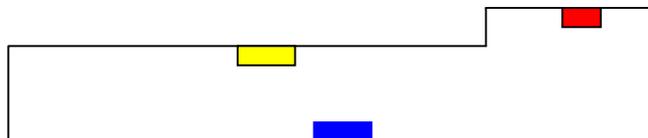
DETALLES CONSTRUCTIVOS

En éste capítulo del trabajo, se describirán algunas acciones y detalles en la instalación del sistema propuesta, como es de común conocimiento, existen en todo el mundo compañías dedicadas a la fabricación, diseño e instalación de equipos contra incendios.

Para la instalación de un sistema de tal envergadura como el nuestro, es necesario contar con el apoyo de expertos en el área de protección contra incendios, esto se debe a la complejidad y cantidad de variables de disponibilidad en el espacio a ser protegido. Es por esta razón que se limitará a solo recomendaciones básicas en la instalación de diseño, respondiendo a la fase de ingeniería conceptual.

En esta sección citaremos normas nacionales e internacionales las cuales estipulan condiciones de instalación y mantenimiento del sistema fijo de protección contra incendios con INERGEN.

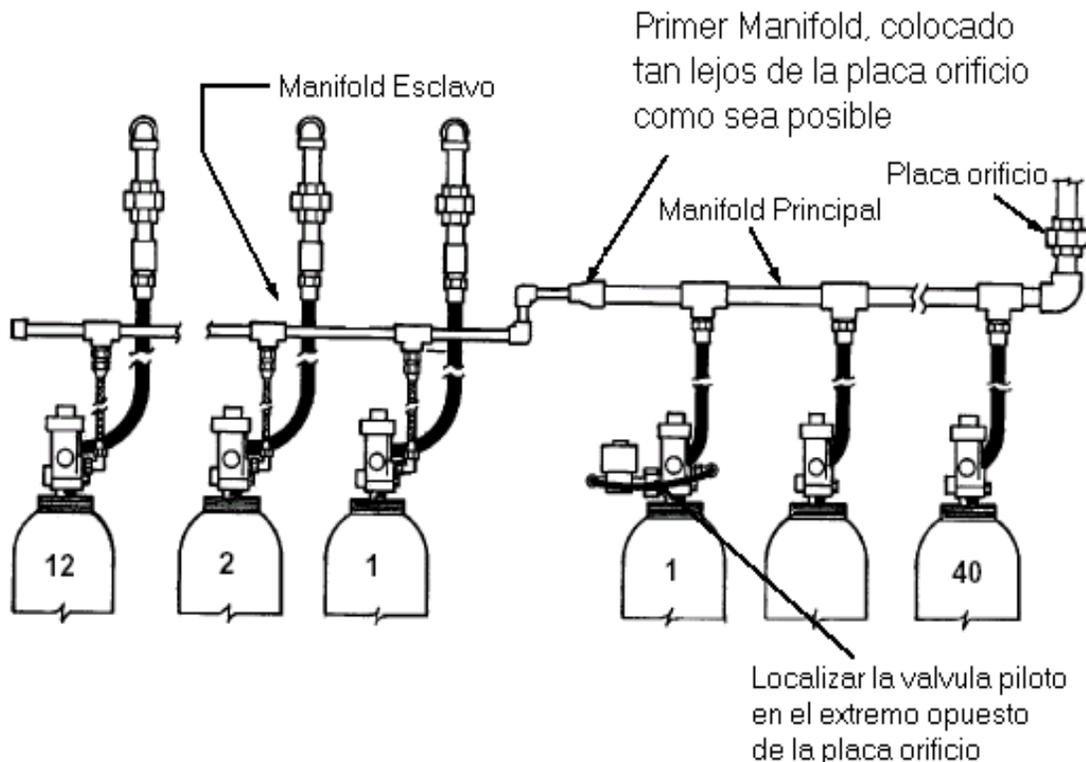
La bancada de los cilindros, estarán ubicadas en lugares estratégicos a lo largo de la sala de computación en espacios perfectamente disponibles. Los mismos se representan en el siguiente diagrama.



- Piso Falso
- Área 1
- Área 2 y 3

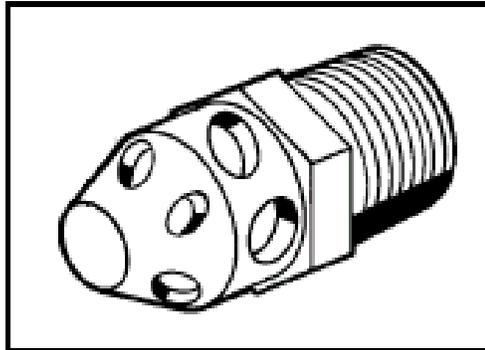
Los cilindros deben estar dispuestos de tal manera que puedan ser retirados del lugar con facilidad, ningún objeto o máquina debe interferir en la extracción cómoda de cualquiera de los mismos. No deben tampoco ser colocados en lugares que se expongan directamente al fuego.

El máximo de cilindros que se podrán disponer en un arreglo es de 40, procurando siempre que la placa orificio la cual reducirá la presión de almacenamiento se ubique justo al terminal del manifold; es importante señalar que a la hora de activación del sistema, será únicamente un cilindro que responda a la señal, los demás se denominan esclavos del primero, su carga será descargada solo cuando el primero de ellos se active. En el siguiente esquema se observa la disposición de los mismos.

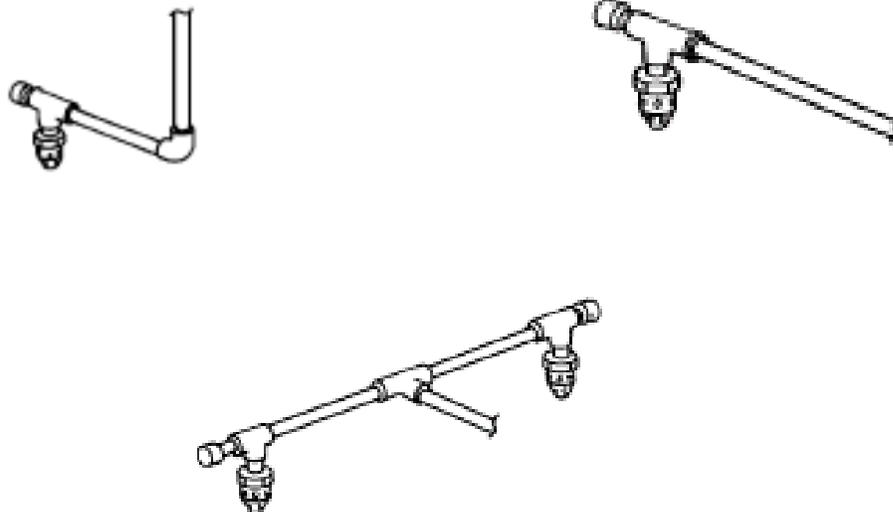


Sistema de INERGEN ejemplificado con un máximo de 40 cilindros en un manifold.

En cuanto a las boquillas de descarga, se pueden encontrar con distintos diámetros de orificios y para ser instaladas en diferentes tamaños de tuberías, algunas de las boquillas, por su simplicidad se pueden construir con pocas especificaciones, esto es un factor económico favorable para el sistema ya que no es necesario y obligatorio importar ciertas piezas.



Boquilla de descarga 360°



Terminales para conexión
de boquillas de descarga.

Se debe también resaltar que para la instalación de las tuberías se debe seguir normas Venezolanas COVENIN 253-90, la cual establece que las tuberías de distribución del sistema deben ser protegidas con fondo anticorrosivo a base de aluminio, dos capas de 2mm. Cada una y acabado sintético de alta resistencia a la intemperie.

Advertencias

Como en todas las instalaciones de sistemas de protección contra incendios, se debe colocar señales que indiquen la ubicación de algunos componentes de importancia, es decir, panel central de control, sistema de aborto manual, ubicación de las bancadas de cilindros, así como también señales externas que digan:

“ADVERTENCIA: ÁREA PROTEGIDA POR UN SISTEMA DE GAS INERGEN. NO INGRESE EN EL ÁREA SIN UN EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA AUTOCONTENIDO CUANDO SUENE LA CAMPANA DE ALARMA, DURANTE O DESPUES DE LA DESCARGA. SE PROHIBE FUNAR O GENERAR LLAMAS ABIERTAS EN ESTE LUGAR”

y en el área interna:

“ADVERTENCIA: ÁREA PROTEGIDA POR UN SISTEMA DE EXTINCIÓN POR GAS INERGEN. DESALOJE INMEDIATAMENTE EL LUGAR, DURANTE O DESPUÉS DE LA DESCARGA. SE PROHIBE FUMAR O GENERAR LLAMAS ABIERTAS EN ESTE LUGAR”

LISTAS DE PRECIOS Y COSTOS

En esta sección del trabajo se hará un listado detallado de los materiales con los precios sugeridos por fabricantes necesarios para la instalación del sistema, además se tomarán en cuenta otros factores como los impuestos y fletes que se pagarán por el envío de los dispositivos desde su lugar de procedencia hasta puertos o lugares de recepción venezolanos.

Precios de tuberías

A continuación se presentan tablas correspondientes a los precios de las tuberías por área, las longitudes representadas corresponden a todos los tramos de cada sección:

Tabla 13: Precios tuberías Piso Falso

Tramo	D. Nom.	SCH	Longitud (ft)	Precio \$/mt.	Total (\$)
A – B	2 1/2	80	25	12.95	98.679
B – C	2	40	200	6.17	376.1232
C – D	2	40	12	6.17	22.567392
D – E	1 1/2	40	200	5.47	333.4512
E – F	1 1/2	40	24	5.47	40.014144
F – G	1	40	160	3.5	170.688
G – H	1	40	96	3.5	102.4128
Total precio					1143.93574

Tabla 13.1: Precio tubería Área 1

Tramo	D. Nom.	SCH	Longitud (ft)	Precio \$/mt.	Total (\$)
A – B	5	80	20	35.93	219.02928
B – C	4	40	160	17.68	862.21824
C – D	4	40	12	17.68	64.666368
D – E	3	40	160	12.42	605.69856
E – F	3	40	24	12.42	90.854784
F – G	2	40	120	6.17	225.67392
G – H	1 1/2	40	96	5.47	160.056576
Total precio					2228.19773

Tabla 13.2: Precios tuberías Área 2

Tramo	D. Nom.	SCH	Longitud (ft)	Precio \$/mt.	Total (\$)
A – B	1 1/2	80	103	7.3	229.17912
B – C	1 1/2	40	24	5.47	40.014144
Total precio					269.193264

Tabla 13.3: Precios tuberías Área 3

Tramo	D. Nom.	SCH	Longitud (ft)	Precio \$/mt.	Total (\$)
A – B	3	80	60	16.8	307.2384
B – C	2 1/2	40	40	9.8	119.4816
C – D	2	40	36	6.17	67.702176
Total precio					494.422176

Se totaliza entonces los precios por concepto de las tuberías, el cual es de \$ 4135.74, este total no incluye el impuesto del valor agregado (IVA) que se debe pagar al fisco, el mismo es de 14.5% del valor total, entonces:

$$4135.74\$ * 1.145 = \mathbf{4735.4223\$}$$

Precios componentes específicos del sistema

Es evidente que muchos de los componentes del sistema de protección contra incendios, son dispositivos fabricados exclusivamente para estas aplicaciones, por lo que la comercialización de los mismos es única de fabricantes dedicados a la protección contra incendios, es decir, son elementos no sustituibles por otros genéricos encontrados en industrias comunes. Se listará entonces una serie de elementos que constituyen el sistema de protección contra incendios con INERGEN. Los precios costos de los mismos son proporcionados por fabricantes fuera de Venezuela, por lo tanto, los impuestos aduanales y por concepto de importación serán asumidos por los mismos fabricantes y luego cobrados o recargados a las facturas del consumidor (industria petrolera).

Tabla 13: Precios sugeridos por el fabricante (sistema)

Componentes	Especificación	Cantidad	Precio/Uni \$	Total \$
Cilindros	435 ft ³	125	1744	218000
Actuador Eléctrico	CV98	4	440	1760
Actuador de nivel	Para CV98	4	225	900
Actuador neumático	Para CV98	125	90	11250
Switch para válvula neumática	DPST	4	249	996
Estación de Actuación remota	Un paso	4	1342	5368
Deflector	1 1/2''	1	74	74
	2 1/2''	1	91	91
	3''	1	99	99
	5''	1	115	115
Unión de Orificio	1 1/2''	1	201	201
	2 1/2''	1	278	278
	3''	1	328	328
	5''	1	528	528
Boquillas de descarga	1''	16	85,5	1368
	1 1/2''	18	98,5	1773
	2''	6	173	1038
Kit Para actuador eléctrico CV98	-----	4	526	2104
				246271

Precios componentes del sistema de detección

Ahora se presentará un cuadro similar al anterior expuesto los precios ofrecidos por los fabricantes (la mayoría de ellos Norteamericanos).

Tabla 14: Precios sugeridos por el fabricante (detección)

Componentes	Especificaciones	Cantidad	Precio/Uni.\$	Total \$
Detector de humo fotoeléctrico	-----	26	73	1898
Base para el detector	-----	26	43	1118
Luz de alarma estroboscópica	-----	3	115	345
Alarma Sonora	-----	4	60	240
Switch de aborto	-----	3	112	336
Paquete de batería	-----	4	250	1000
Unidad de control "autopulse"	-----	2	937	1874
				6811

Como se dijo anteriormente, estos elementos deben ser importados generalmente de Estados Unidos, esto implica el pago de ciertos impuestos aduanales y por concepto de importación, así como pagos por transporte, almacenaje y ganancia de los importadores. Los fabricantes y distribuidores de los equipos en Venezuela, establecen un valor aproximado del 80% sobre el precio de lista sugerido por fabricantes para establecer valores ajustados a la realidad de venta dentro del país. Entonces, sobre el total de los precios sugeridos anteriormente en la Tabla 13, se realiza el siguiente ajuste, restando el costo del llenado de los cilindros (actividades que se puede realizar en el país), se tiene que la suma de los costos de los elementos que habrían que importar son:

$$246271\$ + 6811\$ = \mathbf{253082\$}$$

a esta cifra se le debe multiplicar el factor antes mencionado

$$253082\$ * 0.8 = \mathbf{45547.6\$}$$

Ahora bien con todas estas cifras se podrá totalizar los costos por concepto de la adquisición de los elementos básicos que constituyen el sistema de protección contra incendios, se tiene entonces:

$$\begin{aligned} 45547.6\$ + 4735.42\$ \\ = \mathbf{\$460,283.02} \end{aligned}$$

CONCLUSIONES

Los objetivos específicos fueron alcanzados exitosamente, llegando a un diseño final del sistema de protección contra incendios para una sala de computación a un nivel de ingeniería conceptual.

Los resultados y recomendaciones del análisis de riesgo son elementos importantes en el desarrollo de los capítulos subsiguientes, los mismos, establecen las pautas y limitaciones en la selección del agente extinguidor y del diseño del sistema de protección contra incendios a la vez que despierta interés en el desarrollo de actividades preventivas y de preparación integral en el área de seguridad al personal de la empresa.

A través de las múltiples investigaciones y resultados en este trabajo especial de grado, se brinda a la empresa criterios y metodologías de comparación entre agentes extinguidores de incendios, estando conformes con los intereses corporativos de resguardo y seguridad tanto del personal como de los activos de la misma.

El seguimiento de normativas nacionales e internacionales en los criterios de cálculo y selección de los componentes del sistema, indican que conceptualmente existe una conformidad en el diseño aplicados a criterios y directrices de calidad.

Se evidencia en la práctica de la ingeniería de protección contra incendios que a pesar de las teorías sobre transporte de fluidos compresibles por tuberías, la velocidad puede alcanzar valores bastante alejados de los teóricos propuestos por dichas bibliografías.

La utilización de INERGEN como agente extinguidor será de valiosa utilidad para la conservación del medio ambiente, estando con los lineamientos de la empresa petrolera en Venezuela.

Los costos asociados a la adquisición de equipos, elementos y dispositivos básicos del sistema fijo de protección contra incendios como del sistema de alarma es de \$460,283.02.

RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias adquiridas a lo largo del desarrollo del trabajo especial de grado, se recomendarán algunas pautas necesarias para dar validez al diseño.

- ◆ Impartir instrucciones básicas al personal tanto fijo como contratado sobre el tema de la seguridad en las áreas de computación, es decir, manejo de las máquinas, procedimientos de incorporación o desincorporación de algunos equipos, políticas de la empresa referentes a comportamiento del personal dentro de estas área como en sus adyacencias, de esta manera se disminuyen los riesgos de cualquier tipo de accidentes.
- ◆ Tomar en cuenta normas técnicas referentes a almacenaje de materiales combustibles, manejo de equipos, materiales de construcción a la hora de realizar cualquier tipo de reestructuración a las salas de computación a nivel corporativo, de esta manera se asegura instalaciones eficientes y con riesgos tolerables. De igual manera en los procesos de mantenimiento de elementos que intervengan en las actividades cotidianas de la sala como la supervisión de aires acondicionados.
- ◆ Asegurar en el proceso de instalación del sistema la continuidad y conformidad con los parámetros de diseño establecidos por normas internacionales, nacionales y específicas nombrados en éste trabajo.
- ◆ Desarrollar formatos estructurados por la corporación para iniciar hilos de discusión sobre la incorporación de éste agente para la protección de todas las salas de computación a nivel nacional.
- ◆ Informara a la alta gerencia los resultados del presente trabajo, para que después de su posible aprobación se proceda a la etapa de instalación

BIBLIOGRAFÍA

- AVALLONE, Eugene y Theodore Baumeister: "Manual del Ingeniero Mecánico, Novena edición, Editorial Mc Graw Hill. 2002, Tomo I.
- COVENIN 3138:1994: "Halón. Recomendaciones para Sustitución de usos Esenciales" Norma Venezolana, 1994.
- CRANE: "Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías", Editorial Mc Graw Hill. 1992.
- INCROPERA, Frank y David De Witt: "Fundamentos de Transferencia de Calor" Cuarta edición, Editorial Prentice. 1999.
- ISO 14250-14: "Gaseous FIRE-extinguishing Systems, Physical Properties and Systems Design". 2000.
- NFPA: "Life Safety code Handbook", Edited by James Lathrop, Second Edition. Massachusetts. 1981.
- NFPA: "Manual de Protección contra incendios", Decimosexta edición, Editorial Mafre, 1986.
- NFPA 2001: "Estándar for Clean Agent FIRE Extinguishing Systems" Edición 2000.
- NFPA 75: "Standard for the Protection of Electronic Computer/Data Procesing Equipment", Edición 1999.
- NFPA: "The SFPE Handbook, Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineering", Editorial Staff. 1988.
- MORRISETTE, Peter: "Evolution of Policy Responses to Stratospheric Ozone Depletion", P.M. 1989.

- PONS, Pascual: "Tecnología del Fuego", Tratado de Prevención, Protección y Lucha contra incendios. Siniestro y Salvamentos, Barcelona (España). 1977.
- PDVSA IR-S-02: "Criterio para el Análisis Cuantitativo de Riesgos", Manual de Ingeniería de Riesgos. Aprobada 1993.
- PDVSA IR-S-00: "Definiciones", Aprobada 1996.
- PDVSA MDP-02-FF-04: "Flujo en fase Gaseosa", Manual de Ingeniería de Riesgo. Aprobada 1996.
- PDVSA IR-S-12: "Guide for Alternatives to Halon as Fire extinguishing Agent", Aprobada 1999.
- PDVSA MEC-300-07-01: "Sistema Contra Incendios", Aprobada 1994.
- PERRY, Robert y Don GREEN: "Manual del Ingeniero Químico", Séptima edición, Editorial Mc Graw Hill, 2001, Volumen 1

Tabla A.1: Factor de Flujo para INERGEN

T(°F)	V(ft3/Lb)	37.50%	38%	38.50%	39%	39.50%	40%	40.50%	41%	41.50%	42%
-40	9.001	0.593	0.603	0.614	0.624	0.634	0.645	0.655	0.666	0.677	0.687
-30	9.215	0.579	0.589	0.599	0.609	0.620	0.630	0.640	0.650	0.661	0.672
-20	9.429	0.566	0.576	0.586	0.596	0.605	0.615	0.626	0.636	0.646	0.656
-10	9.644	0.554	0.563	0.573	0.582	0.592	0.602	0.612	0.622	0.632	0.642
0	9.858	0.542	0.551	0.560	0.570	0.579	0.589	0.598	0.608	0.618	0.628
10	10.072	0.530	0.539	0.548	0.558	0.567	0.576	0.586	0.595	0.605	0.614
20	10.286	0.519	0.528	0.537	0.546	0.555	0.564	0.573	0.583	0.592	0.602
30	10.501	0.508	0.517	0.526	0.535	0.544	0.553	0.562	0.571	0.580	0.589
40	10.715	0.498	0.507	0.515	0.524	0.533	0.542	0.550	0.559	0.568	0.578
50	10.929	0.489	0.497	0.505	0.514	0.522	0.531	0.540	0.548	0.557	0.566
60	11.144	0.479	0.487	0.496	0.504	0.512	0.521	0.529	0.538	0.547	0.555
70	11.358	0.470	0.478	0.486	0.494	0.503	0.511	0.519	0.528	0.536	0.545
80	11.572	0.461	0.469	0.477	0.485	0.493	0.501	0.510	0.518	0.526	0.535
90	11.787	0.453	0.461	0.469	0.476	0.484	0.492	0.500	0.509	0.517	0.525
100	12.001	0.445	0.453	0.460	0.468	0.476	0.484	0.491	0.499	0.508	0.516
110	12.215	0.437	0.445	0.452	0.460	0.467	0.475	0.483	0.491	0.499	0.507
120	12.429	0.430	0.437	0.444	0.452	0.459	0.467	0.475	0.482	0.490	0.498
130	12.644	0.422	0.429	0.437	0.444	0.451	0.459	0.466	0.474	0.482	0.489
140	12.858	0.415	0.422	0.429	0.437	0.444	0.451	0.459	0.466	0.474	0.481
150	13.072	0.408	0.415	0.422	0.430	0.437	0.444	0.451	0.459	0.466	0.473
160	13.287	0.402	0.409	0.416	0.423	0.430	0.437	0.444	0.451	0.458	0.466
170	13.501	0.395	0.402	0.409	0.416	0.423	0.430	0.437	0.444	0.451	0.458
180	13.715	0.389	0.396	0.403	0.409	0.416	0.423	0.430	0.437	0.444	0.451
190	13.923	0.383	0.390	0.397	0.403	0.410	0.417	0.424	0.431	0.437	0.444
200	14.144	0.377	0.384	0.390	0.397	0.404	0.410	0.417	0.424	0.431	0.438

Tabla A.2: Factor de Flujo ára FM-200

T(°F)	V(ft3/Lb)	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000
10.00	1.931	0.033	0.039	0.045	0.051	0.058	0.064	0.071	0.077	0.084	0.091
20.00	1.977	0.032	0.038	0.044	0.050	0.056	0.063	0.069	0.076	0.082	0.089
30.00	2.023	0.032	0.037	0.043	0.049	0.055	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087
40.00	2.069	0.031	0.036	0.042	0.048	0.054	0.060	0.066	0.072	0.079	0.085
50.00	2.115	0.030	0.036	0.041	0.047	0.053	0.058	0.064	0.071	0.077	0.083
60.00	2.161	0.030	0.035	0.040	0.046	0.051	0.057	0.063	0.069	0.075	0.082
70.00	2.207	0.029	0.034	0.039	0.045	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.080
80.00	2.253	0.028	0.033	0.039	0.044	0.049	0.055	0.061	0.066	0.072	0.078
90.00	2.299	0.028	0.033	0.038	0.043	0.048	0.054	0.059	0.065	0.071	0.077
100.00	2.345	0.027	0.032	0.037	0.042	0.047	0.053	0.058	0.064	0.069	0.075
110.00	2.391	0.027	0.031	0.036	0.041	0.046	0.052	0.057	0.062	0.068	0.074
120.00	2.437	0.026	0.031	0.036	0.041	0.046	0.051	0.056	0.061	0.067	0.072
130.00	2.483	0.026	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060	0.066	0.071
140.00	2.529	0.025	0.030	0.034	0.039	0.044	0.049	0.054	0.059	0.064	0.070
150.00	2.575	0.025	0.029	0.034	0.038	0.043	0.048	0.053	0.058	0.063	0.069
160.00	2.621	0.024	0.029	0.033	0.038	0.042	0.047	0.052	0.057	0.062	0.067
170.00	2.667	0.024	0.028	0.033	0.037	0.042	0.046	0.051	0.056	0.061	0.066
180.00	2.713	0.024	0.028	0.032	0.036	0.041	0.046	0.050	0.055	0.060	0.065
190.00	2.759	0.023	0.027	0.032	0.036	0.040	0.045	0.049	0.054	0.059	0.064
200.00	2.805	0.023	0.027	0.031	0.035	0.040	0.044	0.049	0.053	0.058	0.063

Tabla A.3 y A.4

**Factor de Corrección Atmosférico por altitud
INERGEN**

ALTITUD (ft)	FACTOR DE CORRECCIÓN	
	INERGEN	FM-200
-3000	1.11	1.11
-2000	1.07	1.07
-1000	1.04	1.04
0	1.00	1.00
1000	0.96	0.96
2000	0.93	0.93
3000	0.89	0.89
4000	0.86	0.86
5000	0.82	0.82
6000	0.78	0.78
7000	0.75	0.75
8000	0.72	0.72
9000	0.69	0.69

Tabla A.5
Tiempos de Descarga
Para INERGEN

CONCENTRACIÓN %	TIEMPO (seg)
37.5	40
37.8	42.5
38.1	45.0
38.4	47.5
38.7	50
39.0	52.5
39.3	55.0
39.6	57.5
39.9	60.0
40.2	62.5
40.5	65.0
40.8	67.5
41.1	70
41.4	72.5
41.7	75.0
42.0	77.5
42.3	80.0

Nota: La utilización de estos tiempos de descarga, aseguran adquirir un 95% de la mínima concentración necesaria.

Tabla A.6

Flujos Máximos y Mínimos

-----	Diámetro nominal	Flujo Mínimo Ft ³ /min	Flujo Máximo Ft ³ /min
SCH 40	1/4	31	185
	3/8	58	348
	1/2	99	591
	3/4	189	1136
	1	331	1985
	1 1/4	619	3712
	1 1/2	877	5260
	2	1536	9217
	2 1/2	2285	3712
	3	3712	22269
	4	6820	40920
	5	11354	68123
	6	17248	103486
	8	32487	194922
SCH 80	1/2	73	439
	3/4	148	891
	1	268	1607
	1 1/4	520	3118
	1 1/2	747	4484
	2	1331	7988
	2 1/2	1994	11967
	3	3273	19637
	4	6083	36498
	5	10197	61184
	6	15337	92021
	8	29218	175311

Tabla A.7: Rangos de Diámetros de Orificios

Diámetro	Rango de Diá. propuestos
1/4 in.	.073 to .255
3/8 in.	.099 to .345
1/2 in.	.124 to .435
3/4 in.	.165 to .577
1 in.	.210 to .734
1 1/4 in.	.276 to .966
1 1/2 in.	.322 to 1.127
2 in.	.388 to 1.550
2 1/2 in.	.465 to 1.852
3 in.	.580 to 2.301

**Tabla A.8: Diámetros normalizados de orificios
(medidas en pulgadas)**

.0730	.1540	.2420	.4040	.8594
.0760	.1562	.2460	.4062	.8750
.0781	.1570	.2500	.4130	.8906
.0785	.1590	.2570	.4219	.9062
.0810	.1610	.2610	.4375	.9219
.0820	.1660	.2656	.4531	.9375
.0860	.1695	.2660	.4688	.9531
.0890	.1719	.2720	.4844	.9688
.0935	.1730	.2770	.5000	.9844
.0938	.1770	.2810	.5156	1.000
.0960	.1800	.2812	.5312	1.031
.0980	.1820	.2900	.5469	1.063
.0995	.1850	.2950	.5625	1.094
.1015	.1875	.2969	.5781	1.125
.1040	.1890	.3020	.5938	1.156
.1065	.1910	.3125	.6094	1.188
.1094	.1935	.3160	.6250	1.219
.1100	.1960	.3230	.6406	1.250
.1110	.1990	.3281	.6562	1.281
.1130	.2010	.3320	.6719	1.313
.1160	.2031	.3390	.6875	1.344
.1200	.2040	.3438	.7031	1.375
.1250	.2055	.3480	.7188	1.406
.1285	.2090	.3580	.7344	1.438
.1360	.2130	.3594	.7500	1.469
.1405	.2188	.3680	.7656	1.500
.1406	.2210	.3750	.7812	
.1440	.2280	.3770	.7969	
.1470	.2340	.3860	.8125	
.1495	.2344	.3906	.8281	
.1520	.2380	.3970	.8438	

Tabla A.9: Longitudes Equivalentes

Diá. Nminal	Codo 90°	Te estándar	Unión
1/4 SCH 40	0.9	0.6	0.2
3/8 SCH 40	1.2	0.8	0.2
1/2 SCH 40	1.6	1.0	0.3
3/4 SCH 40	2.1	1.4	0.3
1 SCH 40	2.6	1.7	0.4
1 1/4 SCH 40	3.5	2.3	0.6
1 1/2 SCH 40	4.0	2.7	0.7
2 SCH 40	5.2	3.4	0.9
2 1/2 SCH 40	6.2	4.1	1.0
3 SCH 40	7.7	5.1	1.3
4 SCH 40	10.1	6.7	1.7
5 SCH 40	12.6	8.4	2.1
6 SCH 40	15.2	10.1	2.5
8 SCH 40	20.0	13.3	3.3
1/2 SCH 80	1.4	0.9	0.2
3/4 SCH 80	1.9	1.2	0.3
1 SCH 80	2.4	1.6	0.4
1 1/4 SCH 80	3.2	2.1	0.5
1 1/2 SCH 80	3.8	2.5	0.6
2 SCH 80	4.8	3.2	0.8
2 1/2 SCH 80	5.8	3.9	1.0
3 SCH 80	7.3	4.8	1.2
4 SCH 80	9.6	6.4	1.6
5 SCH 80	12.0	8.0	2.0
6 SCH 80	14.4	9.6	2.4
8 SCH 80	19.1	12.7	3.2
1/2 160T	1.2	0.8	0.2
3/4 160T	1.5	1.0	0.3
1 160T	2.0	1.4	0.3
1 1/4 160T	2.9	1.9	0.5
1 1/2 160T	3.3	2.2	0.6
2 160T	4.2	2.8	0.7
2 1/2 160T	5.3	3.5	0.9
3 160T	6.6	4.4	1.1

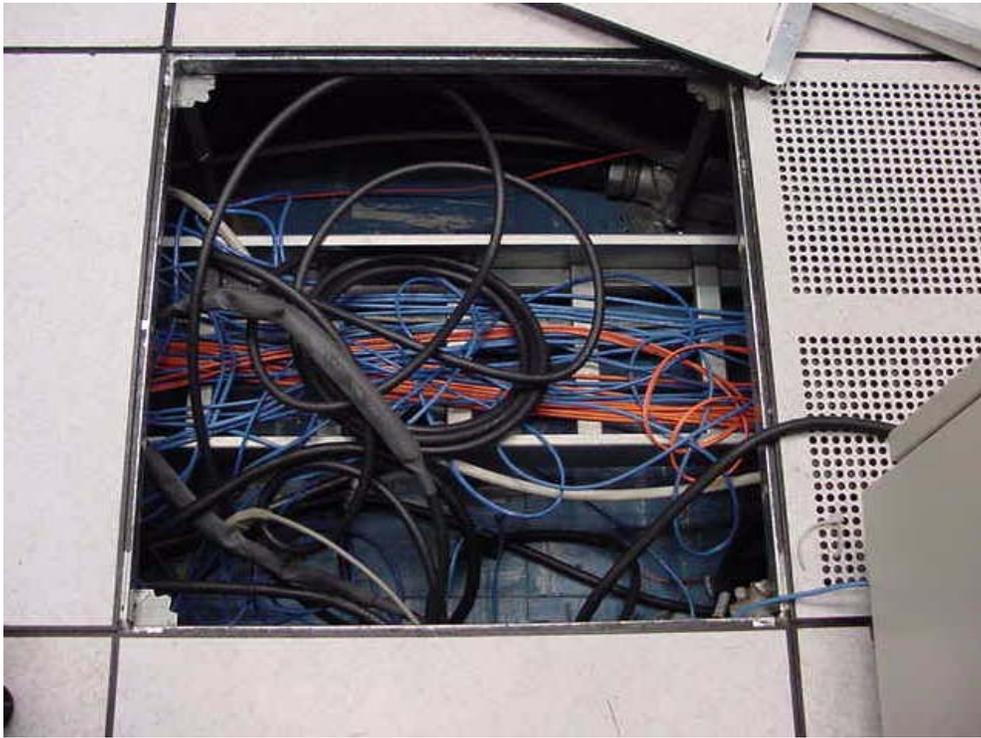
Piso Falso



Cableado del Piso Falso



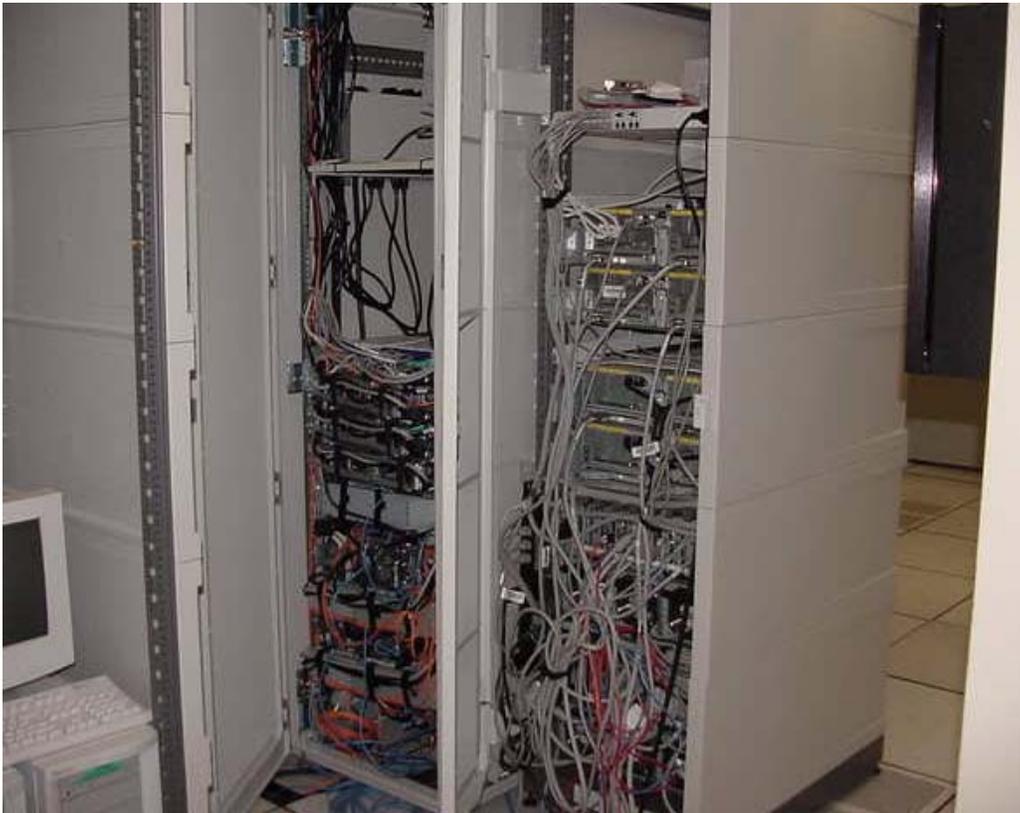
Losas del Piso Falso



Conexiones de Alimentación de Energía Eléctrica



Conexión de transmisión de Data



Unidades de Aire Acondicionado Shiller (Área 1)



Sur del Área 1



Máquinas instaladas en el Área 1



Este del Área 1



Pared Norte del Área 1



Vista del Área 1



Sala de Control (Área 2)



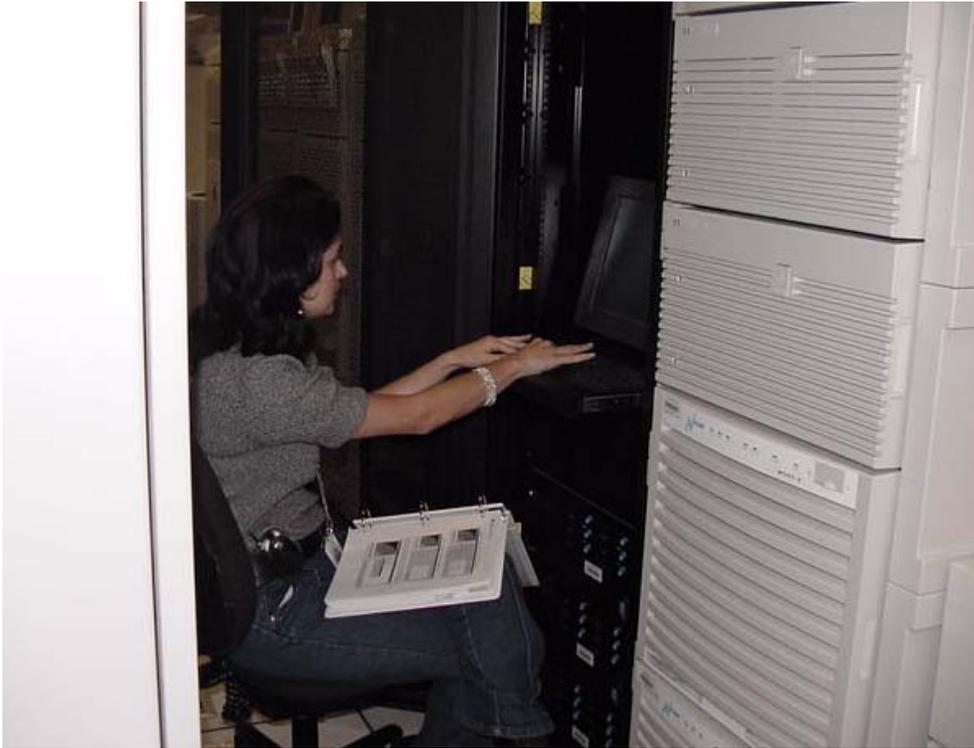
Área 2



Ocupación de la Sala



Ocupación de la Sala



Personal Laborando dentro de la Sala



Cintoteca (Área 3)



Robots en el Área 3

